

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

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

Ярославль
2021

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

**МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»**

**Ярославль
11 марта 2021**

Ярославль
2021

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

Ч 914 **Чтения имени В. В. Терешковой:** Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Ярославль, 11 марта 2021 г. // Сост. Тихомирова Е. Н., Перов Н. И., Роменская О. М. – Ярославль, 2021. – 150 с.

В сборнике представлены статьи, доклады, тезисы докладов участников II 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 общественной жизни общества.

Авторский коллектив:

**Арбузова М. В., Бежан Д. С., Бодрова И. В., Бутусова В. А.,
Васильева Г. А., Кравец З. И., Крапошин П. В., Матасов Н. А.,
Муртазов А. К., Никонова Т. А., Огнева О. Ф., Перов Н. И., Пономарев С. М.,
Синицын Е. Е., Скотников В. А., Соловьёв С. В., Тихомирова Е. Н.,
Токарева Н. Б., Трофилева И. Н., Фомичев Н. И., Язев С. А.**

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

ISBN 978-5-91722-432-9

© ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»
© Коллектив авторов, 2021
© Тихомирова Е. Н., Перов Н. И., Роменская О. М., 2021, составление

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Обращение В. В. Терешковой	9
Приветствие директора Департамента культуры Ярославской области М. В. Васильевой	10
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКЕ	11
<i>Бодрова И. В., Муртазов А. К., Токарева Н. Б.</i> Пыль, движение Солнца в Галактике и тепловой баланс Земли	13
<i>Перов Н. И.</i> Астрофизическая модель распространения COVID-19	19
<i>Бежан Д. С., Перов Н. И.</i> Хореографически-изотермические траектории экзопланет в двойных звёздных системах	28
<i>Перов Н. И.</i> Прогноз появлений опасных астероидов вблизи Земли с учётом возмущений их орбит	36
<i>Огнева О. Ф.</i> Динамика комет при тесных сближениях с Юпитером	43
<i>Перов Н. И.</i> Планеты и спутники	49
<i>Скотников В. А.</i> Исследование метеоритных кратеров	55
<i>Матасов Н. А.</i> Проектирование сверхлёгкой РН и отработка будущих технологий	61

КОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ	63
<i>Крапошин П. В.</i>	
Страницы истории программы «Бион»	64
<i>Васильева Г. А.</i>	
Новые формы работы Космоцентра в современных условиях	74
<i>Арбузова М. В.</i>	
Гагарин в Англии	79
<i>Бутусова В. А.</i>	
Городская познавательная игра для школьников «Космос»	86
<i>Синицын Е. Е.</i>	
Эволюция методик просветительской работы на примере космического просвещения в Центре имени В. В. Терешковой	93
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ	95
<i>Пономарев С. М.</i>	
125 лет «Русскому астрономическому календарю»	97
<i>Тихомирова Е. Н.</i>	
Инновационная деятельность планетария	103
<i>Никонова Т. А.</i>	
Современный подход в обучении решению астрономических задач	107
<i>Соловьёв С. В.</i>	
«Астрономические уроки» в планетарии Детского космического центра	110
<i>Фомичев Н. И.</i>	
Организация астрономического образования в школах в сетевом формате	114
<i>Кравец З. И.</i>	
Проектная деятельность как средство формирования научного мировоззрения у учащихся	116
ПРИЛОЖЕНИЕ	123
<i>Язев С. А.</i>	
Методическое пособие (рекомендации) к инновационному образовательному мультимедиа-пособию «Солнце и жизнь Земли»	

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 2021 году 12 апреля весь прогрессивный мир отмечает знаковое событие: 60 лет полёта в космос Юрия Алексеевича Гагарина, первого космонавта Земли. Этот день, как и день одиночного управляемого полёта на орбиту первой в мире женщины-космонавта, нашей землячки Валентины Владимировны Терешковой, 16 июня 1963 года, открыл летопись событий новейшей истории космической эры человечества, дорогу в космическое Завтра.

Круглую дату – 10 лет с момента открытия – отмечает в апреле этого года и наш Ярославский планетарий – Центр имени В. В. Терешковой. Мы рады, что непростой путь по освоению Вселенной продолжает привлекать лучшие умы современности.

Идея «Чтений» родилась год назад. А 11 марта 2021 года состоялась уже II Международная научно-практическая конференция «Чтения имени В. В. Терешковой», посвящённая космическим исследованиям в России и мире и инновационным путям развития. Организаторами конференции вновь выступили Департамент культуры Ярославской области и ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой».

Конференция отразила устойчивый интерес участников к системному методологическому подходу при изучении астрономии, комплексной оценке влияния процесса освоения космоса на различные сферы деятельности человека. Это повышение национального престижа и гордости страны, уровня образования, культуры и духовности; стимулирование развития экономики путём создания и внедрения новых материалов, технических средств и методов, развития новых сфер деятельности; обеспечение национальной безопасности и развитие международного сотрудничества; сохранение окружающей среды и рациональное использование природных ре-

сурсов; повышение конкурентоспособности России и Ярославского региона на мировом рынке.

В конференции приняли участие специалисты космической отрасли, учёные, педагоги, учащиеся, творческая интеллигенция, представители средств массовой информации и общественных организаций из различных городов России и ближнего зарубежья.

Среди устных докладов необходимо отметить следующие актуальные работы и их авторов:

- «Чайка над Вселенной» (Ю. В. Байков, главный специалист ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина», Московская область);
- «Инновационное образовательное мультимедиа-пособие с методическими рекомендациями “Солнце и жизнь Земли”» (автор А. В. Лобанов, руководитель Ассоциации планетариев и лиц, содействующих их развитию);
- «Проектная деятельность как средство формирования научного мировоззрения у учащихся» (З. И. Кравец, заместитель директора по УВР МОУ Константиновская средняя школа Тутаевского МР Ярославской области);
- «Страницы истории программы “Бион”» (П. В. Крапошин, старший научный сотрудник ГИЛМЗ имени А. С. Пушкина «Большие Вязёмы», обозреватель газеты «Воздушный транспорт ГА», референт ВИНТИ РАН);
- «Астрофизическая модель распространения COVID-19» (Н. И. Перов, кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «ЯГПУ имени К. Д. Ушинского», ведущий методист ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»);
- «Организация астрономического образования в школах в сетевом формате» (Н. И. Фомичев, старший преподаватель кафедры инфокоммуникаций и радиофизики ЯрГУ имени П. Г. Демидова);
- «Астрономическое просвещение в школе и вузе» (А. А. Сабитов, директор университетского центра дополнительного образования ЯрГУ имени П. Г. Демидова);

- «URCA-процессы в массивных нейтронных звёздах с сильным магнитным полем» (А. А. Гвоздев, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, доцент ЯрГУ имени П. Г. Демидова);
- «Космонавтика в планетарии» (Б. Т. Мустафина, заместитель директора Государственного коммунального казённого предприятия «Актюбинский областной планетарий», г. Актюбинск, Республика Казахстан);
- «Организация Космических Разведчиков – более 20 лет на стыке космоса и скаутинга» (А. И. Григорьева, педагог дополнительного образования МБУ ДО «Центр внешкольной работы» Авиастроительного района г. Казани);
- «125 лет Русскому астрономическому календарю» (С. М. Пonomарев, доцент Нижегородского государственного научно-исследовательского университета имени Н. И. Лобачевского, кандидат физико-математических наук, Нижний Новгород).

Стендовые доклады были размещены в электронных киосках Центра. Участники конференции обратили особое внимание на сообщения молодых исследователей Вселенной.

Работали три секции: «Исследования по астрономии и космонавтике», «Астрономическое образование и просвещение» и «Космическое образование и просвещение».

Цель конференции – показать роль космонавтики и астрономии в развитии культуры, науки, образования и просвещения – была достигнута.

Выполнены поставленные задачи:

- инновационная деятельность в сфере космических и астрономических исследований вызвала глубокую заинтересованность как преподавателей вузов, так и молодёжи: аспирантов, студентов, школьников;
- были представлены достижения Ярославского региона в области астрономии, космонавтики и культуры;

- в ходе работы докладчики обратили внимание на необходимость совершенствования работы по патриотическому воспитанию учащейся молодёжи через приобщение к современным техническим средствам и методам;
- более 20 статей и тезисов докладов представлены для публикации в сборнике материалов конференции.

В итоге конференция способствовала повышению уровня образования, культуры и просвещения молодого поколения.

Несомненно, участники II Международной научно-практической конференции «Чтения имени В. В. Терешковой» получили мощный инструментарий для подготовки молодых интеллектуальных кадров, способных обеспечить системные подходы к разновекторным исследованиям, достижение амбициозных целей будущего и дальнейший прогресс нашей страны.

В настоящем сборнике представлены статьи и тезисы докладов участников II Международной научно-практической конференции «Чтения имени В. В. Терешковой».

*И. Н. Трофилева,
директор Государственного автономного
учреждения культуры Ярославской области
«Культурно-просветительский центр
имени В. В. Терешковой»*

Обращение В. В. Терешковой

Уважаемые организаторы, участники и гости II Международной научно-практической конференции!



С особым чувством радости обращаюсь к вам с приветственным посланием в год 60-летия полёта первого человека в космическое пространство. Подвиг Юрия Алексеевича Гагарина стал одной из самых важных вех в истории всего человечества и послужил импульсом приобщения к науке новых поколений специалистов.

На II Международной научно-практической конференции представлены исследования по астрономии и космонавтике, современные направления развития космической науки и актуальные вопросы астрономического образования, а также интересные архивные материалы Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина.

Участниками конференции стали космонавты и ветераны космонавтики, учёные, педагоги, студенты, творческая интеллигенция, представители средств массовой информации и общественных организаций из различных городов России и мира: Москвы, Ярославля, Кирова, Нижнего Новгорода, Санкт-Петербурга, Актюбинска (Казахстан).

Желаю всем успешной творческой деятельности и новых открытий!

Ваша
Валентина Терешкова

Приветствие директора Департамента культуры Ярославской области М. В. Васильевой

Дорогие друзья!



2021 год ознаменован важной датой в истории отечественной и мировой космонавтики – 60-летием первого полёта человека в космос.

Имя Юрия Алексеевича Гагарина навсегда вошло в историю космонавтики и является символом космической эры для человечества, а сам полёт стал стартом для развития космической науки и техники.

Чтобы полёт стал возможен, работали сотни людей: конструкторы и инженеры, техники и испытатели, рабочие различных специальностей.

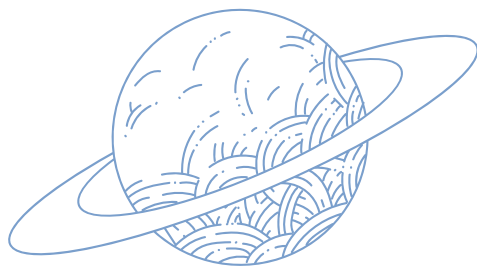
Легендарный полёт, осуществлённый 12 апреля 1961 года, – великое событие не только для нашей страны, но и для всего мира.

Со дня первого полёта прошло 60 лет, и за прошедшие десятилетия человечество достигло головокружительных высот в освоении космического пространства, но это только преумножает значимость события для всех граждан России.

Уверена, что богатая история отечественной космонавтики является основательным фундаментом для дальнейших исследований, а научно-практическая конференция, которая проводится в Ярославле во второй раз, – свидетельство неугасающего интереса к научным открытиям, направленным на освоение нашей удивительной Вселенной!


*Директор Департамента культуры Ярославской области
М. В. Васильева*

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО АСТРОНОМИИ
И КОСМОНАВТИКЕ



Пыль, движение Солнца в Галактике и тепловой баланс Земли

 **Бодрова И. В.**

 Рязанский государственный радиотехнический университет

 **Муртазов А. К., Токарева Н. Б.**

 Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина

Присутствие космической пыли в Солнечной системе является заметным экологическим фактором для нашей планеты. Пыль ослабляет поток солнечного излучения, попадающего на Землю, что способствует снижению общей температуры планеты.

Концентрация пыли вблизи орбиты Земли и в околоземном пространстве составляет 10^{-15} – 10^{-13} см⁻³. Эта концентрация, очень мало изменяясь в течение больших промежутков времени, обеспечивает неизменность солнечной постоянной и теплового баланса нашей планеты.

Температуру планеты в общем случае можно определить из уравнения теплового баланса:

$$\sigma T^4 = \frac{1}{4} (1 - A) I_{\odot} = \frac{1}{4} (1 - A) I_{\odot} \left(\frac{a_{\oplus}}{a} \right)^2 = \frac{1}{4} (1 - A) \frac{I_{\odot}}{a^2}, \quad (1)$$

в котором I_{\odot} – солнечная постоянная, то есть энергия, получаемая от Солнца единицей поверхности планеты вне атмосферы на расстоянии большой полуоси её орбиты a . Для Земли ($a_{\oplus} = 1$ а. е. = 15×10^7 км) солнечная постоянная $I_{\oplus} = (1367 \pm 3)$ Вт \times м⁻². При альбедо Земли $A = 0,30$ и в отсутствие парникового эффекта средняя глобальная температура Земли $T = 255$ К; реально, при наличии парникового эффекта, $T = 288$ К.

Здесь I в случае наличия поглощающей материи между Землёй и Солнцем меньше I_{\oplus} и определяется из закона Бугера:

$$I = I_{\oplus} \times e^{-k}, \quad (2)$$

где k (а. е.)⁻¹ – коэффициент поглощения излучения пылевой материей в оптическом диапазоне спектра.

Температура Земли при наличии пылевого слоя между ней и Солнцем определится как

$$T = \left(\frac{1 - A}{4\sigma} \right)^{1/4} \times I_{\oplus}^{1/4} \times e^{-\frac{1}{4}k}. \quad (3)$$

Если коэффициент поглощения солнечного излучения пылевым облаком составит величину $k = 1$ (а. е.)⁻¹, то солнечная постоянная для Земли уменьшится в e раз, до $I = 502,6$ Вт/м² и температура на планете значительно уменьшится:

$$T_e = 255 \times \frac{1}{e^{0.25}} \approx 198 \text{ К} = -75 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Даже при наличии парникового эффекта, повышающего среднюю глобальную температуру Земли на $\Delta T \approx 33$ °С, она останется отрицательной: $\Delta T = -42$ °С. Такое падение температуры приведёт к глобальной экологической катастрофе и, скорее всего, к исчезновению жизни.

При этом Солнце станет слабее всего на одну звёздную величину, его видимый внеатмосферный блеск составит $m = -25,7$, его показатель цвета В-В увеличится на 0,7^m.

Глаз человека такого изменения яркости Солнца не зафиксирует.

При малых Δk вплоть до 0,01 (а. е.)⁻¹ изменения температуры Земли ΔT практически незаметны.

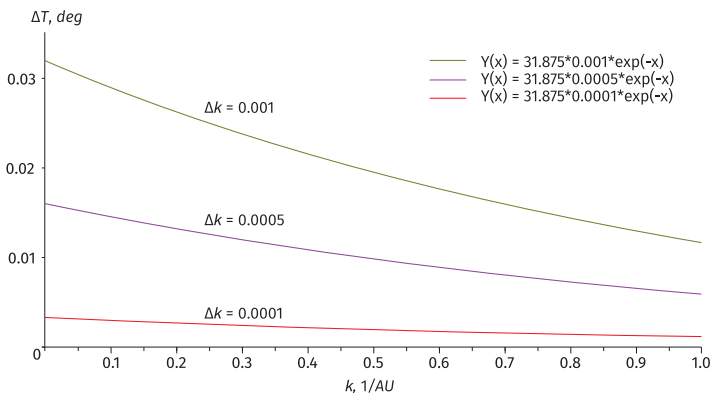


Рис. 1. Изменение температуры Земли ΔT для различных коэффициентов поглощения солнечного излучения космической пылью.

При современной плотности пыли в Солнечной системе $\eta_0 = 3 \times 10^{-14} \text{ см}^{-3}$ коэффициент поглощения ею солнечного излучения $k = 4,5 \times 10^{-9} \text{ (а. е.)}^{-1}$, то есть само поглощение весьма мало. А значению $k = 1 \text{ (а. е.)}^{-1}$ соответствует огромная плотность пылинок $n = 2,2 \times 10^8 \text{ см}^{-3}$.

Наиболее вероятными объектами сильного поглощения света могут быть лишь газопылевые комплексы, наблюдаемые от нас в направлении на центр Галактики. В них поглощение может достигать десятков звёздных величин и оказаться существенным на масштабах расстояний в Солнечной системе. Величина $\Delta m \approx 20 \text{ зв. вел./кпк}$ соответствует поглощению в очень плотном пылевом облаке, а на масштабах Солнечной системы коэффициент поглощения будет составлять $k = 7,1 \times 10^{-2}$. Тогда, согласно (3), температура Земли с учётом парникового эффекта составит $\sim 10^\circ \text{C}$. Расчёты показывают, что средняя температура на Земле в ледниковые периоды составляла около $7,8^\circ \text{C}$. То есть, даже если Солнечная система погрузится в плотный газопылевой комплекс, средняя температура на Земле заметно понизится, однако глобальный ледниковый период не наступит.

Одной из довольно распространённых сейчас гипотез о влиянии космических факторов на земной климат является предположение, что в процессе вращения вокруг центра Галактики с периодом 230–250 млн лет Солнечная система проходит в спиральных

рукавах Галактики сквозь облака плотной космической пыли, которые ослабляют солнечное излучение, и наступают великие оледенения.

На сегодняшний день в обозримой (3 млрд лет) геологической истории Земли установлено пять гляциозр. Внутри них насчитывается не менее 20 ледниковых периодов. Все они, в свою очередь, состояли из ледниковых эпох. Так, в последние 4 млн лет насчитывается 32 ледниковых – межледниковых цикла со средней продолжительностью 125 тыс. лет.

В климатологии причиной ледниковых осцилляций считают колебания солнечной инсоляции. Последние обуславливались наложением колебаний разной продолжительности, связанных с вариациями эксцентриситета орбиты Земли и угла наклона земной оси. В сумме эти вариации дали сложную картину с преобладающими по амплитуде группами циклов в интервалах 19–24 тыс. лет (прецессионные), 39–41 тыс. лет (обусловленные наклоном земной оси), 95–131 и 405 тыс. лет (орбитальные). Следует отметить, что часто называемая в качестве причины оледенений прецессия земной оси таковой причиной не является: она только изменяет направление оси в пространстве с сохранением угла её наклона к эклиптике.

Действительно, кроме основного движения вокруг центра Галактики орбита Солнца заполняет симметричную относительно плоскости Галактики трёхмерную торообразную фигуру вращения с размерами 2 кпк в радиальном направлении в плоскости диска Галактики и ± 100 пк перпендикулярно ему. Солнце в настоящую эпоху находится на высоте около 20 пк над плоскостью симметрии. Период колебания Солнца относительно галактической плоскости в этом торе составляет 70–80 млн лет.

На Рис. 2 слева показано положение Солнца относительно спиральных рукавов Галактики на расстоянии около 8 кпк от её центра. Справа показан «фазовый портрет» орбиты, тора, содержащего витки орбиты. Для объектов, движущихся с малыми пекулярными скоростями (у Солнца это около 20 км/с), «орбитный ящик» имеет почти прямоугольное сечение.

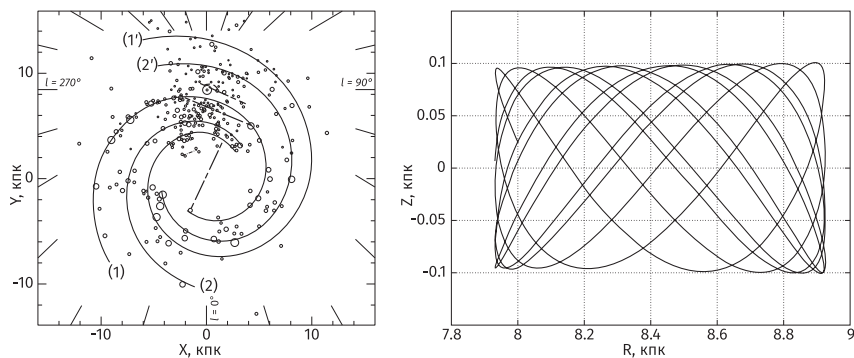


Рис. 2. Движение Солнца относительно центра Галактики и перпендикулярно галактической плоскости.

Однако в настоящее время данных об оледенениях с периодом, кратным периоду вращения Солнца вокруг центра Галактики и периоду вертикального движения относительно галактической плоскости, не существует.

Проведённый некоторыми исследователями байесовский подход к моделированию связи между движением Солнца в Галактике и глобальными вымираниями биоты на Земле такой связи не подтверждает.

Есть идея, что Солнце располагается в области синхронного вращения диска Галактики и спирального узора – «коротации» – и очень редко встречает спиральный узор.

Можно также отметить, что ближайшие окрестности Солнца движутся в Галактике практически по тем же орбитам, что и наше светило, то есть пекулярное движение тел, пыли и газа в этих окрестностях относительно друг друга весьма мало.


Кроме того, в окрестностях Солнца нет плотных газопылевых комплексов, попадание в которые могло бы сколько-нибудь значительно понизить температуру нашей планеты и вызвать длительные эпохи глобальных оледенений.

Список литературы

1. *Бодрова И. В., Карпунина А. А., Муртазов А. К.* Пыль в Солнечной системе и экология Земли // Экологические системы и приборы. 2018, № 11. С. 8–13.
2. *Бусарев В. В., Шевченко В. В., Сурдин В. Г.* Физические условия вблизи Луны и планет Солнечной системы // Модель космоса. Т. 1 / Под ред. М. И. Панасюка. – М.: КДУ, 2007. С. 794–861.
3. *Гаршин И. К.* О связи геологических и галактических циклов. Режим доступа: www.garshin.ru (дата обращения: 1.03.2021).
4. *Гиндилис Л. М.* Космическая пыль как астробиологический фактор: Конференция «Проблемы тёмной материи и тёмной энергии во Вселенной». – Дубна, 2013.
5. *Епифанов В. А.* Геогалактические пульсации, пространство-время Земли и гармония стратиграфической шкалы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2012, № 4 (12). С. 90–103.
6. *Локтин А. В., Марсаков В. А.* Лекции по звёздной астрономии. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009. 280 с.
7. *Муртазов А. К.* Физика Земли. Космические воздействия на геосистемы: учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М.: Юрайт, 2019. – 268 с.
8. *Муртазов А. К.* Экология околоземного космического пространства. – М.: Физматлит, 2004. 304 с.
9. *Нечаев В. П.* О галактическом влиянии на Землю в последние семьсот миллионов лет // Вестник ДВО РАН. 2004, № 2. С. 102–112.
10. *Расторгуев А. С., Заболотских М. В., Дамбис А. К.* Кинематика населений Галактики. – М.: ГАИШ МГУ, 2010. 51 с.
11. *Трухин В. И., Показеев К. В., Куницын В. Е.* Общая и экологическая геофизика. – М.: Физматлит, 2005. 576 с.
12. Физика космоса. Маленькая энциклопедия / Под ред. Р. А. Сюняева. – М.: Советская энциклопедия, 1986. 783 с.
13. *Чумаков Н. М.* Оледенения Земли // Природа. 2017, № 7.
14. *Murtazov A.K.* Ground Temperature and Meter Showers. Russian Physics Journal. NY: Springer, 2007. Vol. 50, N 4. p. 409-411.
15. *Feng F., Bailer-Jones C.A.L.* (2013). Assessing the influence of the solar orbit on terrestrial biodiversity. arXiv:1303.6121v3 [astro-ph.GA], 22 p.
16. *Shaviv N.* The spiral structure of the Milky Way, cosmic rays, and ice age epochs on Earth. New Astronomy, 2002, n. 8, p. 39–77.
17. *Tierney J.E., Zhu J., King J., Malevich S.B., Hakim G.J., Poulsen C.J.* Glacial cooling and climate sensitivity revisited. Nature, 2020, Vol. 584, pp. 569–573.

Астрофизическая модель распространения COVID-19

 **Перов Н. И.**

 ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, особенность распространения коронавируса характеризуется, в частности, быстрым ростом числа заболеваний в сутки и медленным уменьшением этого числа (Рис. 1 [1], Рис. 2 [2]).

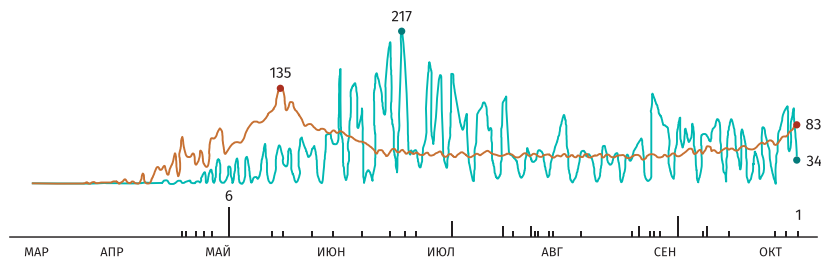


Рис. 1. Число заражений, выздоровлений и смертей с начала марта до середины октября 2020 г. (Ярославская область).

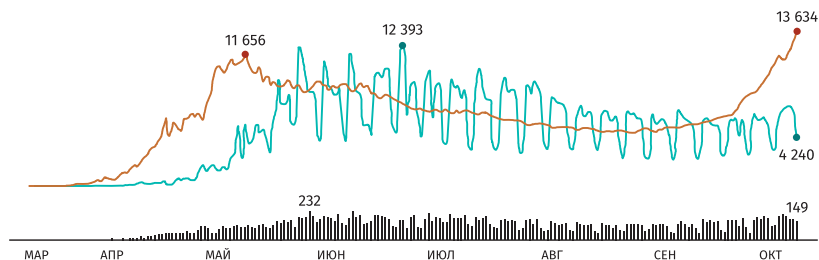


Рис. 2. Число заражений, выздоровлений и смертей с начала марта до середины октября 2020 г. (Россия).

Для представления в аналитическом виде этой зависимости воспользуемся модифицированной функцией Планка (1), описывающей излучательную способность абсолютно чёрного тела (звёзд) [7, с. 181]:

$$\varepsilon = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)}. \quad (1)$$

Здесь h – постоянная Планка, c – скорость света, k – постоянная Больцмана, T – температура звезды по шкале Кельвина, λ – длина волны. Соответствующий график функции Планка имеет вид (Рис. 3).

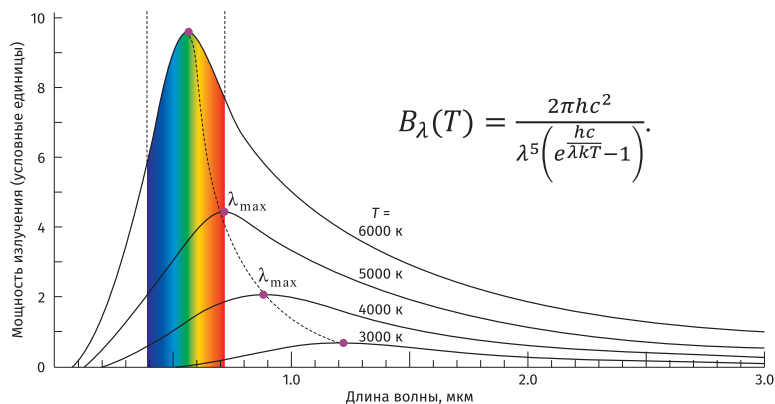


Рис. 3. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела.

Подробный вывод формулы (1) представлен в работе [3, с. 654].

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Соотношение между числом заболеваний y_{xi} в сутки и числом дней x_i , прошедших от некоторой условной даты x_0 , представим в следующем виде:

$$y_{xi} = A \times (x_i + x_0)^B \left(e^{C(x_i + x_0)^D} - 1 \right)^E. \quad (2)$$

Здесь A, B, C, D, x_0, E – константы, определяемые с использованием метода наименьших квадратов, при минимизации остаточной дисперсии Q_e и максимизации критерия Фишера – Снедекора F [5; 6].

$$Q_e = \sum_{i=1}^n (y_{xi} - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (A \times (x_i + x_0)^B \left(e^{C(x_w + x_0)^D} - 1 \right)^E - y_i)^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

$$F = \frac{Q_R (n - k)}{Q_e (k - 1)} > F_{\alpha; f_1; f_2}, \quad (4)$$

где $f_1 = k - 1, f_2 = n - 2, F_{\alpha; f_1; f_2}$ – табличное значение критерия Фишера – Снедекора на уровне значимости α при числе степеней свободы f_1 и f_2 . Ниже – $k = 6$ (6 параметров: A, B, C, D, E, x_0), n – число пар y и x .

$$Q_R = Q - Q_e. \quad (5)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i^2) - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n}. \quad (6)$$

Q_R – сумма квадратов отклонений, обусловленных влиянием объясняющей переменной x – регрессией, Q_e – остаточная сумма квадратов, характеризующая влияние неучтённых факторов.

Уравнение регрессии считается значимым, если значение статистики

$$F > F_{\alpha; f_1; f_2} \quad (7)$$

[5].

Для поиска величин A, B, C, D, E, x_0 составим систему уравнений

$$\frac{\partial Q_e(q_j)}{\partial q_j} = 0, q_j = A, B, C, D, E, F, x_0. \quad (8)$$

Если матрица системы (8) $Q_e(q_j)^{\sim}$ – невырожденная, то из (8) имеем на $l + 1$ шаге итераций

$$q_{l+1} = q_l - (Q_e^{\sim}(q_l))^{-1} Q_e^{\sim}(q_l). \quad (9)$$

Очевидно, итерационный процесс (9) представляет собой известный метод Ньютона для решения уравнения $Q_e^{\sim}(q) = 0$ [4].

Все вычисления – аналитические и численные – производились с применением системы MAPLE'15.

ПРИМЕР 1. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА ЗАРАЖЕНИЙ ЗА СУТКИ В ЯРОСЛАВСКОМ РЕГИОНЕ С 14 АПРЕЛЯ ПО 31 ИЮЛЯ 2020 ГОДА

На основании соотношений (2) – (9) находим для функции

$$y = A \times (x + x_0)^B \left(e^{C(x+x_0)^D} - 1 \right)^E, \quad (10)$$

показывающей число (y) заражений COVID-19 в Ярославской области за сутки по данным (x) с 14 апреля по 31 июля 2020 года (Рис. 1), следующие параметры:

$A = 117.749$; $B = -0.15395$; $C = 489$; $D = -1.0899$; $E = -0.01211$; $x_0 = -13.999$ (Рис. 4, 5).

При этом $Q_e = 52413.39520$; $F = 6.9029 > F_{\alpha; f_1; f_2} = F_{0.05; 5; 109} = 2.29$ (уравнение регрессии (10) – значимо по критерию Фишера – Снедекора) [5; 6]. Координаты точек максимума и перегибов функции (10) (Рис. 4) равны $y_{max}(44.7066) = 60.3167$; $y_{f_1}(16.4555) = 12.1133$; $y_{f_2}(72.1059) = 58.6940$.

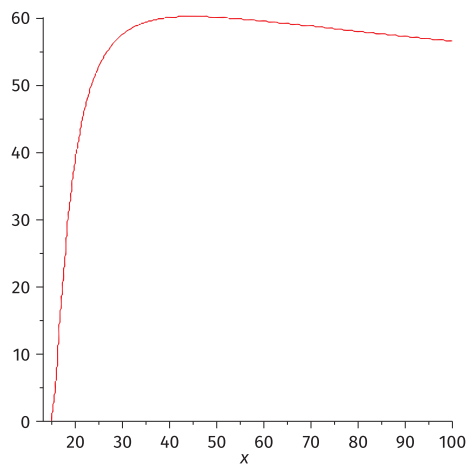


Рис. 4. Число заражений COVID-19 в Ярославской области с 14 апреля по 31 июля 2020 г.

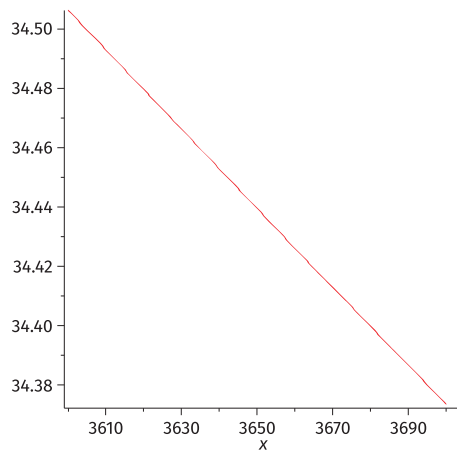


Рис. 5. Число заражений COVID-19 в сутки в Ярославской области через 10 лет после 14 апреля 2020 г.

ПРИМЕР 2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА ЗАРАЖЕНИЙ ЗА СУТКИ В РОССИИ С 14 АПРЕЛЯ ПО 31 ИЮЛЯ 2020 ГОДА

На основании соотношений (2) – (9) находим для функции

$$y = A \times (x + x_0)^B \left(e^{C(x+x_0)^D} - 1 \right)^E, \quad (11)$$

показывающей число (y) заражений COVID-19 в России за сутки по данным (x) с 14 апреля по 31 июля 2020 года (Рис. 2), следующие параметры:

$A = 29140.2755$; $B = -0.2905$; $C = 371.5$; $D = -1.012$; $E = -0.0200849$; $x_0 = -12,02$ (Рис. 6, 7).

При этом $Q_e = 0.170688328 \times 10^9$; $F = 24.9183 > F_{\alpha; f_1; f_2} = F_{0.05; 5; 109} = 2.29$ (уравнение регрессии (11) – значимо по критерию Фишера – Снедекора) [5; 6]. Координаты точек максимума и перегибов функции (11) (Рис. 6) равны $y_{max}(37.0284) = 8583.8708$; $y_{f1}(15.07437) = 1891.49528$; $y_{f2}(58.8792) = 8186.4963$.

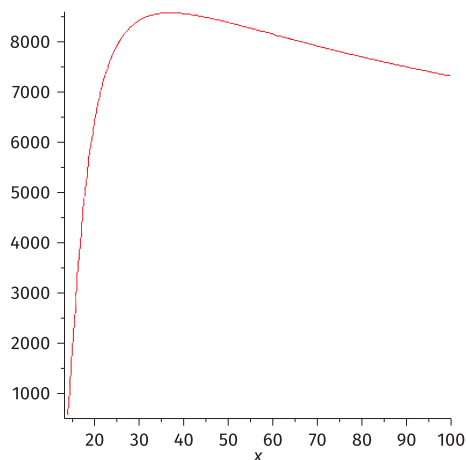


Рис. 6. Число заражений COVID-19 за сутки в России с 14 апреля по 31 июля 2020 г.

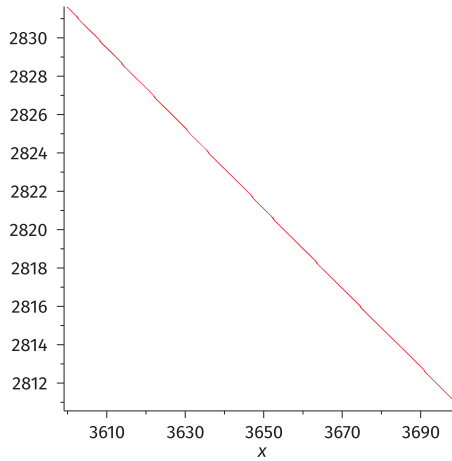


Рис. 7. Число заражений COVID-19 за сутки в России через 10 лет после 14 апреля 2020 г.

ПРИМЕР 3. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛА ЗАРАЖЕНИЙ ЗА СУТКИ В МИРЕ С 14 АПРЕЛЯ ПО 31 ИЮЛЯ 2020 ГОДА

На основании соотношений (2) – (9) находим для функции

$$y = A \times (x + x_0)^B \left(e^{C(x + x_0)^D} - 1 \right)^E, \quad (12)$$

показывающей число (y) заражений COVID-19 в мире за сутки по данным (x) с 14 апреля по 31 июля 2020 года, следующие параметры.

$A = 609233.8371$; $B = -0.26$; $C = 1100$; $D = -1.033$; $E = -0.022$; $x_0 = -6.1$ (Рис. 8, 9).

При этом $Q_e = 0.33832 \times 10^{12}$; $F = 6.9566 > F_{\alpha; f_1; f_2} = F_{0.05; 5; 109} = 2.29$ (уравнение регрессии (12) – значимо по критерию Фишера – Снедекора) [5; 6]. Координаты точек максимума и перегибов функции (12) (Рис. 8) равны $y_{max}(89.1998) = 150099.7210$; $y_{f1}(15.6971) = 32588.6137$; $y_{f2}(161.5994) = 143793.4261$.

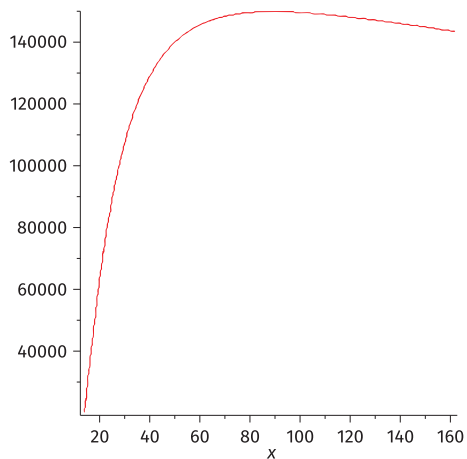


Рис. 8. Число заражений COVID-19 за сутки в мире с 14 апреля по 31 июля 2020 г.

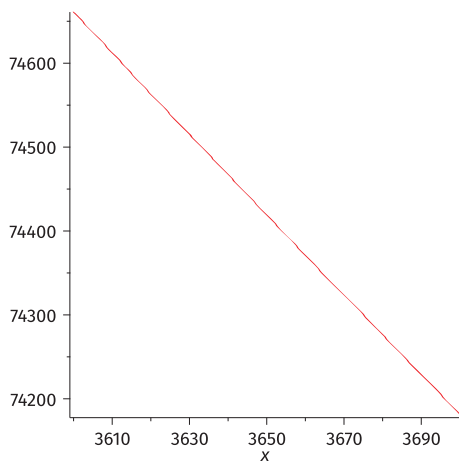


Рис. 9. Число заражений COVID-19 за сутки в мире через 10 лет после 14 апреля 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представление в аналитическом виде числа заражений COVID-19 за сутки в Ярославской области (10), России (11) и мире (12) качественно отражает характер распространения пандемии. Соответствующие коэффициенты в формулах (10) и (11) имеют близкие значения (кроме коэффициента A , связанного с различными числами заболеваний в регионе, России и мире).


Анализ приведённых зависимостей показывает медленное уменьшение числа заболевших в будущем (Рис. 5, 7, 9), что не противоречит имеющимся данным о регистрации больных в настоящее время (Рис. 1, 2).

Список литературы


1. Коронавирус: статистика. Ярославская область. Режим доступа: https://yandex.ru/covid19/stat?utm_source=main_notif&geoid=10841 (дата обращения 12.10.2020).
2. Коронавирус: статистика. Россия. Режим доступа: https://yandex.ru/covid19/stat?utm_source=main_notif&geoid=225 (дата обращения 12.10.2020).
3. Левич В. Г. Курс теоретической физики: Том 1. – М.: Наука, 1969. 912 с.
4. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1988. 552 с.
5. Математические методы и модели в планировании: Учебное пособие для экономических вузов / А. И. Карасёв, Н. Ш. Кремер, Т. И. Савельева; под ред. А. И. Карасёва. – М.: Экономика, 1987. 240 с.
6. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. 832 с.
7. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии: учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. – М.: Едиториал УРСС, 2016. 544 с.

Хореографически-изотермические траектории экзопланет в двойных звёздных системах

 **Бежан Д. С.**

 *Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского*

 **Перов Н. И.**

 *ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»*

ВВЕДЕНИЕ

Известны десятки факторов, определяющие возможность происхождения и эволюции жизни на внесолнечных планетах. Для земной жизни это – температура звезды (спектральный класс звезды), большая полуось и эксцентриситет планетной орбиты, осевой период вращения планеты, угол между плоскостью экватора планеты и орбитальной плоскостью, наличие воды на поверхности и пара в атмосфере, вулканы, масса планеты, спутники планеты, зависимость «энергетика – пища – размеры животных – масса» [1]. Ниже рассматриваются хореографические и изотермические орбиты планет с массами m_3 в двойных системах, состоящих из двух звёзд с массами m_1 и m_2 , в рамках ограниченной круговой плоской задачи трёх тел.

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ I (ДИНАМИКА)

Воспользуемся хорошо известным дифференциальным уравнением (1) небесной механики [2]

$$\frac{d^2 \mathbf{r}_3}{dt^2} + Gm_1(\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_1) / (|\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_1|)^3 + Gm_2(\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_2) / (|\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_2|)^3 - 2[d\mathbf{r}_3 / dt, \boldsymbol{\Omega}] - \Omega^2 \mathbf{r}_3 = 0. \quad (1)$$

Здесь, \mathbf{r}_3 – радиус-вектор, определяющий положение рассматриваемой точки m_3 относительно центра масс системы; \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 – радиус-векторы основных тел (с массами m_1 и m_2 , соответственно) в этой же системе отсчёта. $\boldsymbol{\Omega}$ – угловая скорость равномерного вращения основных тел.

$$\mathbf{r}_1 = -(m_2 / (m_1 + m_2))\mathbf{r}_{12}, \quad \mathbf{r}_2 = (m_1 / (m_1 + m_2))\mathbf{r}_{12}, \quad (2)$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{r_{12}^3}}.$$

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ II (ТЕРМОДИНАМИКА)

Предполагая, что звёзды имеют радиусы R_1 и R_2 и температуры T_1 и T_2 , а коэффициент отражения планеты (альбедо) равен κ , то, используя модель чернотельного излучения для звёзд и планеты, а также уравнение теплового баланса, найдём температуру T планеты:

$$T = (R_1^2 T_1^4 / (4r_{13}^2) + R_2^2 T_2^4 / (4r_{23}^2))^{1/4} (1 - \kappa)^{1/4}. \quad (3)$$

Здесь r_{13} и r_{23} – расстояния от звёзд до экзопланеты.

$$r_{13}^2 = (\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_1)^2, \quad r_{23}^2 = (\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_2)^2.$$

ПРИМЕРЫ

Для проведения численных экспериментов (1) – (3) примем $m_1/m_2 = 700; 710; 1\,000; 10\,000$. m_3 – масса планеты ($m_3 \ll m_2$). $T_1 = 6\,000\text{ K}$, $R_1 = 700\,000\text{ км}$, $T_2 = 600\text{ K}$, $R_2 = 70\,000\text{ км}$. Альбедо планеты полагаем равным $\kappa = 0,3$. В процессе вычислений используем следующие единицы измерений небесно-механических величин: m_1 ($2 \times 10^{30}\text{ кг}$) – единица массы, r_{12} (149597888,9 км) – единица дли-

ны, единица времени t соответствует условию $G = 1$, (в системе СИ $G = 6.672 \times 10^{-11} \text{Н} \times \text{м}^2/\text{кг}^2$) – гравитационная постоянная. Кроме того, для всех рассматриваемых случаев начальные условия выбираем в виде: $x_1 \neq 0, dx_1/dt = 0, y_1 = 0, dy_1/dt = 0, x_2 \neq 0, dx_2/dt = 0, y_2 = 0, dy_2/dt = 0, x_3 \neq 0, dx_3/dt = 0, y_3 = 0, dy_3/dt = 0$. Результаты численных экспериментов, с использованием метода численного интегрирования Рунге – Кутты, на различных интервалах времени движения, соответствующих сотням и тысячам оборотов основных тел, представлены на Рис. 1–8.

Теоретически существуют «квазиизотермические траектории» обитаемых планет в кратных системах звёзд ($-40^\circ\text{C} < T < +40^\circ\text{C}$) в форме узких колец: а) около звезды-спутника; б) около главной звезды; в) около обеих звёзд ($r_3 > 1$). Кроме того, обнаружены «странные» «квазиизотермические» траектории для «обитаемых» планет [4; 5].

Ниже найдены условия для существования устойчивых хореографических и одновременно изотермических орбит экзопланет на интервалах времени, соответствующих сотням и тысячам оборотов основных тел.

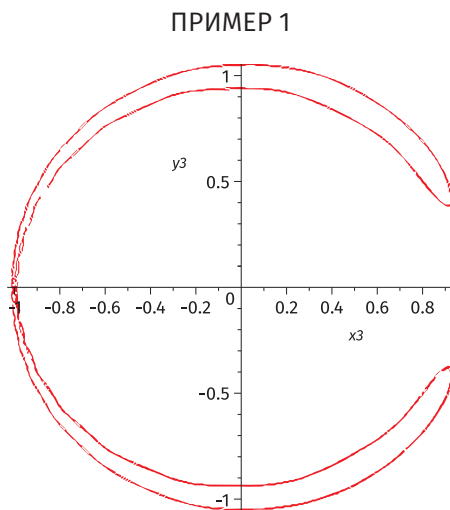


Рис. 1. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.

$$m_1 / m_2 = 710. y_3 = y_3(x_3). 0 < t < 600. r_{12} = 1.$$

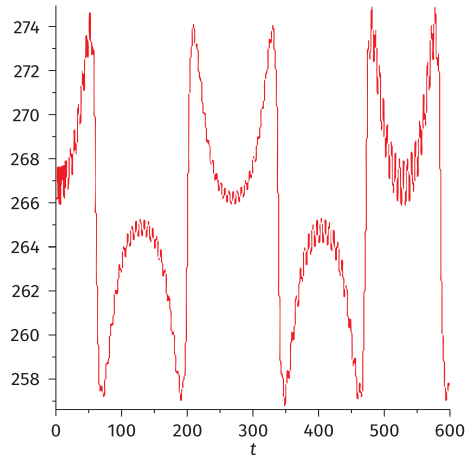


Рис. 2. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 710$. $T = T(t)$. $0 < t < 600$. $r_{12} = 1$.

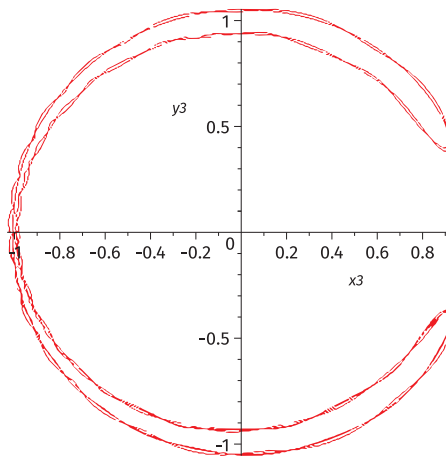


Рис. 3. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 700$. $y_3 = y_3(x_3)$. $0 < t < 600$. $r_{12} = 1$.

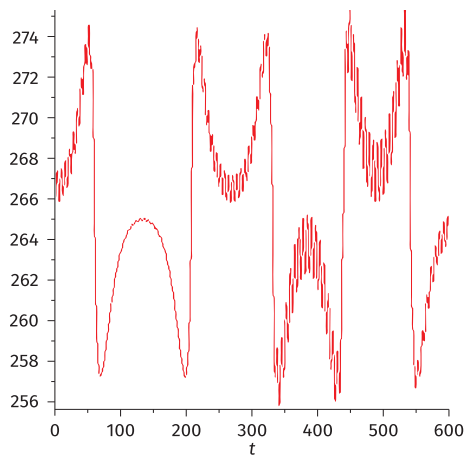


Рис. 4. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 700$. $T = T(t)$. $0 < t < 600$. $r_{12} = 1$.

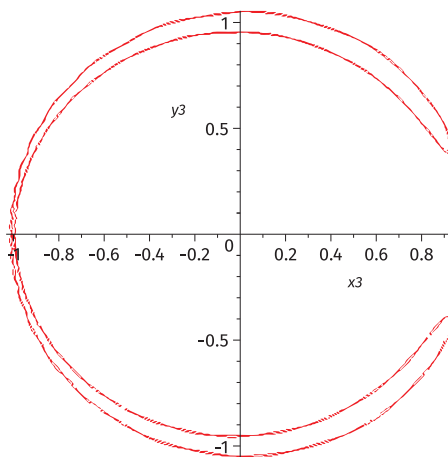


Рис. 5. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 1\ 000$. $y_3 = y_3(x_3)$. $0 < t < 600$. $r_{12} = 1$.

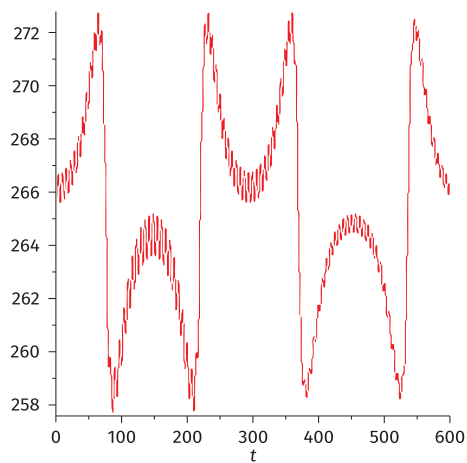


Рис. 6. Квазихореографическая – квазиизотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 1\,000$. $T = T(t)$. $0 < t < 600$. $r_{12} = 1$.

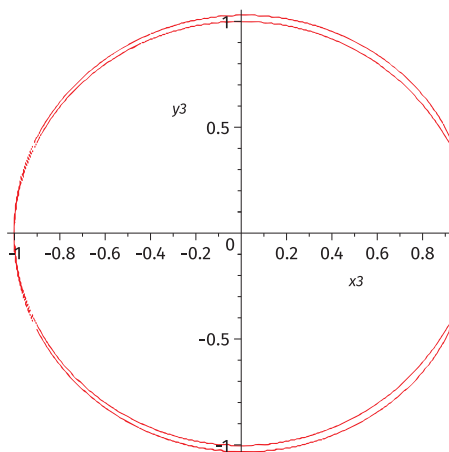


Рис. 7. Хореографическая – изотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 10\,000$. $y_3 = y_3(x_3)$. $0 < t < 20\,000$. $r_{12} = 1$.

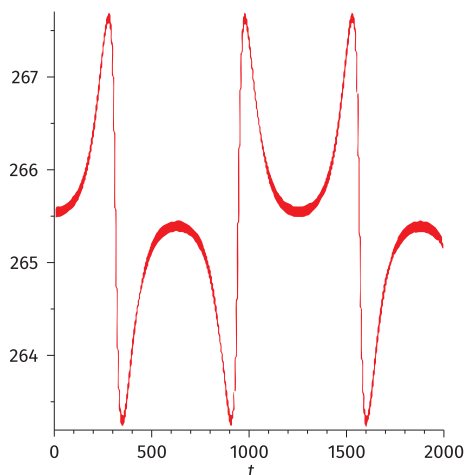


Рис. 8. Хореографическая – изотермическая траектория экзопланеты.
 $m_1 / m_2 = 10\,000$. $T = T(t)$. $0 < t < 20\,000$. $r_{12} = 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассмотренной небесно-механической модели найдены хореографические (подковообразные) изотермические траектории экзопланет (Рис. 1–8).

Установлено, что температура экзопланет на таких подковообразных траекториях может варьироваться в пределах нескольких градусов. Звёзды (основные тела) при этом совершают сотни и тысячи оборотов относительно центра масс системы.

С увеличением отношения $m_1 / m_2 > 710$ степень устойчивости подковообразной кривой усиливается и кривая становится более гладкой (Рис. 8).

При $m_1 / m_2 < 700$ подковообразная траектория экзопланеты, как показывают численные эксперименты, является неустойчивой (Рис. 1).

Теоретически существуют «квазиизотермические траектории» обитаемых планет (по температуре) в кратных системах звёзд ($-40\text{ °C} < T < +40\text{ °C}$) в форме узких колец: около звезды-спутника; в окрестности главной звезды; траектория планеты охватывает обе

звезды ($r_3 > 1$). Кроме того, обнаружены странные – «лепестковые» «квазиизотермические» – траектории для обитаемых планет.

В работе [3] рассматривается зона жизни вблизи одиночной звезды и подчёркивается возможность более широкого диапазона температур для обитаемых планет, чем это принято в настоящее время.


Подобные «квазиизотермические» траектории также исследованы в работах одного из авторов [4; 5].

Список литературы

1. *Gyndilis L. M.* (2004) SETI: Searching for Extraterrestrial Intelligence. Moscow. Ed. of Physical and Mathematical Literatures. 648 pp. (In Russian).
2. *Szebehely V.* (1967) Theory of Orbits. The Restricted Problem of Three Bodies. Yale University. New Haven Connecticut. Academic Press New York and London.
3. *Stephen R. Kane and Dawn M. Gelino.* The Habitable Zone and Extreme Planetary Orbits / *Astrobiology*. October 2012, 12(10): 940-945. Doi:10.1089/ast.2011.0798.
4. *Perov N. I.* Isothermal trajectories for the habitable planets. / Abstract for Astrobiology Science Conference, held in Hilton, Chicago downtown, Chicago, Illinois, USA. June. 15–19, 2015). Abstract №7002. Session “Habitability of Exoplanets”. – Definition and Boundaries of Habitable Zones.
5. *Перов Н. И.* Изотермические траектории планет в кратных системах звёзд / Математика и информатика, астрономия и физика, экономика и технология и совершенствование их преподавания: материалы международной конференции «Чтения Ушинского» физико-математического факультета. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2015. 400 с.

Прогноз появлений опасных астероидов вблизи Земли с учётом возмущений их орбит

 **Перов Н. И.**

 ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр
имени В. В. Терешковой»

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, для невозмущённого движения тел Солнечной системы разработано множество методов определения эпох, соответствующих минимумам расстояний между телами на двух произвольных гелиоцентрических орбитах [2, р. 95]. Причём эти произвольные невозмущённые траектории определяются, например, из оптических наблюдений по единому алгоритму, не имеющему особенностей [3, р. 1093–1099].

Ниже, в рамках парной пространственной задачи двух тел («Солнце – частица», «Солнце – Земля»), с учётом движений перигелиев орбит и линий узлов рассматриваемых тел, разрабатывается численно-аналитический метод поиска минимума расстояния малого тела от Земли (прямолинейные траектории не рассматриваем).

Введём обозначения: G – гравитационная постоянная, M_s , m_1 , m_2 – массы Солнца, Земли и астероида соответственно; a_1 , a_2 – большие полуоси орбит Земли и астероида; e_1 , e_2 – эксцентриситеты орбит Земли и астероида; i_1 , i_2 – наклоны плоскостей орбит Земли и астероида к плоскости эклиптики (на указанную эпоху); ω_1 , ω_2 – аргументы перигелиев орбит Земли и астероида, Ω_1 , Ω_2 – долготы восходящих узлов Земли и астероида; M_{01} , M_{02} – средние аномалии Земли и астероида на произвольно выбранный начальный момент времени t_0 соответственно. v_1 , v_2 – истинные аномалии рассматриваемых тел [1, с. 684; 4].

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Соотношение для поиска минимального расстояния между Землёй и малым телом r_{12} представим в виде (1)

$$r_{12}^2 = (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)^2 = r_1^2 - 2\mathbf{r}_1\mathbf{r}_2 + r_2^2 = \min. \quad (1)$$

Здесь \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 – гелиоцентрические векторы положений Земли и астероида (кометы).

Соответствующее уравнение примет вид

$$\frac{dr_{12}^2}{dt} = 0, \quad (2)$$

очевидно,

$$\mathbf{r}_1 \times \mathbf{r}_2 = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2. \quad (3)$$

$$r_1 = \frac{P_1}{1 + e_1 \times \cos(V_1)}. \quad (4)$$

$$p = a_1(1 - e_1^2), \quad (5)$$

$$x_1 = r_1(\cos(v_1 + \omega_1) \times \cos(\Omega_1) - \sin(v_1 + \omega_1) \times \sin(\Omega_1) \times \cos(i)), \quad (6)$$

$$y_1 = r_1(\cos(v_1 + \omega_1) \times \sin(\Omega_1) + \sin(v_1 + \omega_1) \times \cos(\Omega_1) \times \cos(i)), \quad (7)$$

$$z_1 = r_1(\sin(v_1 + \omega_1) \times \sin(i)). \quad (8)$$

Аналогично равенствам (4) – (8) для Земли (тело 1), вычислим соответствующие соотношения для опасного астероида (тело 2), заменив индекс «1» на индекс «2».

Для учёта изменений величин $\omega_1, \omega_2, \Omega_1, \Omega_2$ представим их в виде

$$\omega_1 = \omega_{10} + K_1 d_1, \quad (9)$$

$$\omega_2 = \omega_{20} + K_2 d_2, \quad (10)$$

$$\Omega_1 = \Omega_{10} + K_1 d_1, \quad (11)$$

$$\Omega_2 = \Omega_{20} + K_2 d_2. \quad (12)$$

Здесь $\kappa_1, \kappa_2, K_1, K_2$ – константы, выбираемые эмпирически. d_1, d_2 – переменные величины, связанные соотношением (условие сближения тел в узле орбит).

$$\Omega_1 = \Omega_2, \quad (13)$$

или

$$d_2 = (\Omega_{10} + K_1 d_1 - \Omega_{20}) / K_2. \quad (14)$$

Индекс «0» относится к начальным значениям $\omega_1, \omega_2, \Omega_1, \Omega_2$.

Величины r_{12}, x, y, z и их первые производные найдём с использованием равенств (1) – (14), записанных для Земли и опасного тела, а искомые уравнения примут вид (15)

$$\begin{aligned} \frac{dr_{12}^2}{dv_1} &= 0, \\ \frac{dr_{12}^2}{dv_2} &= 0, \\ \frac{dr_{12}^2}{dd_1} &= 0. \end{aligned} \quad (15)$$

Все вычисления – аналитические и численные – производим с применением системы MAPLE'15.

ПРИМЕР

Найдём значения v_1, v_2, d_1 для эпохи сближения с Землёй опасного астероида 2019 SU3. Элементы орбиты Земли [1, с. 684] и этого тела возьмём на дату 27 апреля 2019 г. (Табл. 1).

За единицу массы примем массу Солнца $M_s = 2 \times 10^{30}$ кг; в качестве единицы длины возьмём 1 астрономическую единицу (1 а. е. = 149597888.9 км); за единицу времени возьмём 1 тропический год (1 тр. год = 365.2422 × 24 × 3 600 секунд).

В указанных единицах измерений имеем – $m_1 = 6 \times 10^{24}$ кг = 3×10^{-6} единиц массы, $G = 6.672 \times 10^{-11}$ м³/(кг × с²) = 39.691638173 (единица длины)³/(единица времени² × единица массы). Массой астероида (m_2) пренебрегаем.

На основании эмпирической связи между изменениями ω и Ω для больших планет [1, с. 684] и устранения особенностей в вычислениях, при возможном резонансе в движении тел, примем

$$K_1 = \sqrt{2}, K_1 = -1, K_2 = \sqrt{3}, K_2 = -1. \quad (16)$$

Таблица 1
Элементы орбиты Земли и астероида 2019 SU3 (27 апреля 2019 г.)

Элементы орбиты	Земля	2019 SU3
a, а. е.	1.0000010178	1.093
e	0.0167005087369195210290412	0.0927
i, рад	0.0000440104857123768543624634	0.0202807259081741096838533
ω , рад	1.79768332923260583149323	5.63217749618570154473275
Ω , рад	3.05129983837882484500239	0.0893259511170697877469543
M_0 , рад	5.185339842566095841944	4.49631721898779185607080

Для запуска итерационного процесса выбираем пробные начальные значения v_1, v_2, d_1 – после 27 апреля 2019 года (для этого приходится брать несколько триад искоемых величин). По формулам (1) – (15) уточняем неизвестные величины v_1, v_2, d_1 и r_{12} . Итерации прекращаем при установлении глобального минимума функции r_{12} (Табл. 2).

Таблица 2
Значения r_{12} при условиях (15)

Величины	1-й экстремум	2-й экстремум	3-й экстремум	4-й экстремум	«Глобальный минимум»
v_1 , рад	18.865084794	0.0598131159	5.7623102467	7.8075767365	1.682201550
v_2 , рад	15.709640700	0.0089462002	6.2092929130	6.6717280399	5.807095699
d_1 , рад	4.1196956315	4.2374604768	22.439838824	7.6511580402	10.86799861
r_{12} , а. е.	2.1775179119	0.0216587070	0.0210188047	0.0202278281	0.000458010

ПОИСК ГЛОБАЛЬНОГО МИНИМУМА

Численные и аналитические исследования показывают [2, р. 95; 3, р. 1093–1099], что при движении двух тел по гелиоцентрическим траекториям на интервале времени, соответствующем нескольким оборотам этих тел, для расстояния между объектами r_{12} кроме глобального минимума существуют и локальные минимумы при одном и том же значении d_1 (Рис. 1, Табл. 2).

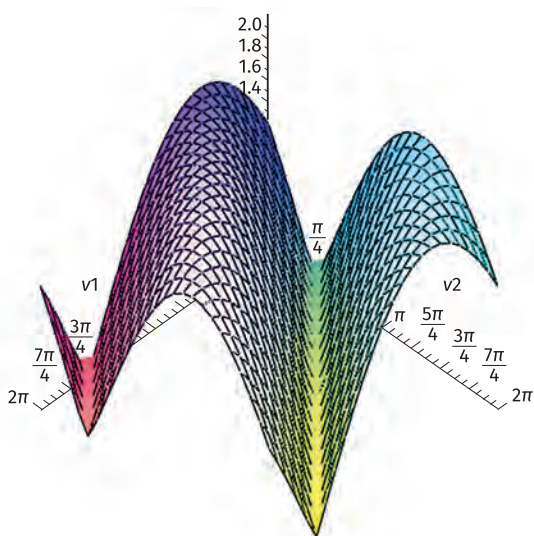


Рис. 1. Расстояние $r_{12} = r_{12}(v_1, v_2)$ между Землёй и астероидом 2019 SU3 в астрономических единицах. $d_1 = 0.0173501769$ рад.

Истинные аномалии тел v_1 и v_2 заключены в интервале от 0 до 2π рад.

Определив из соотношений (2) – (16) расстояния между Землёй и астероидом r_{12} , построим графики функции $r_{12} = r_{12}(d_1)$ (Рис. 2, 3).

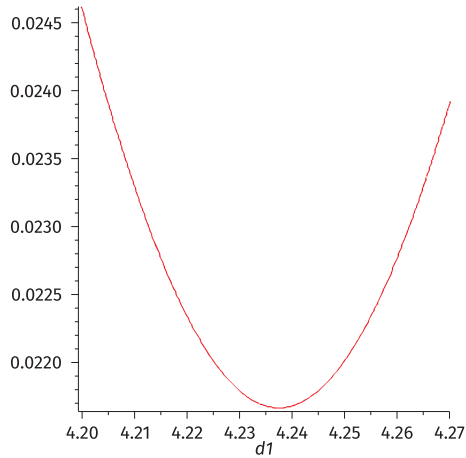


Рис. 2. Один из локальных минимумов функции r_{12} – расстояние между Землёй и астероидом 2019 SU3 в астрономических единицах. По оси абсцисс указаны значения d_1 в радианах, а по оси ординат отмечено расстояние между рассматриваемыми телами. $v_1 = 0.05981311596$, $v_2 = 0.008946200265$.

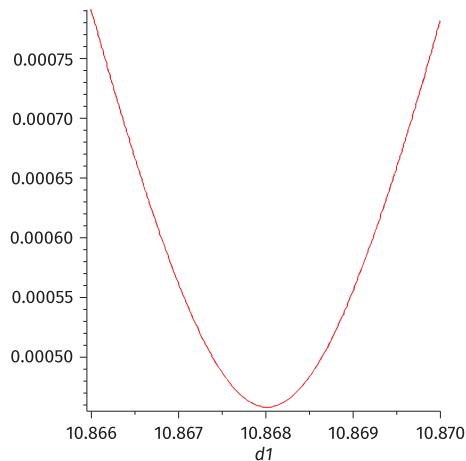


Рис. 3. «Глобальный минимум» функции r_{12} – расстояние между Землёй и астероидом 2019 SU3 в астрономических единицах. По оси абсцисс указаны значения d_1 в радианах, а по оси ординат отмечено расстояние между рассматриваемыми телами. $v_1 = 1.6822015501976$, $v_2 = 5.807095699091$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод позволяет учесть возмущения в движении перигелия и линии узлов небесного тела, что даёт возможность найти глобальный минимум расстояния между Землёй и опасным телом с большей точностью [5].

Список литературы

1. *Абалакин В. К., Аксенов Е. П., Гребеников Е. А.* Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Ред. Дубошин Г. Н. – М.: Наука, 1976. 684 с.
2. *Perov, N. I.* A unified method of forecasting collisions of space objects / *Solar System Research*, 2000. V. 34. N. 1. P. 95. Режим доступа: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000SoSyR...34...95P> (Provided by the SAO/NASA Astrophysics Data System), (дата обращения: 11.02.2020).
3. *Perov, N. I.* Unified method for determining the initial orbits of celestial bodies from a small number of optical observations / *Astronomicheskii Zhurnal*, 1989. V. 66. P. 1093–1099. Режим доступа: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1989AZh....66.1093P>. (Provided by the SAO/NASA Astrophysics Data System), (дата обращения: 11.02.2020).
4. 2019 SU3 – Wikipedia. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/2019_SU3 (дата обращения: 11.02.2019).
5. Sentry (monitoring system). Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sentry_\(monitoring_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sentry_(monitoring_system)) (дата обращения: 11.02.2020).

Динамика комет при тесных сближениях с Юпитером

 **Огнева О. Ф.**

 *Ярославский государственный технический университет*

В работе рассматриваются возможные возмущения, действующие на движение кометы в окрестности Юпитера. В дополнение к факторам, которые учитываются классически при тесных сближениях (влияние несферичности планеты-гиганта, гравитационное воздействие галилеевых спутников), предполагается воздействие приливных сил на кометное ядро, возможное столкновение с многочисленными спутниками Юпитера либо с метеороидным телом, а также дополнительный разогрев кометы излучением Юпитера. Сближения кометы с этой планетой-гигантом приводят к изменению кометной орбиты (комета 52/P Харрингтона – Абеля), а порой и к частичному или полному разрушению кометного ядра, как это произошло с кометой Шумейкеров – Леви – 9 в 1994 году.

Действие несимметричности гравитационного поля Юпитера на движение тел описывается силовой функцией притяжения Юпитера во внешнем пространстве, которая задаётся выражением:

$$U = -\kappa^2 \frac{M}{r} + U_B \cdot \quad (1)$$

Первое слагаемое в (1) даёт потенциал притяжения шара с однородным распределением плотности. Возмущающий потенциал от сжатия Юпитера в системе координат $OXYZ$, связанной с главными осями инерции, даётся разложением:

$$U_B = K^2 \frac{M}{r} \times \sum_{\kappa=2}^{\infty} C_{\kappa,0} \left(\frac{R_J}{r}\right)^\kappa P_\kappa\left(\frac{z}{r}\right), \quad (2)$$

где K^2 – постоянная тяготения, r – геоцентрический радиус-вектор, M – масса Юпитера, R_J – средний экваториальный радиус Юпитера ($R_J = 71\,400$ км), P_κ – полиномы Лежандра; $C_{\kappa,0}$ – зональные коэффициенты потенциала притяжения Юпитера, z – компонента положения тела, совпадающая с осью вращения Юпитера. Ниже приведены значения коэффициентов зональных гармоник разложения потенциала Юпитера:

κ	2	3	4	6
$C_{\kappa,0} \times 10^6$	14735.0 ± 0.4	0.2 ± 2.0	-588.8 ± 3.5	27.8 ± 12.5

Для учёта несферичности гравитационного поля Юпитера суммирование в (2) согласно приведённым данным ведётся только с учётом второй и четвёртой зональных гармоник, дающих наибольший вклад в возмущения.

Поскольку спутниковая система Юпитера населена довольно массивными объектами, такими как галилеевы спутники (Ио, Европа, Ганимед, Каллисто), при рассмотрении тесных сближений с Юпитером следует учитывать гравитационное влияние этих тел на динамику кометы. На примере тесного сближения кометы 52/P Харрингтона – Абеля с Юпитером на расстояние 0.037 а. е. получены модули возмущающих ускорений (\vec{a}_{Sat}) от галилеевых спутников при сближении кометы с Юпитером.

	Ио	Европа	Ганимед	Каллисто
\vec{a}_{Sat} км/с ²	1,02416E-13	1,98688E-13	2,27014E-13	3,44048E-13

Также из-за большой концентрации малых тел в окрестности системы спутников Юпитера повышается вероятность столкновения кометного ядра с метеороидным телом в этой области. Это может привести к возникновению дополнительного импульса в движении кометы или к разрушению кометного ядра. Примером описанного эффекта может быть результат взаимодействия моду-

ля-ударника космического аппарата (КА) Deep Impact с ядром кометы Темпель 1. Удар привёл к большему, чем ожидалось, усилению яркости кометы [1]. Помимо импульса, полученного ядром в результате удара, возникло дополнительное ускорение от сублимирующего вещества [2].

Анализируется действие приливных сил на кометное ядро со стороны Юпитера и влияние частичного разрушения кометного ядра на его движение. Учитывая такие факторы, как неоднородный состав кометного ядра, вращение кометного ядра вокруг своей оси, а также большое процентное содержание рыхлого, легколетучего вещества, можно предположить, что приливное воздействие Юпитера способно привести к частичному разрушению кометы при тесном сближении. Это явление приведёт к смещению центра инерции ядра и к изменению орбиты кометы. Для учёта этого эффекта предполагается, что в результате частичного разрушения произойдёт мгновенный сдвиг центра инерции кометного ядра. В качестве индикатора изменения орбиты приняты перигелийные координаты кометы и момент прохождения перигелия. Сравнивая указанные величины для «новой» орбиты, когда при сближении с Юпитером произойдёт частичное разрушение ядра, с выбранным эталоном – координатами кометы в перигелии для случая, когда комета не разрушается, можно судить о том, насколько изменится кометная орбита в результате разрушения части ядра.

Находясь вблизи большой планеты, комета может испытывать действие дополнительного излучения со стороны планеты, что делает вероятным изменение режима сублимации и негравитационного ускорения. Оценено влияние отражённого от ядра солнечного света, а также полной энергии от Юпитера (оценка и сравнение величин энергий). Выражение для оценки количества солнечной энергии U , отражённой от поверхности Юпитера и падающей на поверхность кометного ядра:

$$U = E_{\varphi\Sigma} \times \delta, \quad E_{\varphi\Sigma} = \frac{A}{\pi} \times K_j \times \frac{1}{r^2} \times \sum_{i=1}^n S_i \times \cos\theta_{ni} \times \cos\varphi_i, \quad (3)$$

δ – величина освещаемой Юпитером поверхности ядра кометы, расположенного на расстоянии r от Юпитера. Величина δ аппрок-

симирована величиной миделева сечения относительно направления на Юпитер. Поверхность Юпитера разбивается на площадки, каждая из которых характеризуется величиной площади (S_i) (i – номер площадки), углом θ_{ni} , определяющим ориентацию площадки S_i относительно направления на Солнце, углом φ_i , определяющим ориентацию площадки S_i относительно направления на комету; K_J – солнечная постоянная для Юпитера, A – альбедо поверхности Юпитера.

Для оценки дополнительного разогрева ядра кометы и появления вследствие этого негравитационных ускорений для момента нахождения ядра кометы рядом с Юпитером вычислена величина энергии, получаемой кометой при тесном сближении, от Юпитера и от Солнца на примере кометы 52/P Харрингтона – Абея. Для данного сближения показан небольшой вклад излучения от планеты-гиганта в общий поток излучения, падающего на поверхность кометы, находящейся в этой области:

Источник энергии	Прямой солнечный свет, $U_{S \rightarrow c}$	Отражённый от поверхности Юпитера солнечный свет, $U_{S \rightarrow J \rightarrow c}$	Излучение Юпитера, $U_{J \rightarrow c}$
Количество энергии, U , Дж/с	$86157943.24 \times 10^{-4}$	28.20×10^{-4}	44.98×10^{-4}

Предложены две модели учёта в динамике комет труднопредсказуемых факторов при тесных сближениях с Юпитером. В первой модели предполагается, что в йовицентрической сфере радиусом 0.5 а. е. на ядро действует неизвестное ускорение, обратно пропорциональное квадрату расстояния кометы до центра Юпитера. Это ускорение представляется по компонентам орбитальной йовицентрической системы координат: по радиальной, трансверсальной и нормальной составляющей, как и в случае негравитационных ускорений, возникающих от нагрева поверхности ядра Солнцем. Компоненты этого ускорения будут иметь вид:

$$a_i = \begin{cases} A_i^j \frac{1}{\Delta^2} & \text{если } \Delta \leq 0.5 \text{ а. е.}, \\ 0, & \text{если } \Delta > 0.5 \text{ а. е.} \end{cases} \quad (4)$$

где $i = 1, 2, 3$, – определяет компоненты ускорения в различных направлениях – трансверсальном, радиальном и нормальном соответственно; Δ – йовицентрическое расстояние кометы. При вычислении орбиты кометы с учётом действия на неё этого ускорения параметры A_1^j, A_2^j, A_3^j определяются из наблюдения совместно с элементами орбиты и параметрами A_p, A_2, A_3 , определяющими негравитационное ускорение со стороны Солнца.

Во второй модели дополнительное воздействие в окрестности Юпитера моделируется мгновенным изменением скорости кометы $\Delta \vec{V}$ в момент её сближения с Юпитером. Значения компонента $\Delta \vec{V}$ также определяются из наблюдений совместно с элементами орбиты и параметрами A_p, A_2, A_3 , определяющими негравитационное ускорение со стороны Солнца.

Связь между двумя представленными моделями определяется соотношением:

$$\Delta \vec{V} \approx \sum_{i=1}^m (A_1^j \vec{r}_r(t_{i+1}) + A_2^j \vec{r}_r(t_{i+1}) + A_3^j \vec{r}_n(t_{i+1})) \times \frac{1}{\Delta_{i+1}^2} \times h_i, \quad (5)$$

где A_1^j, A_2^j, A_3^j – параметры, характеризующие радиальную, трансверсальную и нормальную компоненты дополнительного ускорения от Юпитера; $h_i = t_{i+1} - t_i$ – длина шага численного интегрирования уравнений движения кометы; $\vec{r}_r = \vec{r}_r(t_{i+1})$, $\vec{r}_\tau = \vec{r}_\tau(t_{i+1})$ и $\vec{r}_n = \vec{r}_n(t_{i+1})$ – направляющие косинусы радиального и трансверсального направления на момент t_{i+1} ; Δ_{i+1} – расстояние от кометы до Юпитера на момент t_{i+1} . Выражение (5) записано согласно свойству аддитивности интеграла, позволяющего определить изменение скорости на данном интервале времени из величины ускорения. Левая часть (5) содержит величину мгновенного изменения скорости $\Delta \vec{V}$ (вторая модель), а правая часть выражения представляет приближенную оценку изменения скорости на интервале действия дополнительного ускорения в окрестности Юпитера согласно первой модели.


Показано, что тесное сближение с большой планетой может привести к изменению режима сублимации кометного вещества либо к разрушению ядра, что в свою очередь может привести к изменению кометной орбиты. Предложенные модели могут быть применены при построении численных теорий движения комет, имеющих тесные сближения с большими планетами.

Список литературы

1. Исследование Солнечной системы: официальный сайт миссии DeepImpact – 2006 [Электронный ресурс]. Июль 2005 г. URL: <http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm> (27.02.2012)
2. *Бондаренко Ю. С.* Изменение движения кометы Темпель 1 вследствие столкновения с ударником космической миссии Deep Impact // Сообщение ИПА РАН. – С.-Петербург: 2010. – № 184. – 24 с.

Планеты и спутники

 **Перов Н. И.**

 ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»

ВВЕДЕНИЕ

Все естественные спутники планет, как правило, открыты в результате телескопических наблюдений [1; 3]. Известна связь сжатия планеты Солнечной системы с другими её динамическими параметрами [2]. (Гравитационное поле и фигуру планеты можно характеризовать следующими параметрами: динамическим сжатием J_2 , сжатием эквивалентной – в смысле объёма – эллипсоидальной поверхности равного потенциала α_p , экваториальным радиусом a_e , геометрическим сжатием $\alpha = (a_e - b)/a_e$. Здесь b – полярный радиус планеты.) Числовые значения сжатия α и числа n – естественных спутников планет приведены в Табл. 1 [3].

Найдём зависимость $n = n(\alpha)$. Наблюдаемое число n спутников планеты в зависимости от её сжатия α представлено на Рис. 1.

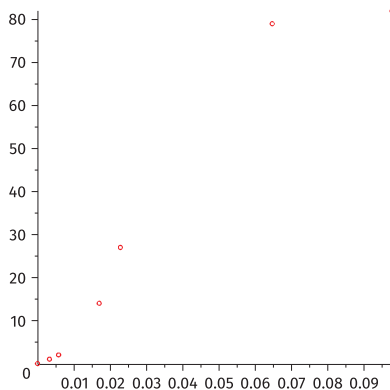


Рис. 1. Наблюдаемое число спутников планеты в зависимости от её сжатия.

ГИПОТЕЗА О СВЯЗИ СЖАТИЯ ПЛАНЕТЫ И ЧИСЛА ЕЁ СПУТНИКОВ

Обозначим геометрическое сжатие планеты и число её естественных спутников через α и n , соответственно. Искомую зависимость $n_t = n_t(\alpha)$ представим в виде

$$n_t = \alpha^p \times e^{qa^2 + ra + s}. \quad (1)$$

Здесь n_t – «теоретическое» число спутников больших планет.

Для определения постоянных p, q, r, s воспользуемся Табл. 1, составленной для больших планет Солнечной системы. (Замечание о Плуtone содержится в заключении.)

Таблица 1
Геометрическое сжатие, число n открытых естественных спутников планет на 2021 год и «теоретическое» число n_t спутников больших планет Солнечной системы

Номер планеты	Планета	α , геометрическое сжатие планеты	n , число известных спутников планеты	n_t , «теоретическое» число спутников планеты
1	Меркурий	0.0000	0	0
2	Венера	0	0	0
3	Земля	0.00333528	1	0.13
4	Марс	0.00589	2	0.82
5	Юпитер	0.06487	79	79.02
6	Сатурн	0.09796	82	81.99
7	Уран	0.0229	27	26.67
8	Нептун	0.0171	14	14.59
9	Плутон	< 0.01	5	5?

Постоянные величины p, q, r, s , входящие в формулу (1), определяются с использованием метода наименьших квадратов, при минимизации остаточной дисперсии Q_e и максимизации критерия Фишера – Снедекора F [4; 5].

$$Q_e = \sum_{i=1}^N (n_{ti} - n_i)^2 = \sum_{i=1}^N (\alpha_i^p \times e^{qa_i^2 + ra_i + s} - n_i)^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

$$F > F_{\alpha; f_1; f_2}, \quad (3)$$

где $f_1 = k - 1$, $f_2 = N - k$, $F_{\alpha; f_1; f_2}$ – табличное значение критерия Фишера – Снедекора на уровне значимости α при числе степеней свободы f_1 и f_2 . Ниже – $k = 4$ (4 параметра: p, q, r, s), N – число пар α и n . Примем $N = 6$ – только для вычисления p, q, r, s . Формулу, полученную для планет от Земли до Нептуна, применим для всех планет, включая Плутон.

Уравнение регрессии считается значимым, если значение статистики

$$F > F_{\alpha; f_1; f_2}, \quad (4)$$

[4].

Для поиска величин p, q, r, s составим систему уравнений:

$$\frac{\partial Q_e(u_j)}{\partial u_j} = 0, u_j = p, q, r, s. \quad (5)$$

Если матрица системы $Q_e(q_j)''$ (5) – невырожденная, то из (8) имеем на $l + 1$ шаге итераций:

$$u_{l+1} = u_l - (Q_e''(u_l))^{-1} Q_e'(u_l) \quad (6)$$

[10].

Все вычисления – аналитические и численные – производились с применением системы MAPLE'15. Получены следующие результаты – при значениях производных (5) не превосходящих по модулю 10^{-17} .

$$p = 3.522987; q = 249.892533; r = -83.457009; s = 18.3671.$$

При этом $Q_e = 2.608355$; $F = 1760.5534 > F_{\alpha; f_1; f_2} = F_{0.001; 3; 2} = 999.2$ (уравнение регрессии (1) – значимо по критерию Фишера – Снедекора) [4; 5].

Координаты точек экстремума и перегибов функции (1) равны $n_{tmin}(0) = 0$; $n_{tff1}(0.024176) = 29.46$; $n_{tff2}(0.083940) = 81.07$ (Рис. 2).

При $n = 5$ из формулы (1) оценим сжатие Плутона: $\alpha_{Pl} = 0.011069$.

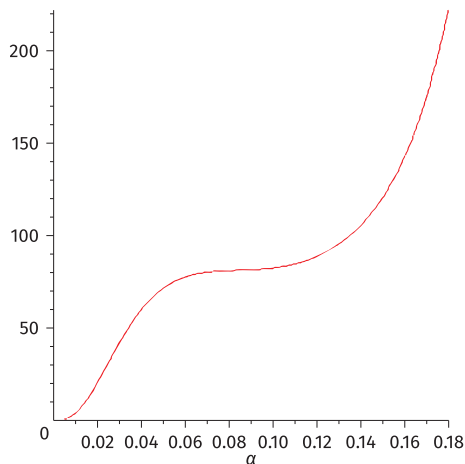


Рис. 2. График функции (1) – зависимости числа естественных спутников n_t планеты от её геометрического сжатия α .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе [6] представлена статистическая модель, связывающая число спутников планеты и её сжатие. Эта модель позволила предсказать существование пяти неоткрытых спутников Нептуна и оценить сжатия Меркурия и Венеры.

Косвенным подтверждением справедливости связи, установленной выше, между числом естественных спутников планеты и её сжатием, являются результаты, представленные в публикациях [7; 1].

В работе М. Л. Лидова [7] в рамках ограниченной задачи трёх тел доказано, что сильное сжатие планеты препятствует выпадению на её поверхность неэклиптических спутников. (В работе [8] соответствующие квадратуры представлены в явном виде, и на их основе показано, каким образом увеличение сжатия планеты способствует уменьшению степени проявления эффекта Лидова.)

Планеты с сжатием 0.18 не обнаружены в Солнечной системе, по-видимому, это объясняется известными теоремами Пуанкаре

и Крудели, которые накладывают ограничения на угловую скорость вращения и геометрическое сжатие гравитирующей жидкости, находящейся в состоянии относительного равновесия [1].

Оценка сжатия Плутона, приведённая выше, совпадает с верхним пределом оценки этой величины, представленной в работе [3].

Предложенная гипотеза будет проверяться и уточняться на спутниковых системах солнечных и внесолнечных планет.

Примечание. В 2006 году Международный астрономический союз дал определение планеты, согласно которому, в частности, вблизи орбиты планеты не должно быть других естественных тел. В 2010 году вблизи орбиты Земли было обнаружено малое тело на подковообразной орбите. К 2019 году подобные малые тела и пылевые пояса были обнаружены вблизи орбит Меркурия и Венеры. Периоды P движения малых тел с ничтожно малыми массами m_3 по подковообразным траекториям, во вращающейся системе отсчёта (в рамках плоской круговой ограниченной задачи трёх тел) приближённо равны $P \approx P_{\text{пл}} (m_1/m_2)^{0.57}$. Здесь m_1 – масса Солнца, m_2 – масса планеты. $P_{\text{пл}}$ – период обращения планеты вокруг Солнца [9]. Для «устойчивых подков» должно выполняться соотношение $m_1/m_2 > 710$. Для меньших отношений масс основных тел малое тело покинет систему или траектория будет хаотической. Для больших отношений масс звезды и планеты подковообразная траектория является устойчивой на значительных интервалах времени [9].


Список литературы

1. *Абалакин В. К., Аксенов Е. П., Гребеников Е. А.* Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г. Н. Дубошина. – М.: Наука, 1976. 684 с.
2. *Wei Zhu, Chelsea X. Huang, Georg Zhou, D.N.C. Lin.* Constraining the oblateness of Kepler planet. ArXiv. 1410. 0361v1 [astro-ph-EP]. 1 Oct 2014.
3. Solar System Exploration. Режим доступа: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 07.01.2021).
4. Математические методы и модели в планировании: Учебное пособие для экономических вузов / А. И. Карасёв, Н. Ш. Кремер, Т. И. Савельева; под ред. А. И. Карасёва. – М.: Экономика, 1987. 240 с.

5. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. – М.: Наука, 1979. 832 с.
6. Перов Н. И. «Вояджер-2» откроет неизвестные спутники Нептуна! / *Астрономический циркуляр* Астрономического совета АН СССР, 1989. № 1538. С. 33–34.
7. Лидов М. Л. О приближённом анализе эволюции орбит искусственных спутников // *Проблемы движения искусственных небесных тел.* – М.: АН СССР, 1963.
8. Перов Н. И., Иванова Ю. В. К вопросу о локализации в пространстве-времени будущих падений метеоритов. С. 85–93. Математика и информатика, астрономия и физика и совершенствование их преподавания: материалы международной конференции «Чтения Ушинского» [5–6 марта 2020 года] / научн. ред. Н. И. Заводчикова. – Ярославль: РИО ЯГПУ, 2020. 243 с.
9. Perov N. I. A model of dust matter distribution in the system of "a star and a planet" / *Abstr. Of the 45th Lunar – Planetary Science Conference (The Woodlands, Texas, USA, March, 17–24, 2014).* Abstract #1798. URL <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014LPI...45.1798P/abstract>. (дата обращения: 08.01.2021).
10. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1988. 552 с.

Исследование метеоритных кратеров

 **Скотников В. А.**

 *Ярославский государственный педагогический университет
имени К. Д. Ушинского*

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, десятки тысяч кратеров обнаружены на поверхности многих тел Солнечной системы [1–7]. Они могут иметь вулканическое происхождение или ударное.

Проведены статистические исследования 3819 марсианских кратеров (к 1990 г.), более 300 кратеров на Фобосе, определено соотношение глубина/диаметр на ледяных спутниках планет-гигантов, проведён морфологический анализ кратерированности лунной поверхности [1–8].

Рассмотрим аналитические модели форм метеоритных кратеров.

ФОРМЫ КРАТЕРОВ

Метеориты, падая на поверхность Земли, Луны, планет и спутников, образуют различные по размерам и сложные по форме воронки. При этом происходит частичное или полное распыление вещества метеоритов. В ряде случаев единственным следом, оставленным метеоритом, оказывается воронка, образованная при его падении, верхнюю границу которой только приближённо можно принимать за окружность. Поскольку простые кратеры геометрически подобны на всех ледяных спутниках и подобны простым кратерам на планетах земной группы, особый интерес вызывает моделирование форм кратеров уравнениями различных поверхностей и кривых. Анализ профилей кратеров позволяет сделать вывод о возможности их аналитического представления в виде полиномов четвёртой степени [8].

Ниже рассматривается случай представления профиля воронки кратера в виде полинома шестой степени.

Предполагая, что ось абсцисс лежит в плоскости математического горизонта и ей соответствует координата ξ , а ось ординат $\Phi(\xi)$ связана с глубиной воронки, составим многочлен для аппроксимации профиля воронки:

$$A_6\xi^6 + A_5\xi^5 + A_4\xi^4 + A_3\xi^3 + A_2\xi^2 + A_1\xi + A_0 = \Phi(\xi). \quad (1)$$

Коэффициенты $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ нетрудно найти по экспериментальным данным с помощью метода наименьших квадратов и стандартных подпрограмм, а значимость уравнения регрессии (2) оценить с использованием критерия Фишера – Снедекора [9].

Ниже приводится пример применения формулы (1) при исследовании воронки, предположительно метеоритного происхождения, находящейся в 14 км от посёлка Красный Бор Кологривского района Костромской области [8].

ПРИМЕР

При измерении ($n = 11$) одного из профилей воронки [8], в произвольно выбранной системе прямоугольных координат, были получены следующие результаты (Табл. 1, Рис. 1).

Таблица 1
Результаты измерений одного из профилей воронки «Красный Бор» [8]

ξ	-6	-5	-4	-3	-2	0
$\Phi(\xi)$	0,07	0,39	0,25	0,02	-0,26	0
ξ	-1	0	1	2	3	4
$\Phi(\xi)$	-0,74	-1,45	-0,8	0,42	0,63	0,22

Ось абсцисс лежит в плоскости математического горизонта, и ей соответствует параметр ξ , а ось ординат располагается вертикально, и соответствующая координата связана с глубиной воронки Φ (масштаб 1:20 дм).

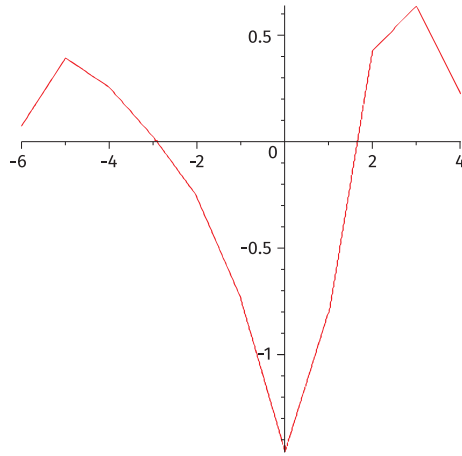


Рис. 1. Один из профилей воронки «Красный Бор» [8] (измерения).

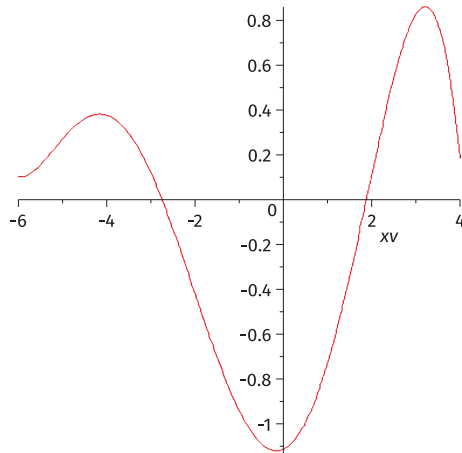


Рис. 2. Один из профилей воронки «Красный Бор» [8].
(Модель (1), полином шестой степени (1)).

После решения системы семи уравнений, вытекающих из (1), с применением метода МНК – с семью неизвестными $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ для искомых величин определили следующие значения:

$A_6 = -0.176122 \times 10^{-6}$; $A_5 = -0.00144998$; $A_4 = -0.0128180$; $A_3 = 0.0157233$; $A_2 = 0.292542$; $A_1 = 0.0948810$; $A_0 = -1.121556$; $F_{\text{выч.}} = 6.8262$; $F_{0,05; 6, 4} = 6.16$. Так как $F_{\text{выч.}} > F_{0,05; 6, 4}$, то уравнение регрессии вида (1) значимо на уровне 0,05 (Рис. 2). При этом сумма квадратов отклонений модельной величины $\Phi_m(\xi)$ от измеренной величины $\Phi(\xi)$ составляет 0.361, что почти в три раза меньше по сравнению с использованием полинома 4-й степени.

Кроме того, удалось уточнить и другие результаты работы [8], в частности для полинома

$$y = a \times x^4 + b \times x^3 + c \times x^2 + d \times x + e, \quad (2)$$

исследуемого в работе [8] и аппроксимирующего форму воронки, найдены следующие уточнённые параметры: $a = -0.005507$; $b = -0.015260$; $c = 0.168374$; $d = 0.234491$; $e = -0.888158$. $F_{\text{выч.}} = 5.2396$; $F_{0,05; 4, 6} = 4.53$. Так как $F_{\text{выч.}} > F_{0,05; 4, 6}$, то уравнение регрессии вида (1) также значимо на уровне 0,05 (Рис. 3). При этом сумма квадратов отклонений модельной величины y_m от измеренной величины y составляет 0.903 дм².

Формула (1) дополняет арсенал математических методов обработки результатов измерений ударных кратеров на телах Солнечной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнивая полученный результат (Рис. 2 – аппроксимация полиномом 6-й степени) с соответствующим результатом работы (8) (Рис. 3 – аппроксимация полиномом 4-й степени) и исходными данными (Табл. 1, Рис. 1), замечаем, как и следовало ожидать, что использование полинома 6-й степени уменьшает сумму квадратов отклонений, увеличивает вычисленное значение критерия Фишера, качественно и количественно лучше отражает форму исследуемой воронки.

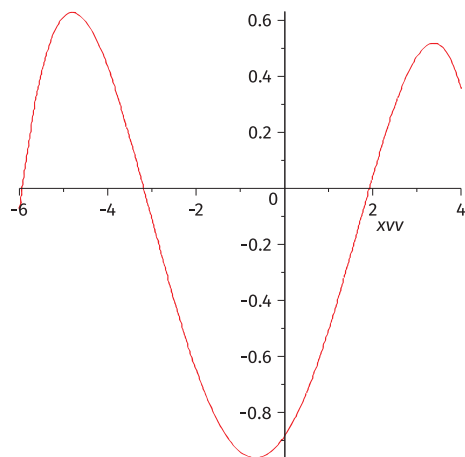


Рис. 3. Один из профилей воронки «Красный Бор» [8] – полином 4-й степени (2).

Предложенную геометрическую модель метеоритного ударного кратера можно использовать при оценке объёма воронки (V) и массы вещества, выброшенного из неё, а также при оценке соответствующей энергии взрыва. Предварительные исследования показали удовлетворительное совпадение результатов вычислений величины V по аналитическим формулам с использованием введённых моделей и результатов определения V численными методами.

В дальнейшем предполагается использовать соотношения вида (1) при локализации максимальной концентрации метеоритного вещества в земных ударных кратерах, на основе анализа геометрических свойств кривых (1), и при решении некоторых космогонических проблем.


Список литературы

1. Пугачева С. Г., Болховитинов И. С. Номограмма плотности распределения лунных кратеров // *Астрономический вестник*. 1994. Т. 28. С. 101–106.
2. Кац Я. Г., Козлов В. В. и др. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность? – М.: Наука, 1989. 188 с.

3. *Родионова Ж. Ф., Дехтярева К. И., Храмчихин А. А. и др.* Морфологический каталог кратеров Марса. ГАИШ МГУ (в печати).
4. *Barlow N. G., Bradley N. L.* Martian impact craters: correlations of ejecta and interior morphologies with diameter, latitude and terrain // *Icarus*. 1990.V. 87. N 1. P. 156–179.
5. *Мамонтов Д., Скоренко Т.* Метеоритные кратеры на Земле. Режим доступа: <https://www.porptech.ru/science/14067-zvezdnye-rany/> (дата обращения: 1.03. 2021).
6. *Михеева А. В.* Новые данные каталога «Импактные структуры Земли». Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/38639672.pdf> (дата обращения: 1.03. 2021).
7. Места падений известных науке метеоритов // SIGNS OF THE TIMES: website. 2020. Режим доступа: https://www.sott.net/image/s6/132156/full/Map_meteors.png (дата обращения: 17.02.2020).
8. *Астрономические исследования: Межвузовский сборник научных трудов.* – Ярославль: ЯГПУ, 1996. 159 с.
9. *Карасев А. И., Кремер Н. Ш., Савельева Т. И.* Математические методы и модели планирования. – М.: Экономика, 1987.

Проектирование сверхлёгкой РН и отработка будущих технологий

 **Матасов Н. А.**

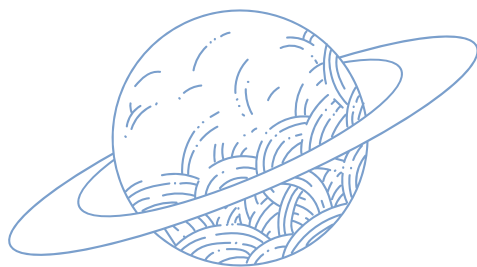
 *Ярославский государственный университет
имени П. Г. Демидова*

В настоящий момент на формирующемся рынке запусков космических аппаратов присутствует существенная ниша в области ракет сверхлёгкого класса. Несмотря на успехи зарубежных компаний, стоимость полёта в космос за последние полвека существенно не изменилась. В целом по миру и на отечественном рынке отсутствует возможность быстро и достаточно дешево вывести полезную нагрузку на орбиту, если она не обладает существенной массой и габаритами. Дальнейшее развитие космической техники и рынка связано с миниатюризацией элементной базы, снижением стоимости услуг.

К тому же сейчас набирают популярность низкоорбитальные многоспутниковые группировки, развёртываемые для различных целей, где масса одного аппарата зачастую не превосходит 50 кг. Таким образом, заказчики вынужденно зависят от нечастых пусков тяжёлых ракет-носителей (РН), не располагают широким выбором целевых орбит, ограничены конструктивными и экспериментальными решениями. Покончить с зависимостями и призван развивающийся рынок сверхлёгких РН. Их создание существенно дешевле, нежели разработка полноценных ракет, имеется широкое разнообразие технических и технологических решений (используемое топливо, двигатель, способы запуска, изготовление элементов, нетрадиционное использование материалов и компонентов). Цель моей работы – показать начальный путь развития такого проекта, исследования и решения для будущей отработки технологий, воз-

возможность его реализации, а также получения опыта для создания летающей лаборатории для разработки системы снижения сопротивления в плотных слоях атмосферы.

КОСМИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ
И ПРОСВЕЩЕНИЕ



Страницы истории программы «Бион»

 **Крапошин П. В.**

 Газета «Воздушный транспорт гражданской авиации»,
ВИНИТИ РАН

Программа «Бион» включала в себя комплексные исследования на животных и растительных организмах в полётах специализированных спутников (биоспутников) Земли в интересах космической биологии, медицины и биотехнологии, в целях изучения влияния невесомости и других факторов космического полёта на живые организмы.

С 1973 по 1996 год в космос было запущено 11 биоспутников с космодрома Плесецк, и каждый из них был оснащён уникальной научной аппаратурой разработки ФГУП СКТБ «Биофизприбор». Биообъектами служили белые лабораторные крысы, японские перепела и обезьяны макаки-резус¹.

С исследованиями на животных связан начальный этап развития космонавтики. Объектом исследования были выбраны беспородные собаки, отличавшиеся наибольшей выносливостью. На борту второго искусственного спутника Земли, запущенного в ноябре 1957 года, находилась собака Лайка. Она, к сожалению, погибла спустя 4,5 часа полёта от перегрева: температура воздуха в кабине, в которой она находилась, превысила +41 градус. Но биологическая и медицинская информация, полученная в результате этого полёта, была использована для создания космического корабля «Восток»².

¹ www.biofizprizpribor.ru

² Сычёв В. Н., доктор биологических наук, заместитель директора по науке ИМБП РАН, Ильин Е. А., доктор медицинских наук, главный научный сотрудник ИМБП РАН. Проект «Бион-М».

Биологические эксперименты на высотных (геофизических) ракетах начала группа сотрудников Института авиационной медицины ВВС Минобороны СССР ранее, в 1951 году, под руководством А. В. Покровского и В. И. Яздовского. На подопытных животных (собаках) были исследованы основные физиологические эффекты действия ускорений и невесомости при последовательном возрастании высоты полёта от 100 до 500 км, опробованы системы жизнеобеспечения и средства спасения на случай возникновения аварийных ситуаций. В исследованиях использовался опыт авиационной медицины, а также сведения, почерпнутые из морской медицины, высокогорной, полярной физиологии и многих других разделов медицинских науки и практики. Учитывались и результаты наземных лабораторных исследований, имитирующих действие на живые организмы факторов космического полёта. Всё это позволило оценить возможные факторы риска, разработать надёжную систему диагностики состояния человека и необходимые меры защиты в этих агрессивных условиях окружающей среды. В 1960 году осуществлена серия запусков кораблей-спутников с собаками и другими животными на борту, обеспеченных всеми системами для предстоящего полёта человека. В 1970–1992 годах состоялось 10 орбитальных полётов космических аппаратов серии «Бион». В первом запуске («Космос-368», 9–15 октября 1970 г.) и ряде последующих полётов проводились комплексные исследования на различных биологических объектах (мыши, семена, культуры тканей и отдельные клетки и др.) в условиях длительной невесомости. Начиная с «Биона-6» («Космос-1514», 12–14 декабря 1983 г.), где изучались механизмы адаптации вестибулярно-сенсорных и других функциональных систем организма животных к невесомости, в каждом полёте использовались по две обезьяны из семейства макак [1].

Предпосылки для начала медико-биологических исследований в интересах космических программ появились ещё в конце 1940-х годов. В это время стали известны реакции организма человека и животных на перегрузки, вибрации, шум и другие факторы полёта на самолётах, но не было экспериментальных данных о биологическом действии невесомости. По рекомендации А. Н. Туполева осенью 1947 года С. П. Королёв предложил возглавить исследования в этой области В. И. Яздовскому, заведующему лабораторией

скафандров и герметических кабин (Научно-исследовательский институт авиационной медицины (НИИАМ) ВВС МО СССР). Активную поддержку Королёву оказали министр обороны СССР А. М. Василевский и президент АН СССР С. И. Вавилов. НИИАМ разработал программу исследований медико-биологических проблем полётов на ракетах в верхних слоях атмосферы.

Исследователи решили разбить факторы полёта на три группы: связанные с физическими характеристиками верхних слоёв атмосферы и околоземного космического пространства (резкие колебания температуры, отсутствие молекулярного кислорода, наличие метеорного вещества и первичного космического излучения); обусловленные динамикой ракетного полёта (ускорение, невесомость, вибрация, шум); вызванные помещением живых существ из привычной обстановки в экстремальные условия среды (стрессовые реакции, изменения условий питания, гигиены и др.). Это была первая в мире полная классификация факторов, действующих в космическом полёте.

Исследователи с самого начала понимали, что человек и животные в условиях верхних слоёв атмосферы и околоземного космического пространства без защитных устройств жить не смогут. Поэтому для будущих полётов необходимо создавать искусственную среду обитания и разрабатывать систему жизнеобеспечения. К тому времени уже было известно наиболее оптимальное направление действия ускорений – оно перпендикулярно магистральным кровеносным сосудам. По проблеме невесомости не было не только никакой информации, но и ясности в понимании самого термина. В результате дискуссий исследователи решили, что невесомость есть такое физическое состояние, когда равнодействующая всех сил, действующих на организм, равна нулю. Большинство факторов полёта невозможно воспроизвести в наземных условиях, а защиты от условий космического пространства как таковой не существует. Было решено изучать данную проблему во время полётов и проводить комплексные работы по обеспечению безопасности, составлена поэтапная программа исследований на несколько лет вперёд.

Во время полётов геофизических ракет провели три серии экспериментов. Первая серия (1951 г.) предусматривала: выбор наибо-

лее удобного биологического объекта для проведения исследований; разработку методов исследований физиологических функций животного, пригодных для применения в условиях полёта на ракете; создание системы жизнеобеспечения животных в герметичной кабине малого объёма для полёта до высоты 100 км; изучение характера и степени влияния полёта в верхние слои атмосферы на состояние физиологических функций организма и поведение животных; выяснение возможности использования отделяющейся кабины с целью спасения животных и аппаратуры при приземлении; испытание работы контрольно-регистрирующей аппаратуры в необычных условиях.

При выборе биологических объектов исследования исходили из условий минимального размера и веса лабораторных животных (мыши, крысы). Вследствие небольших размеров получение физиологической информации от них в полёте затруднено. Высшие обезьяны как экспериментальный объект наилучшим образом моделируют физиологические и нервные функции человека. Однако обезьяны трудно поддаются дрессировке и научению, взрослые особи проявляют агрессивность и медленно привыкают к необычным условиям эксперимента. Кроме того, обезьяны были достаточно дорогим и редким объектом для исследований [2]. Привлечение обезьян к медико-биологическим исследованиям для реализации космических программ было делом будущего. Это стало возможно по мере развития Института экспериментальной патологии и терапии, который находится в Сухуме. При этом институте был создан уникальный обезьяний питомник. Это научное учреждение основано ещё в 1927 году как подразделение действовавшего в Москве Института экспериментальной медицины. В 1944 году сухумский институт был реорганизован в Медико-биологическую станцию и стал самостоятельным юридическим лицом. В 1952 году на работу в это учреждение поступил Борис Аркадьевич Лапин, в ту пору – кандидат медицинских наук. В дальнейшем он стал заместителем директора, а с 1958 года – директором. Там Борис Аркадьевич защитил докторскую диссертацию. При нём произошла очередная реорганизация и Медико-биологическая станция была преобразована в Научно-исследовательский институт экспериментальной патологии и терапии (НИИ ЭПит). Количество обезьян постепенно увеличи-

чивалось и, кроме того, по мере накопления опыта специалистов института решались проблемы, о которых упомянуто выше. В начале 1960-х годов, когда шла подготовка космического полёта первой в мире женщины-космонавта Валентины Терешковой, по инициативе О. Г. Газенко к программе медико-биологических исследований был привлечён НИИ ЭПит. В московском Институте авиационной и космической медицины на центрифуге проводились эксперименты с обезьянами (самками павианов). Цель экспериментов – исследовать влияние перегрузок на женский организм [3].

Для организации полётов собак в космических ракетах разрабатывалась специальная регистрирующая аппаратура для автоматического получения и передачи по телеметрическим каналам гигиенических показателей среды кабины и показателей основных физиологических функций организма. Перед полётом проводились наземные эксперименты в барокамере и самолёте, пикирующем по параболе Кеплера, в макете ракеты с целью отбора наиболее устойчивых к воздействию необычных условий полёта особей и их тренировки. Перед физиологами встало множество методических проблем: подготовка животных и выполнение ряда хирургических вмешательств (выводилась в кожный лоскут сонная артерия для определения артериального давления – под кожу вживлялись электроды для регистрации биотоков). Потребовалось разработать датчики и приборы для регистрации физиологических показателей во время космического полёта.

В соответствии с задачами исследований состоялось пять полётов на ракетах с девятью собаками (из них три летали дважды). В герметичный отсек объёмом 0,28 м³ помещали двух беспородных собак (до 10 кг каждая), укреплённых привязными ремнями на специальных лотках. Для поддержания необходимого газового состава атмосферы в кабине использовалась инжекторная система регенерации воздуха. Барометрическое давление в необходимых пределах в кабине поддерживалось регулятором давления.

Первая геофизическая ракета Р-1Б с собаками Дезиком и Цыганом, запущенная в июле 1951 года с космодрома Капустин Яр, поднялась на высоту 100,8 км и успешно приземлилась. В США исследования с животными начались в июне 1948-го, но первое их успешное возвращение после полёта на ракете произошло только

20 сентября 1951 года. Перегрузки в полётах ракет этой серии не превышали 5,5 g. На 177-й секунде полёта (на высоте около 100 км) головная часть ракеты отделялась от корпуса и свободно падала. Затем на уровне 6–8 км раскрывался парашют. Общее время пребывания животных в полёте составляло 20–30 минут. Исследования показали, что температура воздуха в кабине в период полёта превышала расчётные величины, барометрическое давление не опускалось ниже 680 мм рт. ст., содержание O_2 в воздухе кабины составляло 21,5%, количество CO_2 не превышало 1,5%, относительная влажность – около 70%. Учащение пульса и дыхания наблюдались только в период вибрации на нисходящем участке траектории при вхождении кабины в плотные слои атмосферы. У животных, летавших дважды, не обнаруживалось каких-либо изменений. После проведения серии экспериментов пришли к выводу, что герметичная кабина с системой регенерации воздуха обеспечивает необходимые условия для двух собак в течение трёх часов. Воздействие перегрузок, космического излучения, частичной невесомости и других факторов полёта не повлияли на состояние ряда физиологических функций и поведение животных. Регистрирующая аппаратура давала возможность получать научную информацию в полёте.

Во второй серии экспериментов (1954–1956 гг.) ставились следующие основные задачи: разработать способы обеспечения безопасности животных при полёте в скафандре в разгерметизированной кабине, во время свободного падения и парашютировании с больших высот; исследовать выживаемость и жизнедеятельность животных после катапультирования из кабины в верхних слоях атмосферы; изучить влияние невесомости и других факторов полёта на живой организм; испытать работу регистрирующей аппаратуры на различных этапах полёта, в том числе при катапультировании и свободном падении, парашютировании для обеспечения безопасного спуска и возвращении животных и приборов. Результаты экспериментов показали, что разработанная и усовершенствованная в процессе запуска ракет аппаратура обеспечивала необходимые условия для полёта животных в верхние слои атмосферы и их безопасный спуск. Поскольку влияние перегрузок, шума, вибрации и ряда других факторов полёта на физиологические функции жи-

вотных уже было в определённой степени изучено, наибольший интерес при проведении данной серии исследований представляло изучение влияния невесомости. По мнению многих учёных, кратковременная невесомость не должна повлечь за собой каких-либо серьёзных изменений в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма. В третьей серии опытов (1957–1960 гг.) состоялось 14 запусков животных на геофизических ракетах Р-2А и Р-5В на высоты от 200 до 450 км. В экспериментах участвовало 14 собак. Некоторые из них летали по два и по три раза. Животных фиксировали на специально изготовленных лотках и попарно помещали в герметическую кабину. Всего на геофизических ракетах совершили полёты 48 собак, из них многие летали по два-три раза, а собака Пальма – четыре раза. Кроме собак, на геофизических ракетах летали и другие животные: кролики, белые крысы и мыши [2].

После первых пилотируемых полётов вплоть до начала 1970-х годов какие-либо систематические физиологические и биологические эксперименты в космосе по целевым программам не проводились. Лишь в 1973 году с запуска биоспутника «Бион-1» в нашей стране началась программа регулярных полётов КА «Бион», результаты которых позволили усовершенствовать системы³.

Космические аппараты «Бион» начали разрабатываться в Советском Союзе ещё в начале 1970-х годов в Куйбышевском филиале ОКБ-1 (ныне – АО «РКЦ “Прогресс”» в Самаре). Так как разрабатывался не просто очередной спутник, а целая серия космических аппаратов, предназначенных исключительно для биологических экспериментов в космосе, инженеры и конструкторы создавали спутник в тесном контакте с сотрудниками Московского института медико-биологических проблем. Кроме того, программа экспериментов на спутниках «Бион» предполагала, в отличие от программы полёта собак, не только возможность отправки животных в космос, но и проведение с ними экспериментов на орбите в течение длительного периода времени.

³ Сычёв В. Н., доктор биологических наук, заместитель директора по науке ИМБП РАН, Ильин Е. А., доктор медицинских наук, главный научный сотрудник ИМБП РАН. Проект «Бион-М».

Несмотря на то что «Бион» изначально задумывался как научная космическая лаборатория, за основу его конструкции был взят космический аппарат фоторазведки «Зенит-2М». Но отличительной особенностью «Биона» было то, что после выведения на орбиту он совершал полёт в свободном режиме, без действия систем ориентации, что позволяло создавать для живых организмов условия «чистой» невесомости.

Вес космических аппаратов «Бион» составлял около 6 300 кг, при этом вес собственно научно-медицинского оборудования был около 700 кг. Внутри космического аппарата находилась система жизнеобеспечения с ресурсом в 30 дней, поддерживающая существование крыс, черепах, насекомых, низших грибов и икры рыб. Начиная с «Биона-6» система была модифицирована, и в неё стал входить комплекс для содержания двух макак-резусов, а также блок для обеспечения группового содержания десяти крыс и проведения исследований на них.

Спутники выводились на низкую околоземную орбиту с помощью РН «Союз-У» с космодрома Плесецк. После завершения полёта спускаемый аппарат совершал мягкую посадку с использованием парашютной системы на полигон под Кустанаем в Казахстане.

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 взора; чувствительности центральных вестибулярных нейронов при линейном перемещении вдоль оси тела. Показано, что чувствительность центральных вестибулярных нейронов как к угловым, так и к линейным ускорениям увеличивалась в начале полёта и затем постепенно нормализовалась, в то время как во флоккулюсе высокая активность сохранялась в течение всего полёта. Результаты выполненных в рамках экспериментальной программы «Приматы» исследований существенно 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 при изменяющихся гравитационных условиях среды и их профилактики [4].

Первыми в космос стартовали сухумские макаки Абрек и Бион 14 декабря 1983 года на корабле «Бион-6» («Космос-1514»). Их полёт длился пять суток. Вторыми на корабле «Бион-7» («Космос-1667») 10 июля 1985 года полетели макаки Верный и Гордый, их полёт продолжался уже семь суток. Третьими 29 сентября 1987 года на корабле «Бион-8» («Космос-1887») стартовали Дрёма и Ероша. Четвёртый полёт состоялся 15 сентября 1989 года. На корабле «Бион-9» («Космос-2044») в космос отправились макаки Жаконя и Забияка. Полёт корабля «Космос-2044» продолжался 14 суток.

Пятыми 29 декабря 1992 года на «Бионе-10» («Космос-2229») были макаки Крош и Иваша. Шестой, последний на сегодня полёт обезьян, состоялся 24 декабря 1996 года. На корабле «Бион-11» в космос отправились макаки Лапик и Мультик.

В 1997 году программа полётов обезьян на спутниках «Бион» была прекращена. Россия и США решили больше не запускать их в космос, в первую очередь из-за проблем с финансированием полётов. Возможно, свою роль в этом решении сыграла и гибель Мультика в январе 1997 года, после которой американцы, испугавшись возмущения общественности, свернули программу финансирования проекта и расторгли контракт, по которому предстоял полёт ещё одной пары приматов. Американские специалисты предложили заменить обезьян мышами и крысами. Но эти эксперименты были бы на порядок ниже, и полёты по программе «Бион» прекратили.

19 апреля 2013 года с космодрома Байконур состоялся старт «Биона-М1» на борту ракеты «Союз-2» с «экипажем» из гекконов, мышей, песчанок и других животных, ставший началом российского эксперимента длиной в один месяц, призванного изучить влияние космической среды на живых существ. В космической капсуле «Бион-М1» были установлены блоки обеспечения содержания 45 мышей и 15 гекконов, разработки филиала ФГУП «Экспериментально-производственные мастерские» Федерального медико-биологического агентства (Санкт-Петербургский «Биофизприбор»). «Бион-М1» – это первая российская миссия, связанная с отправлением животных в космос за последние 17 лет.

Полёт рассчитан на 30 суток, в течение которых было проведено более 70 экспериментов. Все биообъекты возвращены на Землю

в спускаемом аппарате. Результаты орбитального эксперимента будут использоваться для совершенствования системы медицинского обеспечения длительных пилотируемых полётов и деятельности человека в экстремальных условиях⁴.


Список литературы

1. Газенко О. Г., Малашенков Д. К. Вехи развития космической медицины. Земля и Вселенная. 1996, № 6.
2. Малашенков Д. К. Первые запуски ракет с животными. Земля и Вселенная. 1997, № 6.
3. Лапин Б. А. Перебирая старые фотографии. – Сочи. 2016.
4. Актуальные вопросы экспериментальной биологии и медицины: материалы сухумской международной научно-практической конференции «90 лет НИИ ЭПит АНА». – Сухум. 2017.

⁴ www.biofizprizpribor.ru

Новые формы работы Космоцентра в современных условиях

 **Васильева Г. А.**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина», Звёздный городок

В 2020 году исполнилось 60 лет Центру подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина и первому отряду покорителей космоса. В 2021 году исполнится 60 лет со дня первого полёта человека в космос.

Эти знаменательные даты отмечаются в непростой период для нашей страны и всего мирового сообщества. Изменилась реальность, в которой мы живём, учимся, осуществляем практическую деятельность. Данные трансформации обуславливают необходимость осмысления не только происходящих событий, но и стратегий построения будущего, поиска альтернативных форм работы с молодёжью.

С 2012 года на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина» функционирует молодёжный образовательный Космоцентр – программно-технический обучающий комплекс [3].

Статус Космоцентра как профориентационной площадки позволяет пробудить интерес у будущих выпускников школ, колледжей к приобретению профессий в контексте приоритетных направлений развития ракетно-космической отрасли.

Для эффективности профориентационной работы с подрастающим поколением в Космоцентре максимально используется современная техническая база, включающая в себя:

- образовательный комплекс (классы, оснащённые мультимедийным оборудованием);
- тренажёрный комплекс (учебно-тренировочный тренажёр на базе модулей орбитальной станции «Мир», виртуальный интерактивный тренажёр транспортного космического

- корабля «Союз ТМА», виртуальный интерактивный аналог Международной космической станции);
- исследовательский комплекс (научная лаборатория, оснащённая оборудованием, позволяющим школьникам имитировать проведение научных исследований и экспериментов на борту МКС);
 - виртуальный центр управления полётами (ЦУП), знакомящий школьников с планированием российского сегмента МКС, деятельностью группы управления, специалистов-медиков, специалистов по бортовым системам пилотируемых космических аппаратов;
 - музейно-информационную зону.

Для реализации образовательных программ с целью профессиональной ориентации и самоопределения молодёжи и дальнейшей работы в космической отрасли нашей страны Космоцентр организует:

- обзорные экскурсии;
- цикл одно-двухдневных познавательных программ;
- проектную деятельность по космической тематике;
- детские и молодёжные космические школы и лагеря с реализацией тематических развивающих программ;
- проведение международных и всероссийских молодёжных конференций и конкурсов по космической тематике.

Данные занятия отличались стабильностью и эффективностью. Начиная с 2020 года становится актуальным и востребованным дистанционный формат коммуникации со слушателями.

На начальном этапе опыта подобной работы у специалистов Космоцентра было недостаточно. В кратчайшие сроки была проведена модернизация способов подачи необходимой информации. Для этого стали разрабатываться и активно внедряться в практику в дистанционном формате лекционные тематические занятия, создаваться мультимедийные презентации. Сегодня можно с уверенностью констатировать: есть устойчивый запрос и заинтересованность со стороны школ, музеев, предприятий на такие интерактивные занятия в онлайн-режиме, как, например:

«Достижения отечественной пилотируемой космонавтики: история и современность», «Изменение функций организма человека в условиях микрогравитации», «Эволюция скафандров», «Космический туризм: вчера, сегодня, завтра» и др.

Созданная интерактивная образовательная среда позволяет школьникам получать нужную и полезную информацию в интересующей их области, представляя при этом экскурсию или тематическую лекцию не как цель, а как комплекс средств для достижения личного успеха и творческой самореализации.

После проведения онлайн-занятий важно организовать эффективную обратную связь, привлечь внимание подростков к социальным сетям и интернет-ресурсам для самостоятельной исследовательской и проектной деятельности. Это будет способствовать активизации учащихся, развитию интереса и мотивации, побуждению к приобретению новых знаний и умений [2]. Для этого можно предложить задания, например:

- виртуальное путешествие по объектам Космоцентра и написание слушателями эссе или отзыва по итогам просмотра;
- создание видеоролика или презентации после посещения Центра подготовки космонавтов;
- сбор текстовой информации и фотоматериалов на определённую (заданную) тему;
- подготовка вопросов и взятие интервью у космонавта;
- поиск интересного материала или способа подачи материала в виде исторической справки;
- самостоятельный просмотр фильмов о покорителях космоса, рекомендованных сотрудниками Космоцентра;
- поиск в Интернете идей для творческого воплощения в космическом проекте;
- подготовка презентационного материала для проведения «космической» экскурсии в дистанционном формате для одноклассников;
- просмотр видеопрограмм по определённым темам и разработка вопросов викторины и др.

В дальнейшем сотрудники Космоцентра организуют онлайн-консультации, проводят беседы, создают портфолио выполненных работ, собирают банк проектов, презентаций, видеороликов. В итоге после каждой тематической лекции у слушателей есть возможность обсудить полученную информацию, поделиться впечатлениями и по желанию получить «домашнее задание», которое закрепит знания и позволит самостоятельно активно их использовать в практической деятельности.

Такой подход способствует повышению интереса у школьников к космической науке, технике, развивает их творческую самостоятельность, они учатся работать с различными источниками знаний. А способность к рефлексии, готовность к развитию своего личностного потенциала рассматриваются как осознание подростками своих положительных и отрицательных качеств, в том числе причин неудач.

Как показывает практика, формы занятий со школьниками в дистанционном формате, эффективность обратной связи с ними являются одной из форм активного обучения, позволяющей свести воедино и осуществить поставленные задачи с использованием различных средств и методов. Для учащихся работа в онлайн-режиме – это переход в иное психологическое состояние, это другой стиль общения и коммуникации: положительные эмоции, ощущение себя в новом качестве, а значит, новые обязанности и ответственность. Кроме того, такие формы занятий позволяют детям развивать свой творческий потенциал и личностные качества, оценить роль знаний и увидеть их применение на практике, ощутить взаимосвязь разных наук; это самостоятельность и совсем другое отношение к своему труду.

Таким образом, посещение стационарных композиций Космоцентра, а также текущих выставок, с прослушиванием экскурсионной информации в дистанционном формате, выполнение различных заданий позволяет сегодня школьникам и студентам погрузиться в специальную развивающую среду, узнать много нового об освоении космического пространства и покорителях космоса.

Безусловно, новые формы коммуникации со школьниками, использование современных информационных технологий при по-

даче материала, которые были оперативно внедрены сотрудниками Космоцентра в обучающий процесс, сегодня становятся нормой и работают на опережение. В перспективе предполагается смешанный формат (очный и дистанционный) работы с молодёжной аудиторией.


Подводя итог, необходимо отметить, что современные условия потребовали не только осмысления, но и создания абсолютно новых форм работы Космоцентра. Тематические лекционные занятия и мультимедийные презентации в онлайн-режиме, выступления специалистов и встречи с космонавтами в дистанционном формате, эффективная обратная связь способствуют активизации личного и профессионального самоопределения школьников, позволяют вызвать у учащихся интерес к космической отрасли и сориентировать их на выбор «космических» профессий, формируя адекватное представление о своих потенциальных возможностях, что в дальнейшем поможет их успешной социализации.

Список литературы

1. Атлас новых профессий. Режим доступа: <http://atlas100.ru/> (дата обращения: 1.03.2021).
2. *Васильева Г. А.* Проектная деятельность школьников // *Дополнительное образование и воспитание.* 2016, № 10. С. 21–24.
3. *Власов П. Н.* 60 лет ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина» – задел на будущее // *Пилотируемые полёты в космос.* 2020, № 1 (34). С. 7–26.
4. *Селиванова З. К.* Ранняя профориентация как насущная задача государственной политики // *Социология.* 2013, № 4. С. 136–140.

Гагарин в Англии

 **Арбузова М. В.**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина», Звёздный городок

12 апреля 1961 года после памятных для всего человечества 108 «звёздных минут», проведённых в кабине корабля-спутника «Восток», Юрий Гагарин стал самым популярным человеком планеты. 27 стран мира рукоплескали своему кумиру, восторгались его молодостью, человечностью и душевной красотой... А он, в свою очередь, зажигал огоньки дружбы в их сердцах по отношению к его Родине, его народу.

За три с половиной месяца после своего полёта Ю. А. Гагарин совершает второе кругосветное путешествие. На этот раз по земле и по воздуху.

В июле 1961 года Ю. А. Гагарина пригласил в гости профсоюз литейщиков Англии. За несколько дней до его приезда в газете «Дейли миррор» был опубликован маршрут, по которому будет ехать первый космонавт планеты. Десятки, а может и сотни тысяч англичан выстроились в двадцатикилометровую цепочку от аэропорта до Лондона.

В аэропорту Юрия Гагарина встретил роскошный Rolls-Royce Silver Cloud II. Автомобиль с открытым кузовом, оснащённый шестилитровым двигателем V8 и разгонявшийся до 180 километров в час, имел интересный номерной знак: YG 1. Этот номер выбрали специально в честь космонавта (по-английски его имя пишется как Yuri Gagarin), но номер (не машина) на самом деле принадлежал популярной певице и телезвезде Яне Гуард (Yana Guard).

Когда Яна увидела фотографии визита Юрия Гагарина, она спросила: «Что он делает с моим регистрационным номером?». «Всё было сделано в такой спешке, – сказал чиновник, – номер вовсе не лондонский, это номер штата Йоркшир. Кажется, произо-



<https://zen.yandex.ru/media/id/5ac0a6082f578c01b35ae47b/12-aprelia-1961-pervyi-polet-cheloveka-v-kosmos-kommentarii-inostrancev-5ace428483090580e7f95985>



<https://polzam.ru/index.php/istorii/item/965-britanskij-privdornyj-etiket-chaj-po-gagarinski-i-nakhodchivost-korolevy-elizavety-ii>

шла ошибка». Яна ответила, что нисколько не обиделась и даже сама сфотографировалась с машиной, на которой возили первого космонавта.

На машине с таким номерным знаком Юрий Алексеевич мог ездить только по Лондону. После отъезда Юрия Гагарина в Советский Союз номерные знаки были переданы в советское посольство и оставались там на хранении. В 1976 году, будучи на экскурсии в Звёздном городке, сотрудник советского посольства в Англии, служивший во время визита Юрия Алексеевича водителем, передал оба номерных знака в дар музею Центра подготовки космонавтов, который был основан Ю. А. Гагариным и открыт им 6 ноября 1967 года. Номерные знаки были переданы в руки директору музея, Николаю Павловичу Пашкову, в присутствии Валентины Михайловны Быковской (супруги космонавта № 5 Валерия Фёдоровича Быковского), являющейся сотрудницей музея. В настоящее время один из номерных знаков экспонируется в комнате памяти Ю. А. Гагарина.

В ходе английской поездки Юрий Гагарин побывал и в Манчестере, но там космонавт передвигался уже на Bentley S2 песочного цвета. На этой машине раньше ездила Елизавета II, а также президент США Джон Ф. Кеннеди во время официального визита в Лондон.

«Бентли», как и «роллс-ройс», был кабриолетом: англичане, конечно же, хотели видеть Гагарина вживую. Во время проезда Гагарина шёл проливной дождь, но британцев это не испугало – на улицы вышли тысячи людей.

Гагарин покорила англичан сразу же, как вышел из самолёта. Его скромность и простота, смеющиеся глаза и весёлая улыбка стали предметом обсуждения почти всей прессы, радио и телевидения.

Английское общество межпланетных сообщений вручило Ю. А. Гагарину золотую медаль, специально учреждённую для награждения лиц, внёсших важный вклад в исследование космического пространства. Майор Ю. А. Гагарин – первый, кто отмечен этой высокой наградой.

Гагарин встречался с английскими учёными во время пребывания в Лондоне. Они были поражены высокой эрудицией космонавта и подарили ему несколько томов трудов Ньютона.

На следующий день советского героя приветствовал город Манчестер – «индустриальная столица» Англии. Президент литейщиков Фред Холингворс вручил Гагарину грамоту на английском и русском языках об избрании Юрия Алексеевича почётным членом профсоюза – «членом союза номер один» и приколот ему на грудь золотую медаль, специально отлитую в честь космонавта. На медали отчеканены слова: «Вместе мы отольём лучший мир».

На следующий день Юрий Алексеевич посетил знаменитый Тауэр у Темзы. Встретился с лордом-мэром Лондона сэром Уэли-Коэном.

Толпа, повсюду сопровождавшая Юрия Алексеевича и официальных лиц в поездке по городу, стихла лишь на несколько минут, когда Герой Советского Союза, первый космонавт мира Юрий Алексеевич Гагарин в торжественном молчании возложил у Сеногафа (монумента британским солдатам и офицерам, павшим в двух мировых войнах) венок из пурпурных роз со скромной надписью «От майора Гагарина».

Несколько позднее Гагарин посетил премьер-министра Англии Гарольда Макмиллана. Юрий Алексеевич преподнёс ему в подарок экземпляр своей книги «Дорога в космос» с автографом. Гарольд Макмиллан от имени правительства Великобритании подарил советскому космонавту серебряный поднос работы английских мастеров. В этот же вечер состоялся приём в честь советского космонавта, устроенный ассоциацией «Великобритания – СССР», где собрались видные политические и общественные деятели.

14 июля Ю. А. Гагарин был приглашён на завтрак к королеве Великобритании Елизавете II в Букингемский дворец.

Приветствуя советского героя, прошла церемония смены королевской гвардией караула у входа во дворец. От парадного входа вверх вела широкая лестница, устланная дорогим декоративным ковром, она была совершенно безлюдна. Справа и слева такие же лестницы. Но с первой до последней ступеньки они заполнены людьми. С левой стороны, перед группой встречающих, стояла детская коляска. В ней восседал малыш – Эндрю, сын королевы. Гагарин вместе с сопровождающими проследовал вверх по лестницам Букингемского дворца. Со всех сторон он ловил на себе восхищённые взгляды. Дело в том, что впервые в истории королева разрешила всем слугам и придворным выстроиться в вестибюле, чтобы своими глазами увидеть человека, который побывал в космосе.



<https://polzam.ru/index.php/istorii/item/965-britanskij-privornyj-etiket-chaj-po-gagarinski-i-nakhodchivost-korolevy-elizavety-ii>

Как рассказывал один из журналистов, Юрий Алексеевич не знал, как пользоваться столовыми приборами. «Все лорды испытывающе глядели на Гагарина: что он сделает? Космонавт понял это и говорит им: “Давайте есть по-русски”. Берёт самую большую ложку и кладёт ею какой-то салат себе в тарелку. Королева, как воспитанная дама, говорит: “Господа, давайте есть по-гагарински”. Тоже берёт большую ложку... Потом, в минуту откровения, сообщает Юрию Гагарину: “Я и сама не знаю, как ими пользоваться. Мне лакеи подают, какую нужно”».

Подали чай. И Юрий Алексеевич тут же выловил из своей чашки дольку лимона и, по русской традиции, отправил её себе в рот. Гости в очередной раз замерли, ожидая, что будет дальше. Королева же не моргнув глазом сделала всё в точности так, как советский космонавт. Затем улыбнулась и сказала: «Как вкусно!».

В конце беседы королева спросила Гагарина: «Полетит ли в Советском Союзе в космос девушка?». «Обязательно, – ответил Юрий Алексеевич, – ведь у нас полное равноправие».

В завершение мероприятия Елизавета позволила себе даже переступить через одно из важнейших правил этикета, запрещающее монарху фотографироваться с обычными людьми. Как рассказывали свидетели, она сама предложила Юрию Гагарину сделать совместный снимок на память. Журналисты не могли оставить такой беспрецедентный случай без внимания и спросили, почему она так поступила. Королева Англии в очередной раз улыбнулась и спокойно ответила: «Я сфотографировалась с небесным, то есть неземным, человеком и поэтому ничто не нарушила».

Королева подарила Юрию Алексеевичу фотографию своей семьи с автографом.




Через 30 лет, в 1991 году, на этой фотографии появились шлемы спецгашения орбитального комплекса «Мир»: по просьбе музея ЦПК её взял с собой советско-британский экипаж. Она была передана командиру Анатолию Арцебарскому во время посещения мемориального кабинета Ю. А. Гагарина (который по традиции с 1969 года посещают все экипажи перед отъездом на Байконур). «Союз ТМ-12» с Анатолием Арцебарским, Сергеем Крикалёвым и Хелен Шарман на борту стартовал с Байконура 18 мая 1991 года, а пристыковался к станции «Мир» 20 мая.

Список литературы

1. Юрий Гагарин. Дорога в космос. Записки лётчика-космонавта СССР. – М.: Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1961.
2. *Россошанский В.* Феномен Гагарина. – Саратов: Летопись: Издательский центр Саратовского государственного социально-экономического университета, 2004.
3. *Шонин Г.* Самые первые. – М.: Молодая гвардия, 1976.
4. *Денисов Н.* Хорошо, хорошо, Гагарин. – М.: Московский рабочий, 1963.
5. *Каманин Н.* Первый гражданин Вселенной. – М.: Молодая гвардия, 1962.
6. *Куденко О.* Орбита жизни. – М.: Московский рабочий, 1971.

Городская познавательная игра для школьников «Космос»

 **Бутусова В. А.**

 ГБНОУ «Санкт-Петербургский городской Дворец
творчества юных»

Во все времена дети любили играть. Это заложено в их природе, является основным средством познания мира, помогает отвечать на многочисленные «почему» и «зачем». В любом детском возрасте игра является ведущей деятельностью, необходимым условием всестороннего развития и одним из основных средств воспитания и обучения.

Возможно, детский набор юного химика или физика помогли не одному ребенку определиться с выбором профессии, а неумело обрезанные волосы куклы открыли миру будущих талантливых стилистов. Современная жизнь подарила нам много новых слов: квест, квиз, кейс. На самом деле за всеми этими названиями скрывается самая простая, настоящая игра. В которой есть яркое, запоминающееся начало, интересное содержание, чёткие правила, обоснованные критерии оценки и заслуженные победители.

Воспитанники Юношеского клуба космонавтики имени Г. С. Титова Санкт-Петербурга (ЮКК) в течение трёх лет обучения изучают дисциплины, связанные с астрономией, космонавтикой, авиацией, компьютерными технологиями. Полученные знания в игровой форме они передают участникам ежегодной Городской познавательной игры для школьников «Космос».

Это мероприятие охватывает и объединяет учащихся, выпускников и педагогов ЮКК, является важным и значимым событием в их жизни. Этому способствует много факторов: ответственность перед многочисленными участниками, желание продемонстрировать

свои знания, понимание, что нужно не только получать что-либо, но и отдавать, делиться этим с окружающими.

Процессы подготовки и проведения игры важны для формирования коллектива, выявления индивидуальных способностей и талантов ребят, они дают возможность проявить свои лидерские качества и организаторские умения, учат выполнять поставленную задачу в срок, соблюдая все необходимые условия и внося элемент творчества.

Целью самой игры «Космос» является создание условий для формирования у школьников интереса к научно-исследовательской деятельности и научно-техническому творчеству в аэрокосмической области.

Задачи игры «Космос»:

- ознакомление участников игры с основными направлениями аэрокосмической отрасли;
- содействие распространению знаний о достижениях советской и российской науки и техники, формированию активной гражданской позиции;
- создание условий для активного взаимодействия участников игры и формирования навыков коллективной работы.

Самая первая игра «Космос» была проведена учащимися КЮК (клуб юных космонавтов – первое название ЮКК) Ленинградского Дворца пионеров и школьников имени А. А. Жданова в 1963 году. За более чем полувековую историю сформировалось чёткое представление, каким должно быть это мероприятие, и сложился механизм его подготовки.

В наши дни игра «Космос» проводится ежегодно в течение трёх дней в начале апреля. Каждая команда участвует один раз в один из трёх игровых дней. В каждый из дней в игре участвуют 12 команд, состоящих из школьников 6-7 классов образовательных учреждений города и области. Численный состав команд: 10–12 человек и сопровождающий.

Мероприятие проходит в виде игры по станциям, с прохождением индивидуального для каждой команды маршрута и выполнением заданий. Время работы на каждой станции составляет 12 минут. Общее время прохождения игры – 108 минут (время нахождения в полёте первого космонавта Земли Юрия Гагарина). Одновремен-

но на каждой станции играет две команды, это вносит дополнительный соревновательный элемент, стимулирует участников на более активную и продуктивную работу.

Каждая станция проводится с соблюдением обязательных этапов, включающих в себя представление нового материала, практические задания, направленные на закрепление полученной информации, вопросы, позволяющие оценить команду. Формы проведения станций носят разноплановый характер, создающий условия для проявления играющими общей эрудиции, различных знаний, умений и навыков.

Каждый год организаторы игры выбирают новые современные и актуальные темы для работы своей станции. На сегодняшний момент игра «Космос» состоит из 6 станций.

В ходе игры ведущими станций оценивается выполнение командами заданий по 10-балльной системе. Итоговый результат определяется суммой баллов, набранных командой на всех станциях. Также дополнительно участники получают баллы за подготовленную эмблему, название и девиз. По окончании игры все команды получают сертификат участника.

Команды, занявшие 1, 2 и 3 место за каждый игровой день, приглашаются 12 апреля на городской праздник, посвященный Международному дню космонавтики. Во время торжественной линейки им вручаются дипломы победителей игры «Космос» и сертификаты на ознакомительные полёты на авиационном тренажёре клуба Boeing-737.

В подготовке и проведении игры участвуют практически все члены клуба. Особенно ярко тут проявляется традиция преемственности поколений, передачи опыта от старших к младшим. Подготовка игры занимает несколько недель в марте. Образуется «пирамида» участников процесса:

- 60 учащихся первого года обучения, не имеющих опыта проведения игры,
- 30 учащихся второго и третьего годов обучения, уже проводивших игру,
- 10 педагогов и выпускников ЮКК с опытом организации и проведения мероприятия.



ПОБЕДИТЕЛЬ ИГРЫ «КОСМОС – 2018»

Экипаж «Комета»

7-В класс, ГБОУ СОШ № 352 Красносельского района



Процесс подготовки строится следующим образом:

Советом клуба (органом самоуправления ЮКК) утверждаются штаб игры и ведущие, отвечающие за непосредственную подготовку. Штаб совместно с ответственными за станции разрабатывают сценарий, причём работа каждой станции отличается от других по форме и содержанию.

За несколько недель до игры «Космос» старшие ребята проводят ознакомительную тренировочную игру для учащихся первого

года для того, чтобы они увидели все нюансы и возможные сложности. По окончании тренировочной игры штаб проводит «разбор полётов» с конкретными замечаниями. В конце марта происходит приёмка игры: ребята первого года обучения демонстрируют свои знания по теме станции, умение принимать решения и реагировать на непредвиденные обстоятельства. Оцениваются информативность, актуальность содержания, степень сопровождения и иллюстрирования материала, эстетика и технологичность представленной презентации, степень эрудиции, способность оперировать своими знаниями, соответствие практических заданий заданной теме, умение излагать свои мысли в устной речи, доброжелательность и эмоциональный настрой.

Таким образом, подготовка игры «Космос» кроме своего основного предназначения выполняет важную воспитательную и образовательную функцию.

Такой подход к подготовке привёл к тому, что игру «Космос» знают в городе, в ней хотят участвовать. Есть школы, приводящие своих ребят ежегодно на протяжении многих лет. Ответ на вопрос, почему это мероприятие популярно и любимо и организаторами, и участниками, прост. Это Игра. Игра, проводимая ребятами для ребят. А играть любят все.



Однако в 2020 году мир вокруг нас изменился и выставил преграды на пути эффективного и привычного нам детского образования. Сейчас, во время пандемии, очное образование переживает кризис и ощущает возросшую конкуренцию с теми ресурсами, которые и в «мирное» время работали «на удалёнке». Переход на дистанционное обучение для детских коллективов – мера вынужденная и неприятная, так как ничто не заменит живого общения педагогов с учащимися, ребят друг с другом. Сложнее способствовать развитию в детях компетенций, труднее удерживать коллектив. Однако большинству занятий всё-таки можно организовать переход в онлайн и повысить их эффективность за счёт использования современных информационных технологий. Для этого потребуются даже не столько знания в области информационных технологий, сколько сплочённый коллектив педагогов, готовый исследовать новые ресурсы, осваивать новые информационные среды. Именно такой есть в ЮКК.

В мае 2020-го коллектив педагогов ЮКК, проводя обучение «на удалёнке», решил провести для своих обучающихся онлайн квиз на космическую тематику. В течение месяца разрабатывались разные вопросы про космос, астрономию, авиацию, причём не только на знания предметной области, но и на логику, а также знание современной массовой культуры, связанной с космосом. Несколько раз проводилась апробация квиза, формулировки вопросов становились более чёткими. Параллельно разрабатывался дизайн квиза. Конечным итогом стало двухчасовое видео, представляющее собой игру-квиз в 6 раундов:

- Разминка – несложные вопросы на общие знания с вариантами ответов
- Логика – логические задания
- Shazam – вопросы с аудиодорожками
- Мемы – вопросы на знание поп-культуры
- Хардкор – сложные вопросы на логику
- Блиц – вопросы разной степени сложности за короткое время

В каждом раунде на вопросы даётся разное количество времени – от 20 секунд до полутора минут. За правильные ответы коман-

ды получают по одному баллу (два в раунде «Хардкор»), а в раунде «Блиц» существует возможность сделать ставку: так, за правильный ответ со ставкой команда получает два балла, однако если ответ со ставкой неправильный, команда получает минус два балла.

Премьерную игру было решено проводить онлайн. Организация прошла следующим образом: взаимодействие и техническая поддержка с капитанами зарегистрировавшихся команд велась через беседу во «ВКонтакте», ответы принимались через Google Forms, прямая трансляция велась через программу OBS во «ВКонтакте» и YouTube. В этой первой игре приняло участие 11 команд из ребят разных годов обучения, а также выпускников ЮКК.


В начале следующего учебного года в рамках игры-знакомства для вновь пришедших ребят «КосмоКвиз» был повторён в сокращённом виде (4 раунда). А спустя месяц ЮКК выехал на лагерную смену в ЗЦДЮТ «Зеркальный», где провёл ещё две сокращённые игры. Так за достаточно короткое время «КосмоКвиз» стал почти визитной карточкой ЮКК.

Неудивительно, что его завершающими «гастролями» стало перевоплощение городской игры «Космос». В новом обновлённом формате онлайн-квиза игра «Космос» пройдёт в начале апреля, где планируется принять не менее 50 команд со всего Санкт-Петербурга за каждый соревновательный день. За этот достаточно сложный год в ЮКК сумели отточить совершенно новый формат игрового образования, посвящённого космосу, и уверены, что 50 команд в день – это далеко не предел. А пока ЮКК уже начал готовить следующий квиз, ещё более интересный, познавательный и космический.



Эволюция методик просветительской работы на примере космического просвещения в Центре имени В. В. Терешковой

 **Синицын Е. Е.**

 ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр
имени В. В. Терешковой»

Для современного общества характерен процесс цифровизации всех форм социальных взаимодействий. В этом контексте возрастает необходимость трансформации привычных моделей работы учреждений культуры, поскольку их целевая аудитория активно пользуется цифровыми технологиями. Центр имени В. В. Терешковой среди прочих выполняет и просветительскую функцию, и методик её реализации цифровизация коснулась не в меньшей степени.

Прежде всего нужно отметить, что космическую отрасль в нашей стране отличает нахождение на передовой научно-технического прогресса. Именно работники этой сферы первыми взаимодействуют с большинством новейших технологий, в том числе технологий цифровых. Поэтому освещение истории и современности космонавтики так же требует использования актуальных технологий и методик, их постоянного развития.

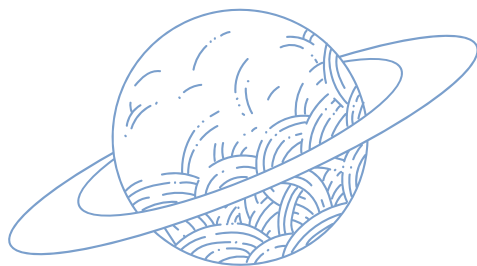
Нетрудно проследить также зависимость такого развития от потребностей аудитории. Основные функции Центра имени В. В. Терешковой как субъекта социально-культурной деятельности – коммуникативная, информационно-просветительская, культуротворческая – предполагают активное взаимодействие с детской и молодёжной аудиторией. В последнее время наблюдается устойчивый рост в потреблении культурных услуг среди младшей и средней возрастной аудитории школьников, среди студентов –

следовательно, учреждениям культуры необходимо смещать фокус на удовлетворение очевидных потребностей этих групп аудитории. В контексте современной цифровой среды к таким потребностям относятся, например, высокий уровень технической оснащённости учреждения, следовательно, и технической реализации производимого контента, активное и корректное использование цифровых технологий, упрощение процесса культурных взаимодействий и т. д.

Одним из самых простых и не требующих весомых финансовых затрат способом цифровизации учреждения культуры является использование технологий дополненной реальности. Например, в нашем экспозиционно-выставочном зале «История космонавтики» к этикетажу экспонатов добавляется QR-код, который легко считывается смартфоном самого клиента, от музея здесь требуются только стабильный wi-fi и достаточное количество контента, скрывающегося за QR-кодом. Этот контент может быть реализован в текстовом, аудио- или видеоформате. Таким образом клиент может получить существенно больше информации, в таком формате стоит реализовывать современные аудиогиды. Но также стоит и соблюдать баланс, потому что дополненная реальность в музее не должна дублировать функции экскурсовода и заменять его.


Говоря о просветительской работе экскурсовода, мы отмечаем, что его роль также прошла эволюцию от простого лектора, лишь зачитывающего заученный текст экскурсии. Безусловно, он должен быть в курсе всех актуальных событий и новостей в отечественной и зарубежной космонавтике, однако очевидно, что подача информации сегодня не менее важна по запросу аудитории, чем её качество: чем лучше и артистичней экскурсовод ведёт повествование, тем глубже аудитория готова проникнуться темой. Экскурсовод должен вовлекать аудиторию в процесс получения новой информации, используя самые разнообразные интерактивные методы, соблюдая верный баланс между лекционным и игровым аспектом.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ
И ПРОСВЕЩЕНИЕ



125 лет «Русскому астрономическому календарю»

 **Пономарев С. М.**

 *Нижегородский государственный научно-исследовательский университет имени Н. И. Лобачевского*

В 2020 году исполнилось 125 лет с момента появления в России астрономического ежегодника с изначальным названием «Русский астрономический календарь» (с 1935 года просто «Астрономический календарь» – АК). Среди российских астрономических ежегодников АК стал самым массовым изданием, известность которого перешагнула границы России.

Астрономические календари (или более точное название – астрономические ежегодники), содержащие эфемериды небесных тел, а также сведения об астрономических явлениях на год или несколько лет вперёд, всегда были необходимы не только в астрономии, но и в навигации, картографии и т. д. Поэтому создание ежегодников всегда было одной из основных задач теоретической астрономии. Имена Птолемея, Улугбека, Региомонтана, Коперника, Кеплера и других были известны не только по их теоретическим исследованиям, но и благодаря новым эфемеридам, которые создавались либо с их непосредственным участием, либо на основе предложенных ими теорий. В зависимости от того, для каких целей создаётся ежегодник, его содержание и точность данных могут быть различными. Встречаются астрономические, морские и авиационные ежегодники. В России первый ежегодник был издан в 1814 году под названием «Морской месяцеслов» (издавался до 1856 года). Он предназначался для обслуживания нужд флота. Первый российский ежегодник для профессиональной астрономии

был издан Государственным вычислительным институтом только в 1921 году [1].

Есть ежегодники, содержание которых сориентировано на запросы любителей астрономии. К ним и относится АК, который изначально именно для них и предназначался. Первый астрономический календарь на 1895 год под редакцией С. В. Щербакова вышел как приложение к журналу «Научное обозрение», издававшемуся в Санкт-Петербурге М. М. Филипповым. В предисловии АК отмечено: «Астрономический календарь, составленный при обществе “Нижегородский кружок любителей физики и астрономии” (НКЛФА) ... имеет своей задачей дать краткое руководство к наблюдениям на 1895 г. для обширного круга любителей Астрономии⁵ ... Издание календаря является первым опытом в России» [2; 3].

Материалы для АК на 1895 год были подготовлены членами НКЛФА. В содержании календаря помимо астрономических сведений на каждый месяц имелись данные постоянного характера и практический отдел, а также список литературы для любителя астрономии.

В дальнейшем было решено продолжить публикацию календаря как самостоятельного издания. Для подготовки материалов было сформировано вычислительное бюро. Рисунок для обложки выполнил нижегородский художник В. А. Ликин, изобразив на ней музу астрономии Уранию на фоне звёздного неба и планету Сатурн – эмблему НКЛФА.

Публикация АК на 1896 год было передана московскому издателю К. И. Тихомирову. В его издательстве вышли АК с 1896 по 1898 год. Уже после первого издания календарь получил широкую известность и был рекомендован «Учёным комитетом Министерства народного просвещения для фундаментальных и ученических библиотек старшего возраста средних учебных заведений» и «Главным Начальником военно-учебных заведений для приобретения в фундаментальные библиотеки Кадетских корпусов и Военных училищ» [4].

В 1898 году правление НКЛФА решило взять издание целиком на себя. Необходимые средства для этого готовы были внести не-

⁵ В цитатах сохранена орфография источников.

которые члены кружка, а типография Г. Н. Казачкова предоставляла льготы по оплате бумаги и работ.

До 1918 года издание «Русского астрономического календаря» не встречало никаких денежных затруднений. Оно не только самокупалось, но и позволило кружку поправить финансовое положение. Кроме того, помимо частных пожертвований на издание кружок получил небольшую сумму от X, XI и XII съездов естествоиспытателей и врачей, а также от педагогических съездов. Но самое высокое удовлетворение кружок получил в 1900 году, когда на Всемирной выставке в Париже АК был отмечен большой серебряной медалью [2; 5]!

С. В. Щербаков оставался редактором АК до 1906 года. Число сотрудников, работавших над календарём, постоянно росло, состав обновлялся. За первое десятилетие издания оно возросло с 6 до 22 человек. В него вошли известные астрономы С. Н. Блажко, Р. Ф. Фогель, В. К. Цераский, С. П. Глазенап.

Учитывая просьбы и пожелания подписчиков календаря, редколлегия расширяет раздел «Успехи астрономии», публикует статьи с изложением методов решения отдельных задач астрономии. Всё это приводит к увеличению объёма АК. Поэтому начиная с 1902 года календарь делится на два выпуска: переменную и постоянную части.

В дальнейшем публикуется только переменная часть АК. Постоянная часть, превратившись в самостоятельный справочник по астрономии, выходила в 1907, 1912, 1930 годах (последнее издание, опубликованное непосредственно НКЛФА), в 1962, 1973 годах; последнее, седьмое издание вышло в 1981 году.

За первую четверть века своего существования «Русский астрономический календарь» получил широкую известность не только среди любителей астрономии, но и у профессиональных астрономов. Тираж 2200 экземпляров расходился практически полностью. АК был рекомендован в качестве учебного пособия средних, военных и технических учебных заведений, использовался штабом русской армии в период Русско-японской войны.

Проблемы с изданием АК начались в период революций 1917 года. С трудом удалось издать юбилейный АК на 1919 год. Не вышли в свет календари на 1920, 1921, 1922 годы.

В 1922 году ситуация изменилась в лучшую сторону. Кружок получил помощь от Нижегородской радиолaborатории. III Всероссийский съезд Ассоциации физиков, проходивший в сентябре 1922 года в Нижнем Новгороде, а ещё ранее I съезд любителей мироведения и II Всесоюзный съезд Советов в своих резолюциях отметили необходимость публикации АК. Было получено извещение от Главнауки за № 6027: «Редакционная Коллегия научной литературы при Академическом Центре Н.К.П. постановила: признать печатание... Календаря – его постоянной и переменной части – крайне важным» [6].

В период с 1923 по 1937 год постоянно совершенствовалось содержание календаря, менялся стиль и число статей в приложениях. Появились статьи зарубежных авторов из Маунт-Вилсоновской, Гарвардской, Лундской и ряда других обсерваторий.

В отзыве Государственного учёного совета от 16 марта 1925 года говорится: «В течение уже 28 лет Календарь является незаменимым пособием для русских наблюдателей и школ. Можно с уверенностью сказать, что издание много способствовало развитию русской науки» [6].

В 1935 году из названия календаря убирается слово «русский», и он приобретает своё современное название «Астрономический календарь».

В 1938-м редактором АК становится профессор К. К. Дубровский. Во время Великой Отечественной войны он вносит в содержание календаря данные, позволяющие эффективнее использовать АК для боевых действий. Большую помощь в этот период оказали А. М. Гжицкий и И. Д. Жонголович (сотрудники Астрономического института АН СССР), снабжая редколлегия материалами из «Астрономического ежегодника». Свои статьи для приложений АК присылали А. А. Михайлов, Д. Я. Мартынов, Н. Н. Парийский, В. В. Шаронов, Н. А. Сытинская и другие.

В 1947 году, отмечая выход 50-го издания АК и указывая на «выдающуюся роль и исключительную энергию и инициативу К. К. Дубровского как редактора Календаря», ЦС Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) признаёт дело ежегодных выпусков календаря «весьма важным для подготовки астрономических кадров нашего социалистического отечества» [8].

В 1952 году ЦС ВАГО принял решение о переносе издания в Москву и заключил договор с Гостехиздатом, в 1953-м образовал новую редакционную коллегию (отв. редактор П. И. Бакулин). В 1980 году ответственным редактором становится М. М. Дагаев, а в 1987-м – Д. Н. Пономарев.

В течение всего «московского» периода структура календаря сохранялась в традиционном стиле, но постоянно вносились изменения и дополнения. Почти половину авторского коллектива составляли члены НКЛФА. Некоторые из них много лет сотрудничали с редколлегией АК (С. М. Пономарев и другие). С момента издания в Москве тираж календаря возрастал и достиг в 1983 году 120 000 экземпляров.

90-е годы XX века стали для АК периодом тяжёлых испытаний. В связи с финансовыми затруднениями издательства «Наука» сократился тираж АК. В конце 1994 года, когда стало ясно, что очередное (юбилейное) издание АК на 1995 год находится под угрозой, авторам было предложено издать календарь в Нижнем Новгороде. На внеочередном заседании правления НКЛФА было принято решение срочно подготовить силами нижегородцев альтернативное издание. Был сформирован авторский коллектив и определена новая структура календаря, значительно отличающаяся от той, что была в московском издании. АК на 1995 год вышел под редакцией С. М. Пономарева [2].

Московский АК 1995 года с некоторым опозданием, но всё же увидел свет. Однако уже в 1996-м нижегородский АК оказался единственным не только для России, но и для большинства стран СНГ. Впервые он был издан в полноцветной обложке, с изображением одного из первых АК 1896 года. Так начался второй нижегородский период издания АК.


Московское издание АК (с 2002 года оно перестало быть московским, а стало петербургским) также продолжало выходить (до 2012 г.). Таким образом, в России стали выходить два самостоятельных издания АК. Оба они берут своё начало от «Русского астрономического календаря» НКЛФА, продолжая его более чем вековую историю.

Список литературы

1. *Гжицкий А. М.* *Астрономический ежегодник СССР // Бюллетень Института теоретической астрономии.* 1953. Т. V, № 8 (71). С. 476.
2. *Пономарев С. М.* *100-летие Астрономического календаря // Астрономический календарь на 1995 г. – М.: Наука, 1994. С. 128–132.*
3. *Русский астрономический календарь на 1895 годъ, под ред. С. В. Щербатова. – С.-Петербург: Паровая скоропечатня А. Пороховщикова, 1895. 97 с.*
4. *Русский астрономический календарь на 1898 г. – Москва: Издание К. И. Тихомирова, 1898. 200 с.*
5. *Русский астрономический календарь на 1819 г. – Нижний Новгород: Типо-литография «Нижегор. Печатн. Дело», 1819. 128 с.*
6. *Русский астрономический календарь на 1923 г. – Нижний Новгород: Нижполиграф, 1923. 140 с.*
7. *Русский астрономический календарь на 1933 г. – Горький: Горьковское краевое издательство, 1933. 256 с.*
8. *Астрономический календарь на 1948 г. – Горький: Горьковское областное издательство, 1948. 232 с.*

Иновационная деятельность планетария

 **Тихомирова Е. Н.**

 ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»

Естественнонаучное образование и просвещение отвечает за формирование научного мировоззрения и критического мышления, единой научной картины мира в сознании молодёжи. Важную роль в становлении и развитии этих процессов играют учреждения дополнительного образования. Стремительные изменения в обществе в связи с глобальными процессами цифровизации создают предпосылки для разработки новых методов и подходов в образовательной и просветительской деятельности. Особое внимание, по мнению автора, необходимо уделять формированию естественнонаучных астрономических представлений младших школьников.

Нестандартные формы образовательной и просветительской деятельности могут создаваться и развиваться путем реализации сотрудничества с другими учреждениями культуры и образования. Одной из современных технологий интерактивного обучения является квест. Например, урок в виде квест-игры позволяет уйти от традиционных форм образовательного процесса и значительно повышает эффективность восприятия информации.

Центр имени В. В.Терешковой стал одним из разработчиков и площадкой проведения уникального регионального квеста – путешествия «От школьной тропинки к звёздам», приуроченного ко дню рождения первой женщины-космонавта, Героя Советского Союза Валентины Владимировны Терешковой [1]. Командам – «экипажам», сформированным из учащихся среднего звена школ города Ярославля, предстояло пройти маршрутом становления Валентины Владимировны как профессионала, патриота, гражданина, достойного уважения и подражания сильного, доброго и мужествен-

ного человека. В течение дня их маршрут проходил через среднюю школу № 32 г. Ярославля имени В. В. Терешковой, музей «Космос» в посёлке Никульское, Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой. На разных этапах ребят ожидали экскурсии «Валентина Терешкова – путь к звёздам», интеллектуальная игра «48 витков вокруг Земли», экскурсия «Всему начало здесь», спортивные «космические» соревнования, мастер-класс с подвижной картой звёздного неба «Астрономическая навигация». Итоги прохождения незабываемых этапов квеста каждый «экипаж» фиксировал в специально разработанном бортовом журнале.

Подготовленный и проведённый в тесном сотрудничестве со средней школой № 32 г. Ярославля и музеем «Космос» квест-путешествие продемонстрировал действенную форму организации работы с молодёжью. В своих бортовых журналах ребята отразили живой интерес к изучению астрономии, космонавтики, рассказали о своих мечтах, о новых открытиях в естественнонаучной сфере, о стремлении к здоровому образу жизни на ярком личном примере нашей удивительной Чайки. Такая серьёзная и познавательная игра, помимо решения образовательных и развивающих задач, несомненно, реализует воспитательную функцию, способствует развитию чувства коллективизма, взаимовыручки, умения работать в команде.

Другим интересным направлением сотрудничества стал проект «Космос и культура» – цикл онлайн-лекций Центра-Музея имени Н. К. Рериха в Ярославском планетарии Центра имени В. В. Терешковой, посвящённый русскому космизму [2]. В рамках данных форм работы раскрывалась другая грань содержания просветительской деятельности – философия космической реальности, этическая основа космической эволюции. Кроме того, в условиях ограничений очных мероприятий в связи со сложной эпидемиологической ситуацией коллективом Центра имени В. В. Терешковой активно отработывались актуальные цифровые технологии: дистанционные формы работы, онлайн-лекции, позволяющие приобщить к мероприятиям и обеспечить большой охват различных возрастных и социокультурных кластеров населения.

В апреле в рамках федерального проекта «Живые уроки» 2020 года был объявлен конкурс экскурсионных образовательных

маршрутов. Главной целью проекта стало создание базы образовательных, профорientационных, патриотических маршрутов для школьников во всех регионах России на основе территориальных туристских ресурсов, а также систематизация экскурсионных и образовательных маршрутов для школьников по темам учебных программ, предметам и классам [3].

Творческий коллектив Центра имени В. В. Терешковой разработал уникальную образовательную видеозаписку «Россия – родина космонавтики» для младших школьников. В экскурсии в оригинальной форме прослеживалось освоение космоса человеком, становление отечественной космонавтики и даже демонстрировался особый взгляд в будущее космонавтики. Подобный формат был реализован в учреждении впервые, кроме того, интерактивная онлайн-викторина стала важным диагностическим этапом видеозаписки. Образовательная видеозаписку «Россия – родина космонавтики» была отмечена первым местом конкурса в номинации «Лучшая образовательная видеозаписку».

Ежегодно в мае в рамках Международного дня музеев проходит международная акция «Ночь музеев». Особенностью мероприятий всегда становятся необычные форматы и нетрадиционное время работы музеев – ночное. В 2020 году ограничительные меры на проведение массовых мероприятий поставили музеи в особые рамки. На базе экспозиционно-выставочного зала «История космонавтики» Центра имени В. В. Терешковой не было возможности реализовать традиционные ночные мероприятия, поэтому творческим коллективом было принято решение создать короткометражный научно-популярный фильм «Символы Вселенной». Несколько эпох представили своих героев, учёных, которые совершили научную революцию и коренным образом повлияли на восприятие Вселенной человеком. Фильм выложен на официальном сайте и в социальных сетях учреждения, его аудитория продемонстрировала неподдельный интерес.

Инновационная деятельность планетария способствует повышению эффективности просветительской деятельности через пробуждение заинтересованности у детей к новым методам и подходам, а также через приобщение к мероприятиям большего охвата различных возрастных и социокультурных кластеров населения.

Список литературы

1. Пост-релиз квест-путешествия «От школьной тропинки – к звёздам». Режим доступа: <http://yarplaneta.ru/news/2020-03/news940.html> (дата обращения: 1.03.2021).
2. Космос и культура! Режим доступа: <http://yarplaneta.ru/news/2020-06/news1015.html> (дата обращения: 1.03.2021).
3. Итоги конкурса экскурсионных образовательных маршрутов «Живые уроки». Режим доступа: <http://www.zhivye-uroki.ru> (дата обращения: 1.03.2021).

Современный подход в обучении решению астрономических задач

 **Никонова Т. А.**

 *Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского*

Наука в наши дни шагнула очень далеко, почему бы не использовать эту возможность в образовании? В современном мире многие технологии можно использовать в образовательном процессе, при этом получение новых знаний становится интерактивным и более увлекательным.

Основная проблема заключается в том, что у многих учителей нет возможности использовать новые технологии в той мере, в которой необходимо. Некоторые не знают, как правильно и рационально использовать эти технологии в образовательной деятельности.

На конкретном примере рассмотрим, как можно использовать новые информационные технологии в образовательной деятельности при решении астрономических задач. Познакомимся с современными подходами изучения данного предмета и тем, как заинтересовать учеников для дальнейшего его понимания.

Для того чтобы ответить на вопрос, как повысить интерес у современных учеников к образовательной деятельности, необходимо понять, что их интересует в обычной жизни. По данным Росстата, 79% школьников сидят в Интернете, и только небольшая часть этих подростков использует Интернет для самообразования. Так почему бы не использовать эту увлечённость в образовательной деятельности? Существует множество интернет-ресурсов и программ для улучшения и стимулирования образовательной деятельности учащихся.

Также для образовательных учреждений существует ряд программ для развития образования. Например, Государственная программа «Развитие образования», которая нацелена на всестороннее развитие образования: финансирование проектов, связанных с улучшением образовательной деятельности учащихся, обеспечение образования для учеников с ограниченными возможностями здоровья и т. д. «Школа цифрового века» – уникальный проект, позволяющий педагогам в течение учебного года получать методическую поддержку по всем сферам школьной жизни и т. д.

Возникают вопросы: как использовать Интернет для улучшения образования; есть ли возможность развивать образовательную деятельность с использованием информационных технологий в рамках образовательных программ?

Во-первых, для использования Интернета необходимо мощное и быстрое сетевое подключение школьного оборудования. Данная сеть способствует быстрому поиску информации, учебников, видеороликов и т. д.

В современном мире социальные сети являются неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Одними из распространённых сетей являются TikTok, Telegram, «ВКонтакте», Facebook и другие. Существует множество программ для образовательной деятельности: например, GeoGebra – приложение для построения графиков и математических расчётов, Stellarium – онлайн-планетарий для астрономических наблюдений и решения астрономических задач. Известна масса образовательных программ, которые способствуют развитию коммуникационных способностей учеников.

Так почему бы не объединить социальные сети и образовательные приложения? При помощи сети TikTok можно создавать короткие образовательные видео для повышения интереса учащихся, также видео могут содержать разбор некоторых задач для улучшения понимания материала. Интерактивные приложения способствуют вовлечению учеников в образовательный процесс, с их помощью они самостоятельно могут изучить новый материал, а учитель является наставником.

В школы введена проектная деятельность, в рамках которой тоже можно решать астрономические задачи, используя интерактивные приложения и интернет-ресурсы.

Таким образом, на наш взгляд, компьютеризация образовательной деятельности и государственная поддержка помогут в организации эффективного образовательного процесса как на этапе повышения мотивации к обучению учащихся, так и на этапе получения и закрепления новых знаний.

Список литературы

1. Российская федерация. Законы. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования»: постановление Правительства РФ от 26.12.2017 г. № 1642.
2. Григорьев И. С. 25 способов улучшить качество образования / И. С. Григорьев // Про_ДОД. 2018. Режим доступа: <https://prodod.moscow/archives/10271> (дата обращения: 24.02.2021).
3. Центр стратегических разработок. Двенадцать решений для нового образования // Москва. 2018. Режим доступа: https://www.hse.ru/data/2018/04/04/1164616802/Доклад_образование.pdf (дата обращения: 24.02.2021).
4. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 23.02.2021).

«Астрономические уроки» в планетарии Детского космического центра

 **Соловьёв С. В.**

 КОГБУК «Музей К. Э. Циолковского, авиации и космонавтики»

В 2018/2019 году в планетарии Детского космического центра имени В. П. Савиных (подразделение Музея К. Э. Циолковского, авиации и космонавтики) совместно с Центром повышения квалификации работников образования города Кирова, Институтом развития образования Кировской области и преподавателями астрономии учебных заведений города была организована деятельность астрономической педагогической лаборатории. Лаборатория разработала цикл уроков-лекций, которые проходят в планетарии и включают в себя полнокупольную программу и научно-популярный сферический фильм. Таким образом, решается задача интеграции планетария в систему преподавания астрономии в школе как необходимого средства обучения.

Принимая решение об участии в данном проекте, коллектив планетария исходил из технических возможностей оборудования (астросимулятор фирмы R.S.A. Cosmos – Sky Explorer, проекторы фирмы Barco – BarcoSIM7, демонстрационный зал на 50 мест). Разработкой программ занимались 10 человек: два сотрудника планетария (инженер-электронщик и методист), а также восемь членов творческой лаборатории – учителя городских школ. Работа включала несколько этапов:

1. На предварительном этапе проводились регулярные встречи рабочей группы в здании музея. На них обсуждалась общая концепция лекционного цикла, его структура, содержательное наполнение и предполагаемый визуальный ряд.

2. Подготовка учителями методических рекомендаций по выбранным четырём темам (два человека на тему) в соответствии с составленным календарным планом.
3. На основе методических рекомендаций нами разрабатывались тексты лекций. Параллельно осуществлялся подбор и обработка иллюстративного материала, которым планировалось дополнить базу данных компьютера (фотографии, рисунки, схемы, диаграммы).
4. Инженер-электронщик планетария производил загрузку фото- и видеоматериалов с последующим расположением их на куполе. Он также задавал необходимые анимации на базе математических моделей программы Sky Explorer.
5. Непосредственно в планетарии осуществлялась компоновка видеоряда и его синхронизация с текстом лекций. На завершающей стадии этой работы выбирался оптимальный вариант каждой отдельной сцены (размер изображения, его угловая высота, ракурс, яркость и цветовая насыщенность, содержание и размер поясняющего текста и т. д.).
6. Контрольная демонстрация лекционной программы всем членам рабочей группы, обсуждение, учёт замечаний и внесение коррективов.
7. Последним этапом было утверждение готового варианта программы и сопутствующего фильма.

В окончательном виде лекционные программы были выстроены по маршрутным картам (20–25 сцен) и по следующим планам.

ЛЕКЦИЯ № 1. «ЗВЁЗДНОЕ НЕБО». (СОЗВЕЗДИЯ)

1. Введение. Из истории астрономических наблюдений (древние обсерватории и угломерные приборы. Понятие небесной сферы и астрономические системы координат).
2. Понятие видимой звёздной величины (шкала видимых звёздных величин. Наиболее яркие звёзды неба).
3. Понятие созвездия в астрономии (правила обозначения звёзд в созвездиях. Границы созвездий Северного полуша-

- рия неба. Границы созвездий Южного полушария неба. Созвездия и античная мифология).
4. Изменение вида ночного неба в течение года (околополярные созвездия. Летне-осенние созвездия. Зимние созвездия. Весенние созвездия).
 5. Плоскость эклиптики и двенадцать зодиакальных созвездий.

ЛЕКЦИЯ № 2. «ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ ЗВЁЗД НА РАЗЛИЧНЫХ ШИРОТАХ»

1. Явление суточного вращения неба (движение звёзд в Северной полусфере. Движение звёзд в Южной полусфере).
2. Основные точки, линии и плоскости небесной сферы.
3. Горизонтальная система координат (отвесная линия, зенит и надир, стороны света, истинный горизонт, небесный меридиан, альмукантарат (круг высоты)).
4. Экваториальная система координат (ось мира, Северный и Южный полюс мира, небесный экватор, круг склонения светила, суточная параллель светила, полуденная линия).
5. Движение звёздного неба на различных широтах (движение звёзд на полюсах Земли. Северный и Южный полярный круг. Полярный день и полярная ночь. Суточное движение звёзд на экваторе. Суточное движение звёзд в средних широтах).
6. Условия восхода и захода звёзд (восходящие и заходящие, незаходящие, невосходящие звёзды). Явление кульминации светил (верхняя и нижняя кульминации).
7. Высота полюса мира над горизонтом и определение географической широты.

ЛЕКЦИЯ № 3. «МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ»

1. Введение. Классификация малых тел Солнечной системы.
2. Карликовые планеты и астероиды (главный пояс астероидов. Пояс Койпера и транснептуновые объекты. Астероидная опасность для Земли).

3. Метеороиды и метеориты (движение метеорных тел в земной атмосфере. Метеоры и болиды. Астроблемы (метеоритные кратеры). Классификация метеоритов и их химический состав).
4. Кометы и метеорные потоки (орбиты комет и проблема их происхождения. Облако Оорта. Строение комет и их химический состав. Известные периодические кометы).
5. Метеоры и метеорные потоки.


ЛЕКЦИЯ № 4. «АСТРОФИЗИКА». (МИР ЗВЁЗД)

1. Рождение звёзд (молекулярные облака галактик и длина Джинса. Стадии формирования звезды).
2. Физические характеристики звёзд (температура и спектральная классификация звёзд. Размеры, масса, плотность, светимость звёзд. Определение массы звёзд в двойных системах).
3. Взаимосвязь физических характеристик звёзд (диаграмма «масса – светимость» и время жизни звёзд. Диаграмма «спектр – светимость» и её последовательности (главная, гиганты, сверхгиганты, белые карлики)).
4. Источники энергии звёзд и их эволюция (термоядерный синтез: водородный и углеродный циклы. Эволюция звёзд малой массы. Предел Чандрасекара. Эволюция звёзд большой массы. Предел Оппенгеймера – Волкова).

Таким образом, итогом совместной работы специалистов планетария и творческой группы учителей астрономии стал цикл из четырёх уроков – лекций, разработанных в соответствии с программой средних образовательных учебных учреждений. Цикл прошёл успешную апробацию в 2019/2020 и 2020/2021 учебных годах. Лекции в планетарии посетили учащиеся Вятской гуманитарной гимназии, Вятской православной гимназии, других школ города Кирова и близлежащих районов.

Организация астрономического образования в школах в сетевом формате

 **Фомичев Н. И.**

 **Ярославский государственный университет
имени П. Г. Демидова**

Несколько лет назад учебная дисциплина «Астрономия» вернулась в программы средней образовательной школы. Многие школьники и учителя считают, что дисциплина является сугубо теоретической, описательной и скучной для изучения.

За время отсутствия в школьной программе астрономии произошли огромные изменения в уровне развития телекоммуникационных технологий. Современные вычислительные средства и средства связи позволяют внести существенные дополнения в технологии преподавания дисциплины, значительно расширить круг задач, решаемых на уроках астрономии.

Появилось значительное количество программных продуктов, с лицензией freeware, на персональных компьютерах и гаджетах, что даёт возможность ученикам решать задачи по ориентации на небесной сфере, определению координат объектов, их характеристик. В качестве примера успешной реализации такого продукта модно назвать программу-планетарий Stellarium (<http://stellarium.org/>). Программа позволяет не только решать вышеуказанные задачи, но и реалистично наблюдать звёздное небо из произвольной точки на поверхности Земли.

Программа «Виртуальный атлас Луны» (<https://sourceforge.net/projects/virtualmoon/>) позволит ознакомить учеников с топологией поверхности, изменением условий освещённости, особенностями строения лунного грунта, решить ряд других вопросов, связанных с изучением соответствующего раздела программы.

Развитие телекоммуникационных технологий делает возможным проведение практических наблюдений тех или иных астрономических явлений в рамках учебного процесса. Это обусловлено тем, что стала доступна работа с астрономическим оборудованием в режиме дистанционного доступа. Примером является сеть роботизированных телескопов Микробсерватории Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики (<https://mo-www.cfa.harvard.edu/OWN/index.html>).

Ученик, с использованием средств интернет-доступа, подключается к этим телескопам и самостоятельно получает изображения большого количества небесных объектов.

Для дополнительной и кружковой работы со школьниками и студентами на ресурсе возможно подключение к программе поиска экзопланет (<https://www.cfa.harvard.edu/smgphp/otherworlds/ExoLab/>).


Использование ресурсов Интернета даёт возможность школьникам наблюдать многие астрономические явления независимо от погодных условий или местоположения наблюдаемого явления. Например, в декабре 2020 года в Западном полушарии наблюдалось явление полного солнечного затмения. Используя трансляцию мероприятия, организованную Московским планетарием, ученики в режиме реального времени имели возможность наблюдать за ходом затмения.

Использование открытых баз данных, формируемых астрономическими учреждениями в мире, даёт возможность организовать исследовательскую работу школьников и студентов.

Таким образом, активное использование средств компьютерной техники и средств дистанционного доступа позволяет значительно повысить интерес обучаемых к изучению дисциплины «Астрономия» и качество их подготовки.

Проектная деятельность как средство формирования научного мировоззрения у учащихся

 **Кравец З. И.**

 *МОУ Константиновская средняя школа
Тутаевского муниципального района*

Деятельность – единственный путь к знанию.

Бернард Шоу

116 Ежедневно в окружающей нас информационной среде нам говорят о реализации разных проектов в обществе: коммерческих, экологических, научных, технических и т. п. Но мало кто из нас задумывается, как сделать такой проект. Где учат этому? Конечно же, учат в школе!

Стандарт среднего (полного) общего образования по астрономии на базовом уровне предполагает изучение предмета с достижением нескольких целей, одной из которых является формирование научного мировоззрения у обучающихся [1; 2; 3]. Достижение этой цели начинается с получения астрономических знаний на уроках по окружающему миру в начальной школе, с изучением физики и химии в основной школе. Одним из эффективных методов обучения, позволяющих достичь эту цель в старшей школе, является проектная деятельность, осуществляемая учащимися на всех уровнях общего образования.

В требованиях ФГОС содержится следующее [3]:

- «В процессе <...> освоения основной образовательной программы начального общего образования должны использоваться разнообразные методы и формы, взаимно до-

полняющие друг друга (стандартизированные письменные и устные работы, проекты, практические работы, творческие работы, самоанализ и самооценка, наблюдения и др.)» (ФГОС НОО, п. 19.9).

- «Программа развития универсальных учебных действий должна быть направлена на: <...> формирование у обучающихся основ культуры исследовательской и проектной деятельности и навыков разработки, реализации и общественной презентации обучающимися результатов исследования, предметного или межпредметного учебного проекта, направленного на решение научной, лично и (или) социально значимой проблемы» (ФГОС ООО, п. 18.2.1).
- «Программа развития универсальных учебных действий на ступени среднего (полного) общего образования <...> должна быть направлена на <...> формирование у обучающихся системных представлений и опыта применения методов, технологий и форм организации проектной и учебно-исследовательской деятельности для достижения практико-ориентированных результатов образования» (ФГОС СОО, п. 18.2.1).

Для ученика проект – это возможность максимального раскрытия своего творческого потенциала. Это деятельность, которая позволяет проявить себя индивидуально или в группе, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу, показать публично достигнутый результат. Это деятельность, направленная на решение интересной проблемы, сформулированной самими учащимися. Результат этой деятельности – найденный способ решения проблемы – носит практический характер, имеет прикладное значение и значим для самих открывателей.

Для учителя учебный проект – это дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет вырабатывать и развивать умения и навыки проектирования (проблематизация, целеполагание, планирование деятельности, рефлексия и самоанализ, презентация и самопрезентация, а также поиск информации, практическое применение академических знаний, самообучение, исследовательская и творческая деятельность).

Обучение школьников проектной деятельности может осуществляться в рамках различных общеобразовательных дисциплин.

Вместе со своими учащимися мы делаем проекты по астрономии. Как показала практика, у детей очень большой интерес вызывает данная наука. И это несмотря на то, что очень мало астрономические понятия изучаются в начальной и основной школах, всего три года назад учебный предмет «Астрономия» вернулся в старшую школу.

Из всех имеющихся видов проектов (исследовательских, игровых, информационных, творческих) мои учащиеся успешно освоили информационные проекты. Именно они позволяют больше всего получить знаний об окружающем мире из научных литературных источников и, как следствие, осознавать принципиальную роль астрономии в познании фундаментальных законов природы и формировании современной естественнонаучной картины мира [1].

Проект «Наш адрес во Вселенной» позволил Кириллу Дьяконову определить основные астрономические объекты, относящиеся к местоположению планеты Земля во Вселенной, узнать интересную и новую для себя информацию о планетах земной группы, о Солнечной системе, о галактике Млечный Путь и рукаве Ориона, о сверхскоплении Девы, о Ланиакаде, а также установить наш «космический адрес» во Вселенной.

Работа над проектом «Солнечный ветер: явление в Солнечной системе и его влияние на Землю» помогла Анастасии Горячевой узнать, как связаны между собой радиация и солнечный ветер, упрочить свои знания по физике, разобраться в причинно-следственных связях влияния Солнца на человека и всё живое на Земле.

В проекте «Хвостатые странницы Вселенной» Кирилл Дьяконов систематизировал все сведения, которые на сегодня известны о кометах, привёл интересные исторические факты, рассказал о космических миссиях к ним и описал последние научные открытия, сделанные по химическому составу, физическим характеристикам этих небесных тел.

Проект «Земные странники Вселенной» – работа, в которой Рафаэль Галочкин рассказывает о миссии «Вояджера-1» и «Вояджера-2». Увиденный на одном из занятий по астрономии фильм о пу-

Наш адрес во Вселенной

Открылась первая звезда, звезда чести лет, первые дни
М.М. Ломоносов, Николай русский учитель

Представьте, что вы стоите на краю Вселенной и в этот момент как никогда близка звезда. Сможет ли вы увидеть ее? Конечно, если вы сможете увидеть звезду, но вы не сможете увидеть звезду, которую вы видите. Если вы видите звезду, то вы не можете увидеть звезду, которую вы видите. Если вы видите звезду, то вы не можете увидеть звезду, которую вы видите.

Пункт отправления первый: Планета Земля



Земля – это планета, расположенная в Солнечной системе, третья по размеру и по массе. Она является единственной планетой в Солнечной системе, на которой существует жизнь. Земля имеет среднюю температуру 15°C, что делает ее пригодной для жизни. Земля имеет атмосферу, состоящую из азота, кислорода и других газов. Земля имеет гидросферу, состоящую из океанов, морей, рек и озер. Земля имеет литосферу, состоящую из гор, холмов, долин и равнин. Земля имеет биосферу, состоящую из растений, животных и человека.

Пункт отправления второй: Планеты Земной группы



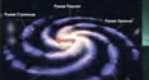
Планеты Меркурий, Венера, Земля и Марс – это планеты земной группы. Они имеют твердые поверхности и небольшие размеры. Меркурий – самая маленькая планета в Солнечной системе. Венера – самая горячая планета в Солнечной системе. Земля – единственная планета в Солнечной системе, на которой существует жизнь. Марс – самая холодная планета в Солнечной системе.

Пункт отправления третий: Солнечная система



Солнечная система – это система, состоящая из Солнца и планет, которые вращаются вокруг него. Солнечная система включает в себя Солнце, восемь планет, их спутники, астероиды, кометы и метеориты. Солнечная система является частью Галактики Андромеды.

Пункт отправления четвертый: Месяцы Путь и рукав Ориона



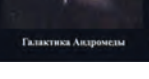
Месяцы Путь и рукав Ориона – это две из многих звездных систем в Галактике Андромеды. Месяцы Путь – это цепочка звезд, которая простирается на протяжении всей Галактики. Рукав Ориона – это рукав звезд, который простирается от центра Галактики к ее краям.

Пункт отправления пятый: Местная группа галактик



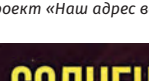
Местная группа галактик – это группа из нескольких галактик, которые находятся вблизи друг друга. Местная группа галактик включает в себя Галактику Андромеды, Галактику Млечный Путь и другие галактики.

Пункт отправления шестой: Сверхскопление Девы



Сверхскопление Девы – это скопление из нескольких групп галактик, которые находятся вблизи друг друга. Сверхскопление Девы включает в себя Местную группу галактик и другие группы галактик.

Пункт отправления седьмой: Ланиакей

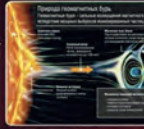


Ланиакей – это суперскопление из нескольких групп галактик, которые находятся вблизи друг друга. Ланиакей включает в себя Сверхскопление Девы и другие суперскопления галактик.

Проект «Наш адрес во Вселенной»

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР: ЯВЛЕНИЕ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И ВЛИЯНИЕ НА ЗЕМЛЮ

Представьте, что вы увеличиваете силу дутья в проигрывателе ветра. Скорость ветра резко возрастает. В связи с этим возникают порывы в работе радио, мобильной связи и интернета. В США возникает проблема электрической энергии в штате. Так происходит смена ветра, при этом от ветра А до В и наоборот. В США возникает проблема электрической энергии в штате. Так происходит смена ветра, при этом от ветра А до В и наоборот. В США возникает проблема электрической энергии в штате. Так происходит смена ветра, при этом от ветра А до В и наоборот.



СОЛНЕЧНЫЕ ВЕТЕРЫ

ЧУВСТВУЕТ ЛИ ЧЕЛОВЕК СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР?

ГДЕ СТОИКАТ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР?

ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ СОЛНЦА

Коронарный дык на Солнце

КОРОНАЛЬНЫЕ ДЫРКИ НА СОЛНЦЕ

Полупроводниковый датчик

ЧТО ТАКОЕ ПОДРОБНОЕ СЧИТЫВАНИЕ?

ЗАДАЧА PARKER SOLAR PROBE

Зонд «Юпитер»

Проект «Солнечный ветер: явление в Солнечной системе и его влияние на Землю»



Проект «Моя прогулка по звёздному небу». Рисунки Ксении Бобровой



Проект «Астрофотография, или Я снимаю небо»

тешествии этих космических зондов настолько впечатлил ученика, что вопроса с выбором темы проекта не было. Учащийся захотел узнать о зондах всё. И это у него получилось!

Работать над проектом «Моя прогулка по звёздному небу» было особенно интересно ученице пятого класса Ксении Бобровой. Ведь она сама определилась с темой, очень много получила новой для себя информации о звёздах, туманностях, галактиках, которые находятся в тех созвездиях, рисунки которых она выполнила в качестве итогового продукта.

Проект «Астрофотография, или Я снимаю небо» и для ученика 9 класса Никиты Чекмарева, и для меня как учителя особенный. Всё было ново! Участие в VII Региональном детском творческом конкурсе фотографий «Небо и Земля» в октябре 2020 года, заслуженная победа в номинации «Земля и звёзды» подтолкнули ученика к серьёзной работе над проектом по астрофотографии. История астрофотографии, изучение необходимого оборудования и, конечно же, само фотографирование звёздного неба будут хорошим началом для дальнейшего серьёзного изучения астрономии.

«Всё о космическом питании» – проект 2021 года ученицы шестого класса Натальи Тарасенко. Собран интересный материал об особенностях космической еды, получено 8-дневное меню с российского модуля МКС, предоставленное космонавтом Роскосмоса Иваном Вагнером, а также его видеоролик «Ужин на МКС».

«Наш звёздный дом – Млечный Путь» – тоже проект 2021 года. Шестиклассник Александр Ионин собрал в нём много материала о нашей Галактике.

Найти и обработать нужную информацию, сформулировать цель и задачи, определить методы работы и выдать итоговый продукт – вот то, что должен сделать учащийся.

На образовательных сайтах в Интернете очень много разных готовых проектов. На мой взгляд, важно найти ту форму изложения полученной информации, которая будет проста, удобна для учащихся. Главной моей задачей всегда является создание высокой мотивации у учащегося к самостоятельной деятельности через нахождение интересной, актуальной и значимой темы проекта, формирование навыков работы с персональным компьютером, развитие творческого подхода к изложению материала. При вы-

полнении проектов школьники учатся проводить опросы, обрабатывать их и оформлять результаты в виде графиков, диаграмм.

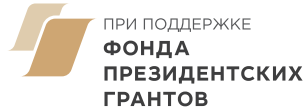
Каждый из выполненных проектов является хорошим дополнением к классическому образованию учащегося. Представление проектов на конференциях, конкурсах, успешная защита в школе учит детей публичным выступлениям с целью презентации результата своей работы (итогового продукта) и самопрезентации собственной компетентности, учит гордиться своими результатами. Умение кратко и убедительно рассказать о себе и своей работе очень востребовано в современном обществе.

С 2018 года мои ученики ежегодно участвуют со своими проектами и получают дипломы II, III степеней на Межрегиональной конференции «Дорога к звёздам», проводимой Культурно-просветительским центром имени В. В. Терешковой.

В феврале 2021 года приняты к печати в журнал «Физика для школьников» № 2 в раздел «Моё портфолио» два проекта моих учащихся. А обложку этого журнала украсит фото самых активных и успешных моих учеников.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 7 июня 2017 г. № 506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, утверждённый приказом Министерства образования Российской Федерации от 5 марта 2004 г. № 1089» // СПС Гарант. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71597416/> (дата обращения: 1.03.2021).
2. Приложение. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413). С изменениями и дополнениями от: 29 декабря 2014 г., 31 декабря 2015 г., 29 июня 2017 г. // СПС Гарант. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70188902> (дата обращения: 1.03.2021).
3. Проектная и исследовательская деятельность школьников в контексте требований ФГОС. Режим доступа: <https://rosuchebnik.ru/upload/iblock/733> (дата обращения: 1.03.2021).



Ассоциация планетариев
представляет

Инновационное образовательное
мультимедиа-пособие
с методическими рекомендациями
«Солнце и жизнь Земли»

Заявка №: 20-2-022239

Москва, 2021

Пособие для учителя и лектора планетария

Методическое пособие (рекомендации)
к инновационному образовательному
мультимедиа-пособию
«Солнце и жизнь Земли»



124

ЗАЧЕМ НУЖНА ЭТА ПРОГРАММА?

Учебная (полнокупольная и планарная) программа «Солнце жизнь Земли» создана Ассоциацией планетариев и лиц, содействующих их развитию, при поддержке Фонда президентских грантов в 2021 году. Как известно, в 2017 году приказом министра образования и науки РФ были внесены изменения в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования. В соответствии с этими изменениями в российской школе был восстановлен отдельный учебный предмет «Астрономия», утверждено его содержание.

В концепции преподавания учебного предмета «Астрономия» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы, утверждённой коллегией Министерства просвещения РФ (протокол от 3 декабря 2019 г., № ПК-4вн) сказано: «...должна быть обеспечена государ-

ственная поддержка развёртыванию всероссийской сети планетариев для организаций общего образования, подготовка специалистов, создание полнокупольного контента для планетариев и систем визуальной реальности, создание учебных, научно-популярных и художественных фильмов по астрономии и космонавтике, отражающих (помимо прочего) отечественный вклад в мировую науку».

Исходя из этих положений, творческий коллектив из Москвы, Иркутска, Калуги, Санкт-Петербурга, Уфы и Ярославля создал учебную программу «Солнце и жизнь Земли» в полнокупольном и планарном вариантах. Её содержание соответствует разделу учебного стандарта, посвящённому Солнцу.

Программа носит учебный характер и может быть использована для изучения курса «Астрономия» школьниками 10 и 11 классов. Ряд положений, изложенных в учебнике, визуализирован в программе, что позволяет воспринять, усвоить и запомнить предлагаемый материал. В то же время программа может использоваться для системы дополнительного образования (астрономических кружков), а также для популяризации астрономических знаний как научно-популярный фильм.

Согласно плану творческого коллектива, должна быть подготовлена серия учебных полнокупольных и планарных программ, которыми предполагается «покрыть» все основные темы школьного курса астрономии (звёзды, Солнце и его влияние на Землю, Солнечная система, малые тела Солнечной системы, большая Вселенная (крупномасштабная структура Вселенной и элементы космологии)). Такой полнокупольный видеокурс, который можно пройти либо в планетариях, либо с помощью устройств виртуальной реальности, не является заменой урочной системе в школе, но дополняет и закрепляет знания, даваемые учителем, с использованием образного (прежде всего визуального) восприятия учащихся. Предполагается, что в городах, где есть планетарии, школьники получают возможность 4–5 раз в течение учебного года просмотреть соответствующие программы по ключевым темам учебного курса. Используя полнокупольные программы как учебный материал, учитель получает возможность давать соответствующие задания перед просмотром программы, чтобы мотивировать школьников внимательно смотреть фильм во время показа.

Показ программы позволяет давать параграфы учебника, посвящённые Солнцу, на самостоятельное изучение, имея в виду, что образное восприятие материала (особенно понятия «солнечные пятна», «протуберанцы», «солнечные вспышки», «солнечные факелы») невозможно адекватно усвоить без наглядного визуального восприятия.

О ЧЁМ ЭТА ПРОГРАММА?

В соответствии с новым вариантом стандарта, российский школьник должен знать следующие понятия, касающиеся темы «Солнце»: строение Солнца, солнечная атмосфера; проявления солнечной активности: пятна, вспышки, протуберанцы; цикличность солнечной активности; солнечно-земные связи. Кроме того, школьники должны быть осведомлены (в процессе получения дополнительного материала) о роли магнитных полей на Солнце.

Все эти темы представлены в полнокупольной программе «Солнце и жизнь Земли», в её планарном варианте, а также в настоящем пособии. Здесь кратко показано, что представляет собой Солнце как небесное тело, и как Солнце воздействует на Землю и земные процессы.

В программе отмечено, что люди всегда воспринимали Солнце как источник света и тепла, во многих культурах к Солнцу относились как к божеству. Физическая сущность Солнца стала понятна сравнительно недавно, если принять во внимание возраст человечества. Химический состав Солнца стал известен только в середине XIX века благодаря изобретению спектрального анализа, обнаружить источник энергии Солнца (термоядерные реакции) удалось только в середине XX века. В программе приведены исторические гипотезы, которые предлагались ранее для объяснения факта свечения Солнца.

В программе показаны основные параметры светила – размеры, температура в ядре на поверхности, указан механизм происхождения Солнца. Проиллюстрированы процессы ядерного синтеза, происходящие в ядре Солнца под воздействием высокого давления и температуры, показано, как энергия в виде электромагнитного излучения просачивается сквозь толщу солнечного вещества

к поверхности, чтобы покинуть Солнце и уйти в межпланетное пространство. Раскрыто понятие «солнечная активность», показано, что собой представляют солнечные пятна, факелы, протуберанцы и вспышки, при этом демонстрируются не рисунки, а фотографии различных проявлений солнечной активности. Показано строение солнечной атмосферы (фотосфера, хромосфера и корона).

Программа даёт понятие о феномене цикличности солнечной активности, об 11-летних циклах солнечной активности.

Программа наглядно демонстрирует, как выбросы коронального вещества в процессе солнечных вспышек могут воздействовать на магнитосферу и ионосферу Земли, приводя к возникновению магнитных бурь и полярных сияний. Наглядно воспроизведено, как выглядит полярное сияние во время сильной геомагнитной бури. Программа указывает на возможные опасности экстремальных проявлений солнечной активности для биосферы и техносферы Земли, кратко рассказывает о соответствующей концепции А. Л. Чижевского.

В программе приводятся наглядные доказательства того, что подавляющая часть энергии, используемой человечеством, связана с Солнцем, включая ветровую энергию, энергию, вырабатываемую гидроэлектростанциями и теплоэлектростанциями, работающими на угле, нефти и газе, поскольку само существование газообразного воздуха, жидкой гидросферы, горючих органических ископаемых обязано трансформированной солнечной энергии. Продемонстрирована необходимость мониторинга солнечной активности, включая события типа вспышек и выбросов коронального вещества, исследований Солнца и его активности.

ОСНОВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СОЛНЦЕ И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЯХ (В ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ И ЛЕКТОРУ ПЛАНЕТАРИЯ)

ЧТО ТАКОЕ СОЛНЦЕ?

Солнце – звезда, которую относят к типу жёлтых карликов спектрального класса G2V. Масса Солнца – 2×10^{30} кг, что составляет 330 000 масс Земли и превышает 99% массы всей Солнечной системы, включающей все планеты Солнечной системы, их спут-

ники, астероиды и метеороиды, объекты пояса Койпера, кометы, пыль и газ. 74% массы Солнца приходится на водород, 24% массы – на гелий. На Солнце присутствуют ядра атомов и всех прочих стабильных химических элементов, но их общая доля не превышает 2% массы Солнца. Вещество, из которого состоит Солнце, находится в газообразном состоянии, но этот газ ионизован из-за высокой температуры: на видимой поверхности Солнца, ниже которой оно становится непрозрачным, температура достигает 6000 К. Теоретические модели дают оценку температуры в центре Солнца порядка 15 млн К. Благодаря своей высокой температуре Солнце испускает в окружающее пространство огромное количество энергии в виде электромагнитного излучения. Суммарная мощность этого излучения (светимость Солнца) составляет 4×10^{26} Вт. Солнце вращается вокруг своей оси, совершает один оборот за 25,38 земных суток (сидерический период). Поскольку Земля движется по орбите вокруг Солнца в том же направлении, для земного наблюдателя Солнце совершает один оборот в среднем за 27,2753 земных суток. Этот период характерен для глубинных слоёв Солнца, внешние слои отличаются дифференциальностью вращения – скорость вращения на экваторе больше, чем на высоких широтах вблизи полюсов.

ПОЧЕМУ СОЛНЦЕ СВЕТИТ?

Этот вопрос интересовал людей всегда, но разобраться удалось только сравнительно недавно.

Английский физик Юлиус Майер в XIX веке предполагал, что Солнце разогрето падениями метеороидов, но оказалось, что этот фактор не может объяснить высокую температуру Солнца – в Солнечной системе нет такого количества небесных тел, которые, сталкиваясь с центральной звездой, могли бы настолько нагреть её.

Немецкий естествоиспытатель Генрих Гельмгольц допускал, что под воздействием сильной гравитации Солнце постепенно сжимается и при этом в его недрах выделяется тепло. Однако выяснилось, что этот процесс завершился бы за несколько миллионов лет, тогда как данные геологии и исследования метеороидов показывают, что и Земля, и вся Солнечная система, включая Солнце, существуют в тысячу раз дольше – несколько миллиардов лет (на сегодня воз-

раст Солнца оценивается примерно в 5 миллиардов лет). Очевидно, что Солнце не может быть моложе Земли и астероидов.

Английский астрофизик Джеймс Джинс после открытия явления радиоактивности предположил, что Солнце разогревается радиацией большого количества ядер радиоактивных атомов. Однако спектральные методы показывают, что таких ядер на Солнце явно недостаточно.

Были и другие гипотезы. В конце 30-х годов XX века немецкий физик Ганс Бете, работавший в США, создал теорию ядерного синтеза, которая оказалась правильной. В рамках этой теории под влиянием очень высокой температуры в недрах Солнца (15 млн К), а также очень высокого давления (порядка 3×10^{16} Па) запускаются реакции ядерного синтеза (термоядерные реакции). В ходе таких реакций ядра атомов водорода (протоны), взаимодействуя друг с другом, образуют ядра атомов гелия. Поскольку суммарная масса гелия оказывается немного меньше массы протонов, вступающих в реакцию, дефицит массы восполняется рождающимся в ходе реакции электромагнитным излучением. Это излучение (энергичные фотоны гамма-излучения) и являются причиной того, почему Солнце светит вот уже 5 миллиардов лет. Пока хватает водородного топлива (а водорода на Солнце хватит ещё на 5 миллиардов лет), термоядерный реактор в центре Солнца будет продолжать работать, превращая водород в гелий и выделяя электромагнитную энергию. Выяснилось, что в ядре Солнца есть и другие типы термоядерных реакций, порождающих излучение.

КАК ЭНЕРГИЯ ИЗ ЯДРА СОЛНЦА ПОПАДАЕТ НАРУЖУ?

Гамма-фотоны не могут сразу вылететь из недр Солнца: они окружены веществом, плотно сжатым благодаря огромной гравитации: плотность раскалённой плазмы в центре Солнца достигает 150 г/см^3 . Фотон тут же поглощается находящейся рядом частицей, эта частица, получив дополнительную энергию, сама излучает новый фотон, на этот раз чуть меньшей энергии. Направление движения переизлучённого фотона может оказаться любым: и вверх, и в стороны, и снова вниз. Поэтому в результате громадного количества таких переизлучений проходят сотни тысяч лет, пока пото-

мок фотона, родившегося однажды в центре Солнца, преодолет всю толщу звезды (радиус Солнца составляет 700 000 км). Наконец очередной фотон, попав в поверхностный слой, который становится прозрачным для излучения, беспрепятственно покидает Солнце и улетает в межпланетное пространство. Поскольку в ходе бесчисленных поглощений и переизлучения энергия фотона терялась, с поверхности Солнца уходят в космос фотоны уже не гамма-излучения, а менее энергичных диапазонов спектра – больше всего фотонов видимого, а также инфракрасного диапазонов. Излучает Солнце, кроме того, и в радио-, и в ультрафиолетовом диапазонах.

КАК УСТРОЕНО СОЛНЦЕ ВНУТРИ?

Внутренне строение Солнца, согласно современной теории, выглядит следующим образом. Внутри находится самая плотная и самая горячая часть – ядро, где протекают термоядерные реакции. Ядро лежит в пределах от центра до примерно 0,3 радиуса звезды.

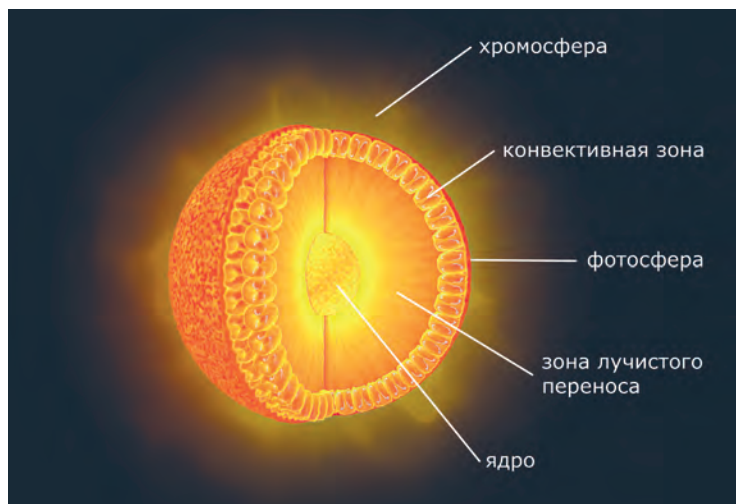


Рис. 1. Строение Солнца.

Над ядром находится зона лучистого, или радиативного, переноса. Её температура и плотность ниже, чем в ядре (хотя по-прежнему очень высоки), поэтому термоядерных реакций здесь уже нет. Через эту зону излучение, поглощаясь и переизлучаясь, постепенно просачивается вверх, к поверхности Солнца.

На расстоянии примерно 0,7 радиуса от центра начинается конвективная зона. На этой глубине включается конвекция: тепло, поступающее снизу, заставляет потоки водородно-гелиевой плазмы разогреваться, расширяться и всплывать к поверхности. Здесь плазма остывает, отдавая свою энергию излучению, уходящему в космос, и, охлаждаясь, опускается обратно в недра конвективной зоны. Возникают конвективные ячейки, в которых совершается постоянный круговорот: горячее вещество всплывает к поверхности Солнца, остывает и опускается вниз, где снова нагревается и поднимается. Этот процесс похож на кипение воды в чайнике или на варку каши в кастрюле: в обоих случаях тепло поступает снизу, от нагретой плиты, подобно тому, как слой плазмы в конвективной зоне подогревается излучением снизу, от ядра Солнца.

Верхний слой конвективных ячеек достигает уровня, когда плазма становится прозрачной. Это первый слой, который мы можем наблюдать непосредственно, именно с этого уровня фотоны беспрепятственно уходят в окружающее пространство и могут достичь земного наблюдателя. Верхний слой конвективной зоны, с которого уходит излучение, называется фотосферой. Мы видим этот слой как яркую, сияющую поверхность Солнца. При наблюдениях в телескоп на фотосфере можно увидеть верхние части конвективных ячеек – так называемые гранулы, а вся картина видимой солнечной поверхности называется грануляцией.

Правильность наших представлений об устройстве Солнца подтверждается, во-первых, данными гелиосейсмологии – анализом колебаний солнечной поверхности, которые порождаются волнами, распространяющимися внутри Солнца. Подобно сейсмологии на Земле, когда анализ сейсмических волн в земной коре позволяет определять внутреннюю структуру Земли, выделяя кору, слои мантии и ядро, гелиосейсмология обеспечивает нас данными о внутреннем строении Солнца и подтверждает существование описанных выше слоёв внутри нашей звезды.

Во-вторых, современные нейтринные телескопы эффективно регистрируют солнечные нейтрино – лёгкие, электрически нейтральные частицы, рождающиеся в ядре Солнца во время термоядерных реакций и свободно проходящие сквозь все слои Солнца. Свойства и количество регистрируемых солнечных нейтрино совпадают с прогнозом и демонстрируют, что описанная теория верна.

В-третьих, параметры Солнца на его поверхности, предсказанные теорией, соответствуют наблюдаемым данным.

Наконец, в-четвёртых: теория термоядерного синтеза проверена на практике, когда с её помощью была разработана водородная бомба. Эти испытания показали, что при определённых условиях, которые реализованы в недрах Солнца, действительно происходят термоядерные реакции.

КАК УСТРОЕНА АТМОСФЕРА СОЛНЦА?

Условно считается, что огромная непрозрачная масса ионизованного газа, из которого состоит Солнце, – это само Солнце, а прозрачный для электромагнитного излучения газ, окружающий Солнце, – это солнечная атмосфера.

Слой, где плазма испытывает переход от прозрачного состояния до полной непрозрачности, имеет толщину 400 км – это всего шесть сотых процента радиуса Солнца, т. е. очень тонкий слой. Именно поэтому Солнце на небе кажется очень резко очерченным: 400 км с расстояния почти 150 млн км (среднее расстояние от Солнца до Земли) соответствует мизерному углу примерно в половину угловой секунды. Этот слой условно принимается за поверхность Солнца и называется фотосферой. Считается, что фотосфера – нижний слой солнечной атмосферы.

Фотосфера Солнца отличается самой низкой температурой на Солнце: начиная от этого уровня температура растёт и при перемещении вниз (вглубь Солнца), и при перемещении вверх. Температура фотосферы близка к 6000 градусов. Выше уже указано, что для фотосферы характерна картина грануляции, которая хорошо видна в телескопы с высоким разрешением. Каждая гранула имеет

типичные размеры около 1000 км и существует в среднем около восьми минут, после чего разрушается, и на её месте возникают новые гранулы.

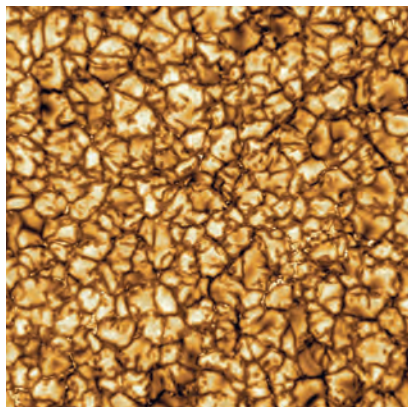


Рис. 2. Солнечная грануляция. Снимок получен с помощью солнечного телескопа имени Дэниэля К. Иноуи (DKIST), обсерватория Халеакала на острове Мауи, Гавайские острова, США.

Хромофера. Примерно на 12–14 тысяч километров выше уровня фотосферы простирается ещё один слой солнечной атмосферы – хромосфера.

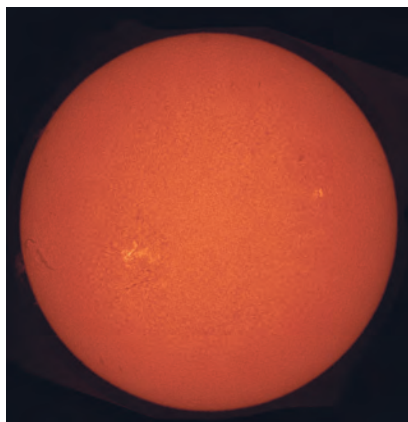


Рис. 3. Солнечная хромосфера в свете линии водорода H-альфа. Снимок обсерватории Канцельхёх, Австрия.

Хромосферу можно увидеть невооружённым глазом во время полного солнечного затмения (когда Луна перекрывает яркий свет фотосферы) как тонкую малинового цвета полоску на краю Солнца либо с помощью специального телескопа-коронографа. Плотность водородно-гелиевой плазмы в хромосфере ниже, чем в фотосфере (плотность падает с высотой), а температура выше. В настоящее время хромосферу наблюдают с помощью специальных фильтров, пропускающих красный свет в линии излучения водорода Н-альфа на длине волны 656,3 нм. Для таких наблюдений используются, например, любительские солнечные телескопы «Коронадо», оснащённые такими фильтрами.

Корона. Выше хромосферы находится внешний слой солнечной атмосферы – корона.



Рис. 4. Солнечная корона во время полного затмения Солнца, 2006 г.
Снимок экспедиции Института солнечно-земной физики СО РАН,
обсерватория на пике Терскол.

Здесь плотность вещества такая же, как в условиях самого высокого лабораторного вакуума на Земле – порядка 10^8 – 10^{10} частиц в кубическом сантиметре, но температура существенно выше – вплоть до 1–1,5 млн К (т. е. сравнительно редкие частицы движутся очень быстро). Протяжённость короны огромна – много радиусов

Солнца. Указать, где заканчивается корона, трудно: плотность плазмы асимптотически падает по мере удаления от Солнца, но так и не уменьшается до нуля в пределах внутренней части Солнечной системы. В определённом смысле можно сказать, что Земля находится внутри солнечной короны. Корону можно увидеть во время полного солнечного затмения, когда Солнце загораживается Луной, и мы видим на фоне потемневшего неба, как яркий свет фотосферы рассеивается на частицах короны – подобно тому, как мы видим дым, освещённый лучом фонарика в темноте.

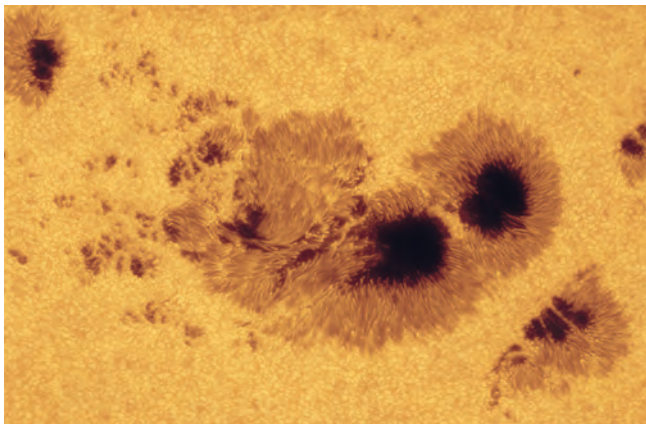
Частицы (в основном ядра атомов водорода и гелия, а также редкие ядра), приобретающие в короне высокие скорости, навсегда уходят от Солнца. Этот расходящийся со скоростью 300–400 км/с во все стороны от Солнца поток частиц называется «солнечный ветер».

ЧТО ТАКОЕ СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ?

На Солнце происходят разнообразные процессы. Ещё в древности, глядя на Солнце сквозь дым или дымку, как через фильтр, люди иногда видели тёмные пятна на солнечном диске. Пятна появлялись и через несколько дней исчезали. Изобретение Галилеем телескопа в начале XVII века позволило начать регулярные наблюдения изменений на диске Солнца, которые получили название «солнечная активность». Самым заметным проявлением солнечной активности являются солнечные пятна. На сегодняшний день известно помимо пятен множество других типов структур и явлений в солнечной атмосфере, которые возникают, изменяются и исчезают. К проявлениям солнечной активности относятся солнечные пятна, факелы, протуберанцы, вспышки, выбросы коронального вещества, корональные дыры и другие.

Солнечные пятна. Солнечные пятна выглядят как тёмные (по сравнению с окружающей их фотосферой) образования, возникающие, увеличивающиеся в размерах (иногда размеры солнечного пятна кратно превышают размеры Земли), затем уменьшающиеся и исчезающие. Продолжительность существования пятен бывает разной: от нескольких часов до одного-двух месяцев, чаще всего – нескольких дней. Как правило, пятна появляются не по одному, а группами. В группе бывает до нескольких десятков пятен

разных размеров. В начале XX века американскому астрофизику Джорджу Хейлу удалось обнаружить, что в солнечных пятнах присутствуют сильные магнитные поля (индукция магнитного поля от 1000 до 3000 Гаусс). Локальное магнитное поле подавляет конвекцию, меняет её структуру в пятне, в итоге здесь понижается температура, из-за чего пятно выглядит более тёмным по сравнению с фотосферой.



*Рис. 5. Крупная группа солнечных пятен на фоне грануляции.
Снимок Алана Фридмана.*



*Рис. 6. Солнечный телескоп обсерватории Маунт-Вилсон, США.
Здесь была открыта магнитная природа солнечных пятен.*

Факелы. Вокруг групп солнечных пятен, как правило, располагаются обширные области, где гранулы выглядят более яркими, чем в «спокойной» фотосфере. Эти яркие образования получили название «факелы». В факелах присутствует магнитное поле, но не такое сильное, как в пятнах: как правило, несколько сотен Гаусс, не больше тысячи. Наблюдения хромосферы Солнца показывают, что на месте факелов над ними также находятся яркие образования – флоккулы. Область, где расположена группа пятен и окружающие её факелы, называется активной областью.

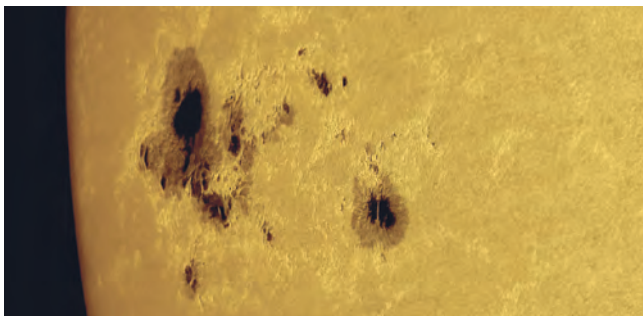


Рис. 7. Яркие факельные гранулы вокруг солнечных пятен активной области.
Снимок обсерватории Ландкави, Малайзия.

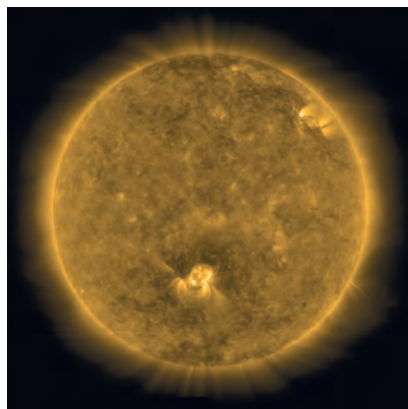


Рис. 8. Корона Солнца на длине волны 17,1 нм. Видны две активные области (светлые участки), над ними – яркие петли магнитного поля. Снимок космической обсерватории SDO (США), 9 июня 2020 г.

Протуберанцы. В хромосфере и нижней короне иногда наблюдаются облака сравнительно плотной плазмы – протуберанцы. Их можно наблюдать невооружённым глазом на краю Солнца во время полных солнечных затмений либо через телескопы-коронографы в виде выступов самой разнообразной формы. При наблюдениях солнечной хромосферы через телескопы с фильтрами протуберанцы на фоне солнечного диска выглядят в виде длинных тёмных волокон. Измерения магнитных полей на Солнце показали, что протуберанцы (волокна) всегда находятся на границе между областями фотосферы с разной магнитной полярностью. Протуберанцы можно сравнить с магнитным каркасом в хромосфере, который поддерживает плазму и не даёт ей под воздействием солнечной гравитации упасть на фотосферу.

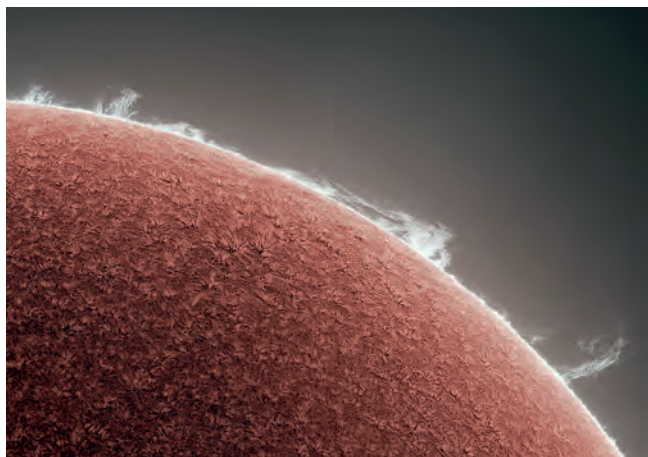


Рис. 9. Солнечные протуберанцы. Снимок Алана Фридмана.

Вспышки. В магнитных полях активной области накапливается огромная энергия, здесь текут очень сильные токи (потоки заряженных частиц, или плазмы). Иногда в активной области происходят грандиозные взрывообразные выделения магнитной энергии (солнечные вспышки). Плазма стремительно нагревается до миллиона градусов и более, что приводит к сильнейшему свечению в рентгеновском, ультрафиолетовом и видимом диапазонах, возникает всплеск мощного радиоизлучения. Сильные магнитные

поля ускоряют потоки протонов до огромных скоростей. В отдельных случаях во время вспышки целые сгустки плазмы вместе с их магнитным полем выбрасываются из активной области в окружающее пространство (выбросы коронального вещества). Как правило, солнечная вспышка продолжается несколько минут или несколько десятков минут, в редких случаях мощное излучение постепенно спадает в течение нескольких часов.

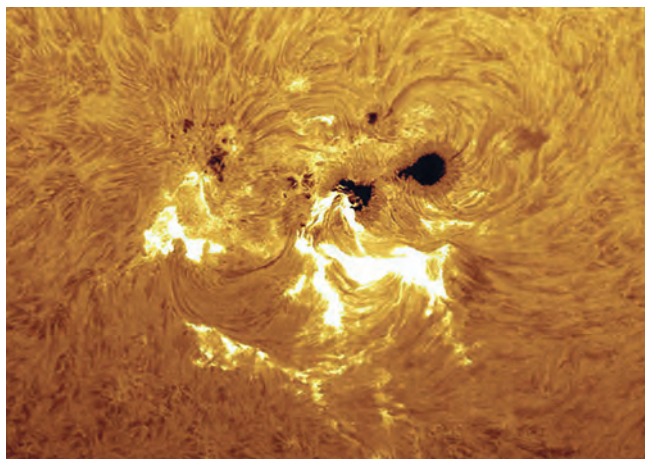


Рис. 10. Солнечная вспышка в хромосфере. Возле тёмных солнечных пятен видно ослепительное свечение плазмы, нагретой во время вспышки до миллионов градусов. Размеры самого крупного тёмного пятна превышают размеры Земли.

Цикличность солнечной активности. В середине XIX века был обнаружен феномен цикличности солнечной активности. Он выражается в том, что количество активных областей (групп пятен и окружающих их факельных полей) циклически меняется со временем – то нарастает до высоких значений, когда на Солнце одновременно наблюдаются десятки активных областей, то уменьшается почти до нуля. Один цикл солнечной активности (от минимума до следующего минимума) продолжается в среднем около 11 лет. Как правило, количество групп пятен, площадь факелов, число вспышек нарастает в течение 3–4 лет, находится на пике максимума 1–2 года и затем спадает почти до нуля в течение 5–6 лет, после

чего начинается новый цикл. С каждым новым циклом происходит магнитная «переполюсовка» Солнца: меняются знаки магнитных полярностей на полюсах светила, поэтому полный магнитный цикл Солнца (цикл Хейла) составляет удвоенный 11-летний цикл – 22 года.

Роль магнитных полей. Все проявления солнечной активности объясняются влиянием магнитных полей на Солнце. Солнце состоит из плазмы, а плазма – это электрически заряженные частицы. Вращение Солнца вокруг своей оси приводит к появлению в его недрах сильных электрических токов, которые, согласно законам физики, порождают магнитное поле. Наружные слои Солнца вращаются дифференциально (точка на экваторе движется быстрее, чем точка на средних широтах, точка на средних широтах – быстрее, чем на высоких широтах и полюсах). Дифференциальное вращение вытягивает, изгибает, скручивает силовые линии магнитного поля в конвективной зоне Солнца. Тесно сплётённые жгуты магнитного поля всплывают к поверхности и, когда достигают фотосферы, формируют солнечные пятна. Более рассеянные магнитные поля формируют факелы вокруг пятен.

Именно сильные магнитные поля активных областей обеспечивают энергией вспышки и выбросы коронального вещества. Постоянное вращение Солнца по инерции на протяжении всего периода его существования приводит к непрерывному рождению и трансформации магнитных полей в конвективной зоне Солнца.

Магнитные поля всплывают к поверхности, поднимаются в хромосферу и корону, формируя активные области и другие проявления солнечной активности. После распада активных областей на их месте в короне иногда возникают обширные области открытого магнитного поля – корональные дыры. Из этих областей магнитные силовые линии протягиваются далеко от Солнца, и вдоль этих линий в межпланетное пространство уходят потоки высокоскоростного солнечного ветра. В отличие от «обычного» солнечного ветра, потоки частиц из корональных дыр движутся со скоростью 700–800 км/с.

СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ

На Землю непрерывно падает солнечное электромагнитное излучение – от рентгеновского до радиоволн. Благодаря этому наша планета нагрета до среднегодовой температуры около 15 градусов Цельсия, если вычислить среднее значение по всей поверхности Земли. Коротковолновая (рентгеновская и ультрафиолетовая) радиация приводит к ионизации верхних слоёв атмосферы Земли (формируя ионосферу), а в стратосфере создаёт озоновый слой. Солнце является стабильным источником энергии, поэтому резких колебаний потока солнечной энергии не бывает, и в результате климат Земли на протяжении миллиардов лет меняется в сравнительно небольших пределах: на нашей планете никогда не закипали океаны и не замерзала атмосфера. Земля оказалась на «удачном» расстоянии от Солнца, благодаря чему на Земле нет такой высокой температуры, как, например, на близкой к Солнцу Венере, и такой низкой температуры, как, например, на удалённом от Солнца Марсе.

Однако на фоне стабильного солнечного излучения иногда возникают проявления солнечной активности. Так, когда Земля попадает в высокоскоростной поток солнечного ветра, «дующего» из солнечной корональной дыры, усиливается ионизация верхних слоёв земной атмосферы, может произойти слабая магнитная буря. Магнитной, или геомагнитной, бурей называется изменение направления и напряжённости магнитного поля Земли (геомагнитного поля) под влиянием прилетающих от Солнца заряженных частиц. Во время геомагнитной бури стрелка компаса начинает «метаться», отслеживая изменения в направлении геомагнитного поля, а магнитометры фиксируют быстрые хаотические изменения его напряжённости.

Но самые сильные воздействия солнечной активности на Землю связаны с мощными солнечными вспышками. Такие события могут сопровождаться выбросами больших потоков энергичных протонов, вызывая сильную геомагнитную бурю. Заряженные частицы, врываясь в верхние слои земной атмосферы, вызывают свечение – полярные сияния, которые покрывают порой огромные площади. Чем сильнее событие, тем дальше от полюсов простираются зоны

свечения. Меняется при этом напряжённость электрического поля в атмосфере нашей планеты.



Рис. 11. Полярное сияние. Фото Дмитрия Фёдорова.

Сильные и быстрые изменения геомагнитного поля могут приводить к наведению электрических токов в длинных токонесящих объектах, прежде всего в линиях электропередач. Во время сильнейшей геомагнитной бури, последовавшей после серии мощных вспышек на Солнце в 1989 году, из-за сильного тока, наведённого в обмотке силового трансформатора, на несколько часов была обесточена провинция Квебек в Канаде. Во время самой сильной бури после мощной вспышки 1 сентября 1859 года (событие Кэррингтона) искрились даже провода телеграфа, а полярные сияния наблюдались вблизи экватора. Сильные радиопомехи от солнечной вспышки в 2003 году привели к временному (на 10 минут) отказу спутниковой системы глобального позиционирования GPS. Во время сильных солнечных вспышек и следующих за ними геомагнитных бурь неоднократно фиксировались сбои электронных систем, в том числе на борту спутников, нарушения радиосвязи.

По мере быстрого повсеместного насыщения земной техносферы электронными устройствами становится всё более важной их устойчивость к помехам во время геомагнитных бурь, порождаемых вспышками на Солнце. Повторение кэррингтоновского события, когда во время мощнейшей вспышки в сторону Земли были

выброшены сразу несколько сгустков солнечной плазмы, в наше время может привести к катастрофическим последствиям. Достаточно представить себе беспилотные автомобили, самолёты, корабли, внезапно лишившиеся управления из-за отказа электронных систем навигации вследствие сильной геомагнитной бури, или обесточивание большого города, когда останавливаются лифты, трамваи и троллейбусы, отключаются электронные замки и другие устройства, отключается освещение и электропитание жизненно важных систем.

ВЛИЯЕТ ЛИ СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ?

Помимо воздействия на техносферу, всплески солнечного излучения и потоки частиц от вспышки могут влиять на живые организмы. Основы науки о влиянии солнечных явлений на биосферу Земли – гелиобиологии – заложил на рубеже XIX–XX веков российский учёный А. Л. Чижевский. Он обнаружил большое количество типов явлений и событий на Земле, число которых подчиняется одиннадцатилетнему ритму, что, скорее всего, связано с влиянием цикличности солнечной активности. Среди этих явлений – частота заболеваемости разными болезнями, урожайность различных сельскохозяйственных культур, изменения толщины годичных колец деревьев, эпидемии у животных (эпизоотии) и многое другое. Одиннадцатилетнюю цикличность в земных процессах Чижевский наглядно продемонстрировал в своей книге «Земное эхо солнечных бурь».

Помимо того, имеются данные, что некоторые люди ощущают изменения в электрическом и геомагнитном полях Земли, особенно происходящие на определённых частотах. Может ухудшаться самочувствие, изменяться параметры крови и т. д. Эти явления редко бывают ярко выраженными, за многие годы эволюции живые организмы адаптировались к вариациям электромагнитного фона. Однако в ряде случаев, особенно во время редких сильных геомагнитных бурь, такая реакция может оказаться заметной.

А. Л. Чижевский сформулировал и гипотезу о том, что цикличность солнечной активности может влиять на социальные про-

цессы, на напряжённость политических процессов в обществе. Справедливость этой гипотезы требует проверки с помощью дальнейших исследований.

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРОГРАММУ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ?

Учебники астрономии, внесенные в утверждённый Министерством просвещения РФ федеральный перечень, а также многие учебно-методические пособия содержат несколько обязательных параграфов, посвящённых Солнцу, его устройству, солнечной активности и солнечно-земным связям.

Эти темы могут изучаться классическим урочным способом. Можно рекомендовать учителю использование на одном из уроков планарного учебного видеофильма, подготовленного на основе полнокупольной программы «Солнце и жизнь Земли». Если есть возможность, имеет смысл показать школьникам полнокупольный вариант программы под куполом планетария.

Перед просмотром учитель может дать задание школьникам целенаправленно просмотреть программу, чтобы получить, уяснить и сформулировать ответы на определённый перечень вопросов по теме.

Вопросы могут быть следующими:

1. Каковы размеры и масса Солнца? Во сколько раз Солнце больше Земли?
2. Что такое Солнце – планета или звезда? Почему?
3. Почему Солнце светит (каков источник энергии Солнца, которое стабильно излучает уже 5 миллиардов лет)?
4. Как устроено Солнце внутри (рассказать о зонах внутри Солнца)?
5. Как устроена атмосфера Солнца (рассказать о слоях солнечной атмосферы)?
6. Что такое солнечная активность? Какие основные типы солнечной активности известны?

7. Что такое цикличность солнечной активности?
8. Что такое геомагнитная буря? Какова причина возникновения геомагнитных бурь?
9. В чём проявляется опасность солнечных вспышек?

Учитель может дать либо все, либо некоторые из этих вопросов, чтобы разобрать ответы после просмотра. Целенаправленный просмотр программы повышает внимательность, структурирует восприятие получаемой визуальной и вербальной информации. После просмотра школьники могут устно или письменно ответить на данные вопросы.

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТЕМУ «СОЛНЦЕ И ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ» ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ДОКЛАДОВ И ПРОЕКТОВ?

Темы, касающиеся Солнца и солнечной активности, могут использоваться для подготовки докладов и выполнения школьниками учебно-исследовательских проектов, включая обработку ежедневных наблюдений солнечных пятен, получаемых космической обсерваторией SDO (снимки обновляются на сайте <https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

Можно проводить мониторинг групп солнечных пятен и солнечных вспышек с использованием отечественного сайта https://tesis.lebedev.ru/active_areas.html, где ежедневно обновляются данные о наблюдаемых на Солнце группах пятен, их координатах на солнечном диске, их площадях и размерах, количестве пятен в группе, а также о солнечных вспышках в рентгеновском диапазоне и геомагнитных бурях.

КАКИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «СОЛНЦЕ»?

Может быть рекомендована для внеклассного чтения научно-популярная книга С. А. Язева «Лекции о Солнце», адресованная школьникам и любителям астрономии (АСТ, 2018).

ГЛОССАРИЙ

- Активная область на Солнце* – область на Солнце, включающая в себя группу пятен и окружающие ее факелы. В хромосфере и короне над активной областью могут находиться высокие петли магнитного поля, по которым течет плазма.
- Геомагнитная буря* – изменения направлению и напряженности геомагнитного поля (магнитного поля Земли), продолжающиеся в течение нескольких часов (в отдельных случаях в течение нескольких суток) под влиянием потока заряженных частиц, поступающих от Солнца.
- Дифференциальное вращение Солнца* – особенность вращения Солнца вокруг своей оси. Эта особенность заключается в том, что верхние слои Солнца вращаются с разной угловой скоростью в зависимости от широты: на низких широтах – быстрее, на высоких – медленнее. Так, во внешней системе координат, связанной с далекими звездами (сидерической), период вращения точки на экваторе Солнца составляет 24,47 суток, а для наблюдателя на Земле – 26,24 суток (синодический период). Вблизи полюсов Солнца сидерический период вращения оказывается близким к 30 суткам, а синодический – к 32 суткам. Обычно для описания вращения Солнца используется так называемая кэррингтоновская скорость вращения, характерная для точек на широтах 16 гелиографических градусов. На этой широте сидерический период обращения равен 25, 38 суток, синодический – 27,2753 суток. Примерно с такой скоростью вращаются солнечные пятна, возникающие в диапазоне широт от 0 до 30 градусов.
- Зона лучистого переноса* – слой в недрах Солнца в пределах примерно от 0,3 до 0,7 радиуса Солнца. Температура внутри этой зоны уменьшается от 6,8 млн К на нижней границе до 2,4 млн К на верхней границе. Этого недостаточно для протекания термоядерных реакций, они происходят ниже (глубже), в ядре Солнца. В зоне лучистого переноса энергия переносится электромагнитным излучением (фотонами). Зона лучистого переноса вращается твердотельно (не дифференциально).

<i>Конвективная зона</i>	– слой в недрах Солнца в пределах примерно от 0,7 радиуса Солнца до 1,0 радиуса (уровень фотосферы). Температура внутри этой зоны уменьшается от 2,4 млн К на нижней границе до примерно 6 тысяч К на уровне фотосферы. В конвективной зоне энергия переносится снизу вверх конвективными восходящими потоками плазмы. Вблизи уровня фотосферы вещество остывает и опускается обратно, вглубь конвективной зоны, где снова нагревается и снова поднимается; такие движения формируют конвективные ячейки. Конвективная зона вращается дифференциально, где скорость вращения зависит от широты и от глубины.
<i>Протуберанцы</i>	– облака плазмы в хромосфере и короне Солнца, поддерживаемые магнитными полями.
<i>Солнечная активность</i>	– совокупность разных типов процессов и явлений магнитной природы, наблюдаемых в атмосфере Солнца. К разряду проявлений солнечной активности относятся солнечные пятна, факелы, протуберанцы, вспышки, выбросы коронального вещества, корональные дыры и т. д.
<i>Солнечная вспышка</i>	– взрывообразное высвобождение энергии, запасенной в магнитном поле активной области. Общее количество энергии вспышки, выделяющейся во всех диапазонах электромагнитного излучения (от рентгеновского до радио), а также энергии, идущей на ускорение заряженных частиц и корональных выбросов вещества составляет 10^{21} – 10^{25} Дж.
<i>Солнечные пятна</i>	– относительно темные образования, наблюдаемые на фоне фотосферы Солнца, представляющие собой срезы (сечение) вертикальных жгутов сильного (1000 – 3000 Гс) магнитного поля, выходящих из-под фотосферы. Поскольку магнитное поле пятен частично подавляет конвекцию, температура пятен оказывается ниже температуры окружающей фотосферы (4500 – 5000 К), благодаря чему пятна излучают меньше и кажутся темнее окружающего фона.
<i>Солнце</i>	– звезда, относящаяся к типу желтых карликов. Масса – 2×10^{30} кг, диаметр на уровне фотосферы – 1 392 000 км (109,1 диаметра Земли), объем – около 1 300 000 объемов Земли, средняя плотность – $1,4 \text{ г/см}^3$. Светимость Солнца составляет 4×10^{26} Дж. Температура в центре Солнца превышает 15 млн К, температура фотосферы – около 6 000 К. Возраст Солнца – около 5 млрд лет.

<i>Термоядерные реакции (реакции ядерного синтеза)</i>	– реакции превращения ядер атомов водорода в ядра гелия под воздействием высокой температуры и высокой плотности в ядре Солнца. При этом примерно 4,2 млн тонн водорода каждую секунду превращаются в электромагнитное излучение.
<i>Факелы</i>	– гранулы повышенной яркости, окружающие группы пятен (факельные площадки). Обладают максимальным контрастом на расстоянии примерно 60 градусов от центра солнечного диска, в центральной части диска Солнца не выделяются.
<i>Флоккулы</i>	– яркие образования в хромосфере (верхняя часть фотосферных факелов).
<i>Ядро Солнца</i>	– центральная часть Солнца, глубинный слой в недрах звезды от центра до примерно 0,3 радиуса Солнца. Температура внутри ядра уменьшается от 15–16 млн К в центре Солнца до примерно 6,8 млн К на нижней кромке зоны лучистого переноса. В ядре Солнца протекают термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

Автор

© Сергей Артурович Язев,
доктор физико-математических наук, директор астрономической
обсерватории Иркутского государственного университета,
старший научный сотрудник Института солнечно-земной
физики СО РАН, член правления Ассоциации планетариев и лиц,
содействующих их развитию.

Список литературы

1. Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. Любое издание.
2. Пасачофф Джей М. Солнце = занимательная астрономия: все тайны нашей звезды – Солнце. – М.: АСТ: Астрель, 2008. 332 с.
3. Попов Сергей. Вселенная. Краткий путеводитель по пространству и времени: от Солнечной системы до самых далёких галактик и от Большого Взрыва до будущего Вселенной. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018. 400 с.
4. Уайтхаус Дэвид. Биография Солнца. – М.: Эксмо, 2008. 368 с.
5. Язев С. А. Лекции о Солнце. – М.: АСТ, 2018. 320 с.

Чтения имени В. В. Терешковой

**МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»**

Ярославль, 11 марта 2021 г.

Редактор *И. В. Григорьева*
Компьютерная вёрстка *Е. Н. Тихомировой*
Дизайн *Г. И. Радовского*

Подписано в печать 22.03.2021
Формат 60x84/16.
Объём 8 п. л. Тираж 100 экз. Заказ №112-2021

Материалы публикуются в авторской редакции.

Издательско-полиграфический комплекс
«ИНДИГО»
г. Ярославль, ул. Свободы, 97

Отпечатано на собственном полиграфическом оборудовании

