

# ЗЕМЛЯ И

№ 5 (329)  
СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ, 2019

ISSN 0044-3948

космонавтика  
астрономия  
геофизика

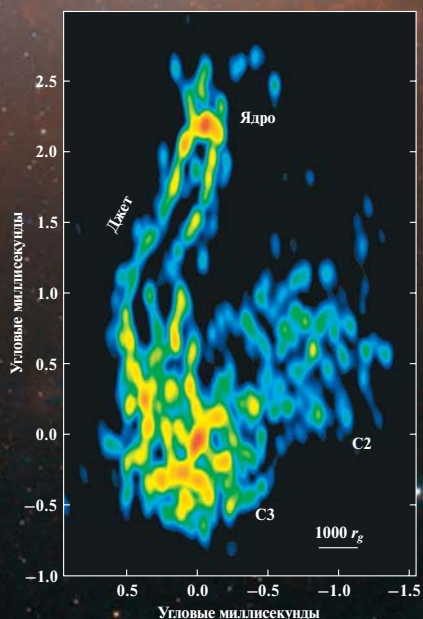
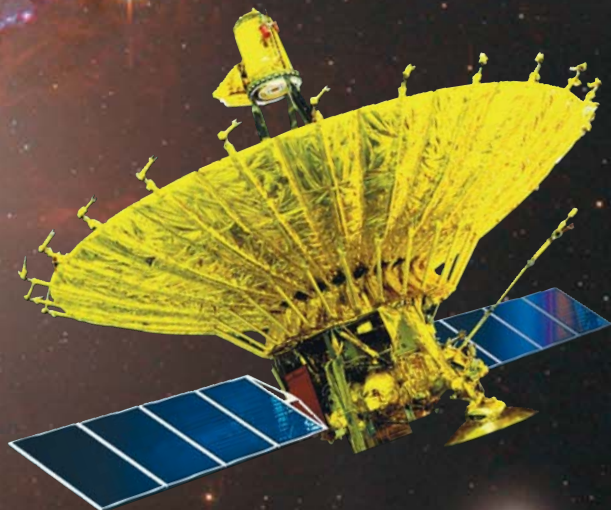
# ВСЕЛЕННАЯ

НАУКА НА КОЛЕСАХ

АГИТАВТОБУС МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ТАЙН СОЛНЦА АЛЬФРЕД ФАУЛЕР

ЮЖНОАМЕРИКАНСКОЕ ЗАТМЕНИЕ-2019



СЕМЬ ЛЕТ «РАДИОАСТРОНА»

«ЗОНДЫ» ВОЗВРАЩАЮТСЯ

ПОЛЕТ К СОЛНЦУ

# НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



## Уважаемые коллеги!

Открыта подписка для физических лиц  
на номера 2019 г. научно-популярных журналов  
«Земля и Вселенная», «Природа»,  
«Энергия: экономика, техника, экология»

### **Журнал «Земля и Вселенная»**

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1200 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-31)

E-mail: zevs@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 423

### **Журнал «Природа»**

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3000 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 417

### **Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»**

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу в сети  
магазинов «Академкнига» по следующим ценам:

**«Земля и Вселенная» – 220 руб.**

**«Природа» – 270 руб.**

**«Энергия: экономика, техника, экология» – 270 руб.**

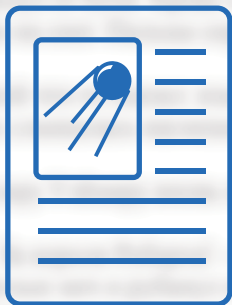


## Издательство “Наука” оказывает услуги:

- СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛ-МАКЕТА
  - редактирование
  - вёрстка
  - изготовление рисунков
- ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ОФОРМЛЕНИЕ
- ВСЁ КОМПЛЕКС ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ УСЛУГ
- РАСПРОСТРАНЕНИЕ В РОЗНИЧНОЙ СЕТИ “АКАДЕМКНИГА”

Высокопрофессиональные специалисты “Науки”  
готовы к сотрудничеству

[naukapublishers.ru](http://naukapublishers.ru)



НАУКА

[www.libnauka.ru](http://www.libnauka.ru)

*Добро пожаловать  
в электронную библиотечную систему  
Издательства «Наука»!*

Электронная библиотечная система Издательства «Наука» – это простой и удобный доступ к огромной коллекции статей и книг, входящих в портфолио «Науки»

**Электронная библиотечная система это:**

- научная, научно-популярная и классическая литература, от статей до монографий
- оперативное обновление новинок благодаря тесной интеграции с редакционно-издательской системой «Науки»
- разветвленный тематический каталог
- простая и эффективная система поиска
- интуитивная и простая система оформления заказа и подписок
- прозрачная система статистики
- надежность доступа и стабильность работы

Реклама

*Присоединяйтесь к миру «Науки»!*



# ЗЕМЛЯ И

№5 (329)  
СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ, 2019

ISSN 0044-3948

космонавтика  
астрономия  
геофизика

# ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал  
Российской академии наук  
Издается под руководством  
Президиума РАН  
Выходит с января 1965 года  
6 раз в год  
“Наука”  
Москва

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Открыта экзопланета  
в Млечном Пути [40];  
Бесследное уничтожение  
сверхмассивной звезды [65];  
Новый “Метеор” на орбите [74];  
Первый год наблюдений TESS [98]

## Новые книги

Будущие космические проблемы и  
их решения [103];  
Первая книга о многоканальной  
астрономии [105]

## На стр. 1 обложки:

Космическая обсерватория  
“Спектр-Р” в представлении  
художника на фоне активной  
галактики NGC 1275. Внизу слева –  
ядро галактики Персей А (NGC 1275)  
в радиодиапазоне. По данным  
Гиованнини и др. (2018).  
Фоновая картинка: NASA, ESA,  
Hubble Heritage (STScI/AURA);  
A. Fabian (IoA, Cambridge U.),  
L. Frattare (STScI), CXC,  
G. Taylor, NRAO, VLA

## В НОМЕРЕ:

Колонка главного редактора	3
КОВАЛЁВ Ю.Ю. Семь лет “РадиоАстроны”	5
ШЕВЧЕНКО В.В. “Зонды” возвращаются	17
ВЕСЕЛОВСКИЙ И.С., КАПОРЦЕВА К.Б. Полет к Солнцу	26
<b>К 90-летию Московского планетария</b>	
РУБЛЁВА Ф.Б. Наука на колесах.	41
Агитавтобус Московского планетария	
<b>Экспедиции</b>	
ЯЗЕВ С.А. Южноамериканское затмение–2019	46
<b>Люди науки</b>	
ЕРЕМЕЕВА А.И. Игорь Тимофеевич Зоткин (к 90-летию со дня рождения)	52
ГЕРАСЮТИН С.А. Исследователь тайн Солнца Альфред Фаулер	66
ГАЛИЧИЙ В.А. Теоретическое наследие А.Л. Чижевского и его роль в развитии космической физиологии и биоритмологии	76
<b>In memoriam</b>	
Георгий Георгиевич Манагадзе (25.08.1936–27.04.2019)	82
<b>История науки</b>	
ВИБЕ Д.З. Сто лет на страже неба (к юбилею Международного астрономического союза)	85
БАРАБАНОВ С.И. К 60-летию Звенигородской обсерватории ИНАСАН	91
<b>Аэрокосмическое образование</b>	
ПАЙСОН Д.Б. Космос в презентациях: в помощь преподавателям	99
<b>Новые книги</b>	
ЗЕЛЁНЫЙ Л.М. “Будущие космические проблемы и их решения”	103
ЧЕРЕПАШУК А.М. Первая книга о много- канальной астрономии	105

© Российская академия наук, 2019

© Редколлегия журнала “Земля и Вселенная” (составитель), 2019

© ФГУП “Издательство “Наука”, 2019

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, f.1965, 6 a year; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Editor-in-Chief acad. L.M. Zelenyi; Deputy Editor O.V. Zakutnaya; Deputy Editor O.Yu. Malkov

## Редакционная коллегия:

главный редактор  
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,  
зам. главного редактора  
академик В.М. КОТЛЯКОВ,  
летчик-космонавт  
П.В. ВИНОГРАДОВ,  
зам. главного редактора  
кандидат филолог. наук  
О.В. ЗАКУТНЯЯ,  
доктор исторических наук  
К.В. ИВАНОВ,  
летчик-космонавт  
А.Ю. КАЛЕРИ,  
кандидат физ.-мат. наук  
О.Ю. ЛАВРОВА,  
доктор физ.-мат. наук  
А.А. ЛУТОВИНОВ,  
зам. главного редактора  
доктор физ.-мат. наук  
О.Ю. МАЛКОВ,  
доктор физ.-мат. наук  
И.Г. МИТРОФАНОВ,  
академик И.И. МОХОВ,  
член-корр. РАН  
И.Д. НОВИКОВ,  
доктор физ.-мат. наук  
С.П. ПЕРОВ,  
доктор физ.-мат. наук  
К.А. ПОСТНОВ,  
доктор физ.-мат. наук  
М.В. РОДКИН,  
научный директор  
Московского планетария  
Ф.Б. РУБЛЁВА,  
член-корр. РАН  
А.Л. СОБИСЕВИЧ,  
член-корр. РАН  
В.А. СОЛОВЬЁВ,  
академик  
А.М. ЧЕРЕПАШУК,  
доктор физ.-мат. наук  
В.В. ШЕВЧЕНКО,  
член-корр. РАН  
Б.М. ШУСТОВ

## IN THIS ISSUE:

Editorial	3
KOVALEV Y.Y. Seven Years of RadioAstron	5
SHEVCHENKO V.V. "Zonds" are Back	17
VESELOVSKY I.S., KAPORTSEVA K.B. Flight to the Sun	26
<b>To the 90<sup>th</sup> Anniversary of Moscow Planetarium</b>	
RUBLEVA F.B. Science on the Wheels. Propaganda Bus of Moscow Planetarium	41
<b>Expeditions</b>	
YAZEV S.A. South American Eclipse–2019	46
<b>People of Science</b>	
EREMEYEVA A.I. Igor Timofeyevich Zotkin (to the 90 <sup>th</sup> Anniversary of Birth)	52
GERASYUTIN S.A. Alfred Fowler	66
GALICHIY V.A. Theoretical Heritage of A.L. Chizhevsky and his Role in the Development of Space Physiology and Biorhythmology	76
<b>In Memoriam</b>	
Georgiy Georgievich Managadze (25.08.1936–27.04.2019)	82
<b>History of Science</b>	
WIEBE D.S. A One Hundred Years Watching the Sky (to the Anniversary of the International Astronomical Union)	85
BARABANOV S.I. 60 Years of Zvenigorod Observatory	91
<b>Aerospace Education</b>	
PAYSON D.B. Space Presentations for High-School Teachers	99
<b>New Books</b>	
ZELENYI L.M. "Future Space Problems and Their Solutions"	103
CHEREPASHCHUK A.M. The First Book about Multi-Messenger Astronomy	105

# Колонка главного редактора

## ГОРЯЧЕЕ ЛЕТО 2019 ГОДА



Лежащий перед Вами журнал посвящен в большей степени космосу, отвечая второй части названия журнала – “Вселенная”. Но разнообразные события этого лета дают все основания для того, чтобы вспомнить о первой половине названия и уделить внимание Земле.

Восток нашей страны в этом году страдал и от избыточных осадков, приведших к наводнениям, и от лесных пожаров. К 15 августа, то есть на момент, когда пишется эта колонка, природными пожарами “пройдено” более 15 млн га, в том числе лесной площади около 9,5 млн.

Это не рекорд – в 2018 г. горели примерно те же территории. Но тогда дым от пожаров уносило в основном на северо-восток и в ненаселенные районы. В этом же году дым был подхвачен циклоном и отнесен в достаточно плотно населенные районы юга Западной Сибири. Это сделало ситуацию особенно острой. Еще одной печальной особенностью стало то, что основные площади, “пройденные” огнем, сосредоточены в так называемых “зонах контроля”, то есть в районах, где тушение в принципе не осуществляется (весьма сомнительное, на мой взгляд, решение).

Территории эти не охраняются, и как показывает анализ, основным источником огня на этих территориях является человек (а не разряд молнии, как проще и привычнее думать). Сложившаяся ситуация требует серьезного научного анализа существующих границ зон охраны и во многих случаях их пересмотра. Важно и то, что будет происходить после пожара: какова оптимальная стратегия восстановления сгоревших участков сибирской тайги и какие действия может предпринять человек?

В следующих выпусках журнала мы обязательно остановимся на вопросах экологии и продуктивности лесов, возможных последствиях предсказания наводнений, землетрясений и других экстремальных событий, с которыми, хотим мы или нет, человечеству приходится встречаться все чаще.

Но текущий выпуск журнала рассказывает, в основном, о Вселенной: от ее дальних рубежей – до ближайшей звезды по имени Солнце.

В обстоятельной статье члена-корреспондента РАН Ю.Ю. Ковалева подводятся некоторые научные итоги семилетней работы космической обсерватории “РадиоАстрон”. Это предварительный анализ: хотя по факту связь с аппаратом потеряна еще в начале этого года и вряд ли восстановится, накоплен бесценный архив научной информации, на анализ и интерпретацию которой потребуются еще многие годы серьезной теоретической работы.

Говоря о “РадиоАстроне”, нельзя снова не вспомнить печальное событие августа – уход из жизни академика Николая Семеновича Кардашева, замечательного ученого и научного руководителя этого проекта (короткий некролог был опубликован в предшествующем выпуске журнала).

На смену “РадиоАстрону” пришла обсерватория “Спектр-РГ”, о которой мы писали в прошлом номере. Хотя этот аппарат еще находится на стадии перелета до своей основной рабочей орбиты, один из двух телескопов в его составе уже провел первые наблюдения рентгеновских источников: релятивистских двойных систем Центавр X-3 и Лебедь X-1 и сверхмассивной черной дыры Стрелец A\* в центре Галактики.

Журнал расскажет и о летящем к Солнцу космическом зонде “Parker Solar Probe” (статья доктора физико-математических наук И.С. Веселовского и К.Б. Капорцевой) на его страницах мы вспомним о великих страницах исследования Луны на заре кос-





Лауреаты медали и премии Поля Дирака 2019 г.: профессор В.Ф. Муханов, академик А.А. Старобинский, академик Р.А. Сюняев. Фотографии: "Википедия" и портал РАН

мической эры (очередная статья из цикла, посвященного Луне, представлена доктором физико-математических наук В.В. Шевченко). Мы также публикуем свежий репортаж о "крайнем" солнечном затмении нашего постоянного автора доктора технических наук С.А. Язева (ИСЗФ СО РАН), которое он наблюдал в Чили.

Замечательная статья посвящена интереснейшему явлению в истории научного популяризаторства – агитационному автобусу Московского планетария, который несколько десятилетий "нес просвещение в массы". Статья научного руководителя Московского планетария приурочена к его 90-летнему юбилею. В этом же году профессионалы отмечают еще один важный юбилей – столетие Международного астрономического союза. Первая часть статьи о МАС (автор – доктор физико-математических наук, профессор РАН Д.З. Вибе) рассказывает о предыстории его появления и первых десятилетиях существования.

В работе профессора В.А. Галичего (ИМБП) сделан важный шаг в осмыслении той части творческого наследия замечательного ученого и визионера Александра Леонидовича Чижевского, которая касается его исследований в области физиологии и биоритмологии. Мы надеемся, что сможем рассказать и о других ипостасях этой яркой личности в других публикациях.

Наконец, как говорят, "last but not the least" – 8 августа, в день рождения одного из величайших физиков-теоретиков XX века Поля Дирака, Международный центр теоретической физики имени Абдуса Салама в Триесте объявил имена

лауреатов медали и премии Пауля Дирака 2019 года. Ими стали российские физики академик **Рашид Сюняев**, профессор **Вячеслав Муханов** и академик **Алексей Старобинский** – "за выдающийся вклад в физику космического микроволнового фона, связавший микрофизику и крупномасштабную структуру Вселенной и превративший космологию в точную научную дисциплину".

Я не буду вдаваться в подробности их работ, удостоенных столь почетной награды, так как уже в следующем выпуске мы надеемся рассказать об этом в более обстоятельной статье. А.А. Старобинский и В.Ф. Муханов заложили основы теории инфляции – очень краткого и резкого расширения Вселенной сразу же после ее рождения – и возникновения возмущений плотности, приведших к появлению современной структуры Вселенной. Р.А. Сюняев совместно с академиком Я.Б. Зельдовичем (который, кстати, был одним из двух первых лауреатов этой премии – совместно с Эдвардом Виттенем, в 1985 г.) предсказали появление так называемых "акустических пиков" в микроволновом фоне и внесли важный вклад в эксперименты, обнаружившие эти пики.

Я от всей души поздравляю лауреатов и надеюсь, что эпоха замечательных открытий нашей Вселенной и, конечно, Земли продолжается.

Главный редактор журнала  
"Земля и Вселенная"  
академик Лев Матвеевич Зелёный



## СЕМЬ ЛЕТ “РАДИОАСТРОНА”



**Ю.Ю. КОВАЛЕВ,**

член-корреспондент РАН

Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

Московский физико-технический институт

DOI: 10.7868/S0044394819050013

***В июле 2019 г. исполнилось восемь лет с момента запуска 10-метрового радиотелескопа проекта “РадиоАстрон”. Выведенный 18 июля 2011 г., “Спектр-Р” проработал в космосе семь с половиной лет вместо запланированных трех. Совместно с крупнейшими наземными радиообсерваториями многих стран мира наш радиотелескоп позволял изучать далекие и яркие объекты во Вселенной: квазары, пульсары, космические мазеры. В мае 2019 г. работа орбитального аппарата завершилась, но обработка собранных данных продолжается. Ниже мы расскажем о самых ярких результатах “РадиоАстрона”, полученных к настоящему времени, и немного – о перспективах космической радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами.***

---

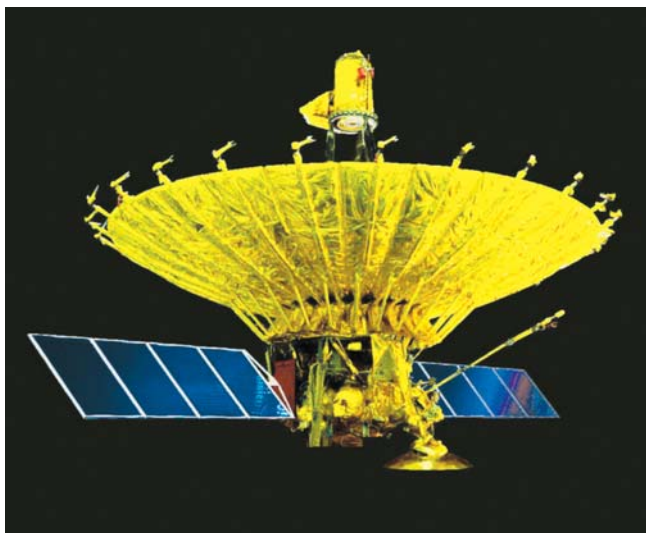
### РАДИОАСТРОН: ПРЕДЫСТОРИЯ

---

В 1931 году американец Карл Янский, радиоинженер и сотрудник лаборатории телефонной компании “Белл”, определил, что космические объекты являются источниками радиоволн. Хотя работы Янского нашли признание в научной среде не сразу, но тем не менее начало нового направления

науки – радиоастрономии – сейчас отсчитывают именно от них. Открылось новое “окно” для изучения космоса, и свой взор в него устремили радиотелескопы.

Спустя еще тридцать четыре года с начала радиоастрономии советские ученые Леонид Матвеевко, Николай Кардашев и Геннадий Шоломицкий теоретически обосновали возможность значительно повысить разрешающую



Космическая обсерватория  
"Спектр-Р". Изображение  
А. Захаров, ИКИ-Дизайн

способность радиотелескопов, то есть возможность различать наименьшие детали во время наблюдения. Идея состояла в одновременном использовании нескольких параболических антенн, размещенных на большом расстоянии друг от друга. Технологию назвали радиоинтерферометрией со сверхдлинными базами (РСДБ). Суть изобретения состояла в том, чтобы одновременно принимать радиосигнал от одного источника на несколько очень далеко разнесенных антенн так, будто его принимала одна антенна с диаметром, равным расстоянию между принимающими антеннами.

Такой метод позволяет изучать очень удаленные и очень компактные объекты космоса, если они являются яркими источниками

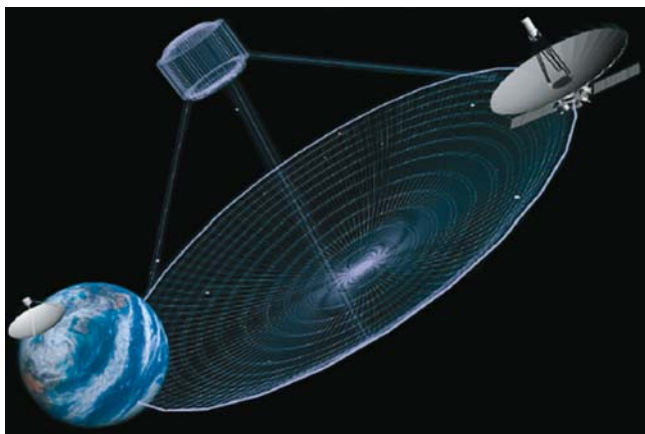
радиоволн. И чем больше расстояние между антеннами, тем больше разрешающая способность системы.

Осознав перспективы, которые открываются с такой технологией, ученые разных стран быстро договорились совместно использовать все большие радиотелескопы мира для наблюдения наиболее интересных астрономических объектов.

Единственным ограничением оказались не государственные границы, а диаметр планеты Земля, на которой расположены антенны. Типичное угловое разрешение наземных РСДБ-сетей на сантиметровых длинах волн составляет величину порядка одной тысячной угловой секунды, в 50 раз лучше разрешения космического телескопа имени Хаббла.

Логичным решением этой проблемы и еще большего увеличения разрешающей способности телескопов оказалось вынесение хотя бы одной антенны в космос.

Схематичное представление интерферометра со сверхдлинной базой, который создает антенны в космосе и на Земле. Рисунок госкорпорации "Роскосмос"



Первый эксперимент с космическим радиотелескопом был проведен в Советском Союзе. На околоземной долговременной орбитальной станции “Салют-6” (1977–1982 гг.) космонавты Владимир Ляхов и Валерий Рюмин развернули 10-метровый радиотелескоп (КРТ-10).

После этого в Советском Союзе приступили к разработке проекта наземно-космического радиотелескопа “РадиоАстрон”, который работал бы уже на отдельном космическом аппарате. Но производству и запуску помешали события, связанные с распадом СССР.

Более десяти лет работы по нему были фактически законсервированы, но проект тем не менее жил. Уже в 2000-е годы XXI века ученые и инженеры Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (АКЦ ФИАН) значительно пересмотрели его, учитывая последние достижения науки и техники. И с 2004 г. началось возрождение “РадиоАстрона”: продолжилось создание космической обсерватории по заказу Федерального космического агентства “Роскосмос”.

Главной технической сложностью были разработка и запуск космического радиотелескопа (КРТ) с раскладной антенной диаметром 10 м. Зеркало такого размера не поместится под головной обтекатель – была создана складная конструкция, состоящая из 27 сегментов-“лепестков”, которая должна была развернуться уже на орбите. Качество поверхности собирающего зеркала должно было быть очень высоким – с отклонениями не более 1 мм. Систему автоматического раскрытия антенны и спутниковую платформу создавали в Научно-производственном объединении им. С.А. Лавочкина. Космический аппарат получил название “Спектр-Р” (“Р” – сокращение от “радио”).



Почтовая марка СССР в честь 175-суточного полета экипажа “Союз-32” В.А. Ляхова и В.В. Рюмина на орбитальную станцию “Салют-6”. 1979 г.

Вторая техническая сложность – нужно очень хорошо синхронизировать время на разных антеннах. Без этого радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами не дает значительного преимущества, поскольку только при совпадении по времени записей сигналов, полученных разными

Космическая обсерватория “Спектр-Р” в сборочном комплексе НПО им. С.А. Лавочкина, 2010 г. Фото НПО им. С.А. Лавочкина



антеннами, удастся их скоррелировать или “объединить” в один общий сигнал. Для этого на каждом радиотелескопе, участвующем в сети РСДБ, устанавливается так называемый “водородный стандарт частоты” – сверхточные атомные часы. Для наземных телескопов здесь нет больших проблем, но для радиотелескопа на орбите также нужны атомные часы, достаточно точные, малой массы и размера, готовые к суровым условиям космоса. В нижегородской компании “Время-Ч” для “РадиоАстрона” специально разработали компактный водородный стандарт частоты.

Наконец, необходимо знать с высочайшей точностью координаты каждого телескопа, участвующего в наблюдениях. Разработкой и высокоточным определением параметров орбиты “Спектра-Р” занимался Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Его сотрудники смогли вос-

становливать орбиту аппарата с точностью лучше 1 см/с. Этого достаточно для получения интерферометрического сигнала на самой короткой длине волны наблюдений 1,3 см.

Накопление и корреляционная обработка научной информации производится в АКЦ ФИАН в Москве. Позже в обработке информации проекта “РадиоАстрон” приняли участие Институт радиоастрономии общества Макса Планка (Германия) и Объединенный европейский институт РСДБ (Нидерланды).

---

## НАЧАЛО РАБОТЫ

---

Старт космического аппарата “Спектр-Р” с 10-метровым космическим радиотелескопом на борту состоялся в июле 2011 г. с космодрома Байконур. Ракета “Зенит-2” и разгонный блок “Фрегат” вывели спутник на штатную орбиту. Через несколько дней 27 “лепестков” радиотелескопа успешно раскрылись, подобно зонтику.

Орбита для космического радиотелескопа была выбрана сильно вытянутая – эллиптическая: 1000 км от поверхности Земли в самой близкой точке и 350 тыс. км – в самой дальней. Такой полет позволяет проводить наблюдения на разных расстояниях от наземных обсерваторий, т.е. менять длину базы, от которой зависит разрешающая способность составного телескопа. Максимальная длина базы интерферометра “РадиоАстрона” равнялась почти 27 диаметрам Земли.

Длительность одного витка “Спектр-Р” на околоземной орбите составляла



---

*Космическая обсерватория “Спектр-Р” со сложенными “лепестками” антенны радиотелескопа в сборочном комплексе НПО им. С.А. Лавочкина, 2010 г.  
Фото НПО им. С.А. Лавочкина*



*а*



*б*



*Радиотелескопы: а – 140-футовый, в Грин Бэнк, Национальной радиоастрономической обсерватории, США. Фото Ю.Ю. Ковалёва; б – РТ-22, в Пуцзинской радиоастрономической обсерватории. Фото АКЦ ФИАН*

9 суток. Для постоянной работы требовались две наземные станции приема научных данных в разных полушариях. С восточного полушария связь поддерживалась 22-метровым радиотелескопом Пуцзинской радиоастрофизической обсерватории в Московской области. С 2013 г. в западном полушарии связь и прием информации обеспечивался через 43-метровый радиотелескоп американской обсерватории Грин Бэнк.

Первые три месяца полета “Спектра-Р” инженеры и ученые анализировали работоспособность служебных и научных систем, проводили тестовые включения приборов, определяли фактические характеристики инструмента. В сентябре 2011 г. телескоп увидел “первый свет”, т.е. успешно провел первые наблюдения радиоизлучения сверхновой Кассиопея А. Подтвердив

работоспособность приемной аппаратуры на всех четырех длинах волн радиодиапазона: 92 см, 18 см, 6 см и 1,3 см, – обсерватория перешла к испытаниям в режиме интерферометра.

В ноябре 2011 г. серия наземно-космических экспериментов с радиотелескопами России, Украины, Европы и США подтвердила работоспособность телескопа в режиме интерферометра. Проект “РадиоАстрон” официально стартовал!

### **НАУЧНАЯ ПРОГРАММА: РАННЯЯ, КЛЮЧЕВАЯ, ИНИЦИАТИВНАЯ**

Первые два года работы “РадиоАстрона” проходили по ранней научной программе. Она включала в себя наблюдения ядер активных галактик, пульсаров, космических мазеров

совместно с крупнейшими радиообсерваториями мира. Для космического аппарата в это время проходили летные испытания; ученые и инженеры продолжали изучать возможности радиотелескопа в космическом пространстве, определяли научные перспективы, которые открывал “РадиоАстрон”. Важно заметить, что никто никогда в мире не наблюдал ранее космические объекты с реализованным экстремальным угловым разрешением. Ученым необходимо было оперативно получить первые результаты для оптимизации дальнейшей программы исследований.

Возможности радиотелескопа “РадиоАстрон” оценивались по нескольким направлениям:

- зависимость качества наблюдений от расстояния между Землей и космическим аппаратом, т.е. от длины базы интерферометра. Сначала наблюдения велись на небольших базах, потом расстояние увеличивали, повышая сложность;

- прием сигналов на различных диапазонах длин радиоволн – радиоволны разной длины по-разному взаимодействуют с космическим пространством

и так же влияют на разрешающую способность (чем короче длина волны, тем выше разрешение телескопа);

- время когерентности – максимальная длительность накопления сигнала от космического радиисточника без существенных потерь;

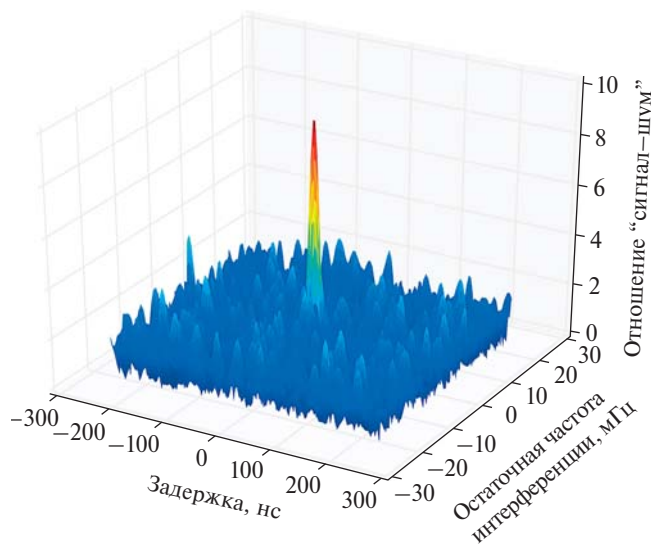
- взаимодействие с многочисленными научными институтами и наземными радиообсерваториями разных стран.

Результаты подтвердили новые возможности, которые открылись перед радиоастрономами всего мира. Так, разрешающая способность наземно-космического интерферометра оказалась в десять раз выше, чем могли получить радиотелескопы с Земли (а последующие наблюдения позволили еще увеличить этот показатель).

С 2013 г. в проекте “РадиоАстрон” был объявлен открытый конкурс заявок. Данное событие стало завершением ранней и ознаменовало начало Ключевой научной программы. С этого момента любой ученый мира мог предложить цель для исследования и обосновать ее научную значимость. Более 200 ученых из 19 стран подключились к работе в проекте.

Исходя из возможностей “РадиоАстрона” международный программный комитет, состоявший из ученых России, Австралии, Европы и США, рекомендовал следующие наиболее перспективные направления исследований:

- картографирование ядер активных галактик (квазаров);



Зарегистрированный интерферометрический сигнал квазара 3С 273 в созвездии Девы. По данным Ю.Ю. Ковалева и др. (2016)

Активная галактика с джетами, в представлении художника. Такие галактики были одними из основных объектов изучения в проекте "РадиоАстрон".  
Рисунок "Cosmvision"

---

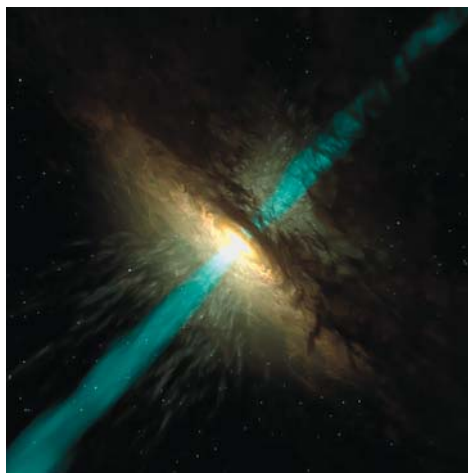
- картографирование релятивистских струй (джетов) из ядер активных галактик;
- измерение яркостной температуры ядер активных галактик;
- наблюдение пульсаров;
- изучения свойств межзвездной плазмы нашей Галактики при помощи излучения пульсаров и квазаров, а также в направлении центра Галактики;
- картографирование и изучение структуры космических мазеров в нашей галактике;
- поиск и наблюдение мегамазеров в дисках соседних галактик;
- проверка принципа эквивалентности Общей теории относительности через измерение гравитационного красного смещения.

Благодаря продленному сроку активного существования "Спектра-Р", научную программу удалось увеличить с трех до семи лет. В последние годы она включала как ключевые проекты, так и инициативные более компактные задачи. Наблюдения велись до начала 2019 г.

Сегодня можно констатировать, что "РадиоАстрон" позволил ученым лучше понять строение и свойства компактных радиоисточников как в нашей Галактике Млечный путь, так и в далеких активных галактиках и квазарах.

"РадиоАстрону" удалось достичь выдающихся научных результатов по следующим направлениям:

- наблюдать астрофизические объекты с рекордным разрешением;
- уточнить гипотезы о строении активных ядер галактик, формировании, магнитном поле, внутренней структуре



- и механизме излучения релятивистских струй и космических мазеров;
- обнаружить новые свойства космического пространства и астрофизических объектов, не наблюдавшиеся ранее;
- освоить новые методы наблюдений, исходя из новых знаний о распространении радиоволн в межзвездной среде.

---

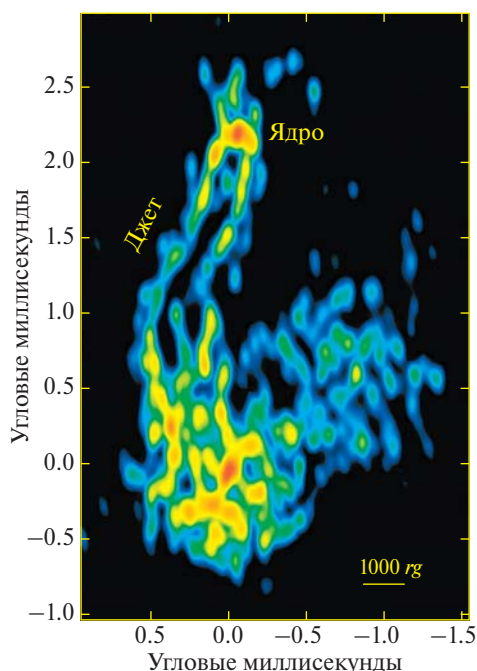
## ЧТО УВИДЕЛ "РАДИОАСТРОН"?

---

Какие же открытия сегодня можно назвать наиболее важными? Заметим, что ответ на этот вопрос зависит от учебного, с которым вы говорите...

### Открыта экстремальная яркость квазаров

Около полувека назад было показано, что яркость ядер квазаров не может превосходить определенный предел. Он измеряется в величине так называемой яркостной температуры и равен примерно  $10^{12}$  К. Причина предела связана со следующим. Если в ядрах квазаров излучают релятивистские электроны, то они начнут лавинообразно терять энергию за счет эффекта обратного комптоновского рассея-



Ядро галактики Персей А (NGC 1275)  
в радиодиапазоне. По данным  
Г. Гюваннини и др. (2018)

ния при превышении этой величины. Проще говоря, передадут свою энергию тем самым фотонам, которые излучили, в результате столкновений с ними. За типичное время на уровне нескольких часов сгусток плазмы вернется к уровню яркости ниже указанного предела. “Поймать” такой момент практически невозможно. Десятки лет ученые наблюдали квазары с Земли и подтверждали предсказание теории. Однако размер планеты Земля не позволяет зарегистрировать экстремальные величины яркости квазаров. Единственный вариант – выход в космос...

“РадиоАстрон” измерил яркость около 150 активных галактик, и яркостная температура, то есть интенсивность излучения, многих из них оказалась аномально высока: она

в несколько десятков раз превышает теоретически допустимую и ранее наблюдавшуюся. Современные гипотезы не позволяют однозначно объяснить причины поддержания обнаруженной яркости. Среди предложенных идей убедительно выглядит предположение об излучении релятивистских протонов. Однако пока не ясны механизмы их ускорения до околосветовой скорости.

### Аккреционные диски тоже могут закручивать джеты

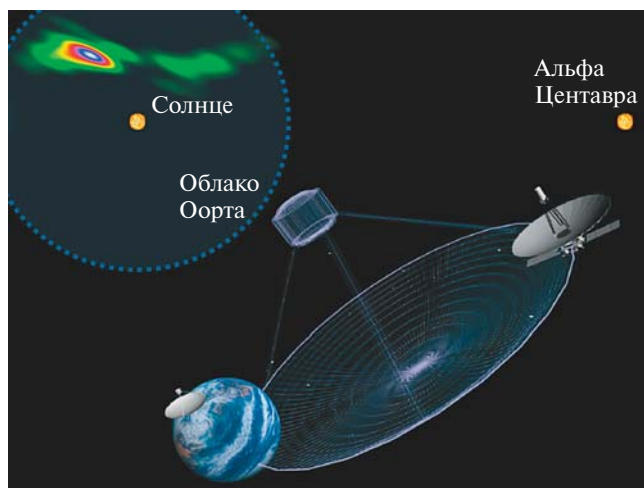
Десятки лет происходит борьба между двумя теориями, описывающими процесс формирования джетов – выбросов горячего вещества из центров галактик. Одна модель использует для закрутки джета центральную сверхмассивную черную дыру. Именно этот механизм считался основным у квазаров. Другая модель предполагала, что аккреционный диск галактик может выполнять эту функцию вместо черной дыры. Проверить это было практически невозможно из-за недостаточного углового разрешения интерферометров.

Наблюдение “РадиоАстроном” процесса формирования релятивистской струи (джета) из ядра близкой активной галактики Персей А с расстояния 230 млн световых лет показало связь между появлением джета и аккреционным диском вокруг центральной сверхмассивной черной дыры.

Изображение получено с беспрецедентным угловым разрешением, позволившим измерить ширину основания джета и исследовать детали структуры размером до 12 световых дней. Оказалось, что струя формируется сразу очень широкой – в сотни гравитационных радиусов. Черная дыра не в состоянии сформировать такую струю релятивистской плазмы. Получено пер-



Изображение выброса в активной галактике VL Lacertae в созвездии Ящерицы (900 млн св. лет от нас), полученное "РадиоАстроном" на длине волны 1,3 см. Для сравнения приведены размеры Солнца, облака Оорта и Альфа Центавра. Измерено фарадеевское вращение в основании выброса. По данным Х.-Л. Гомес и др. (2016)



вое подтверждение гипотезы “запуска” джета из аккреционного диска вокруг черной дыры, а не самой дырой.

### Определена структура магнитного поля в области ускорения джетов ядер активных галактик

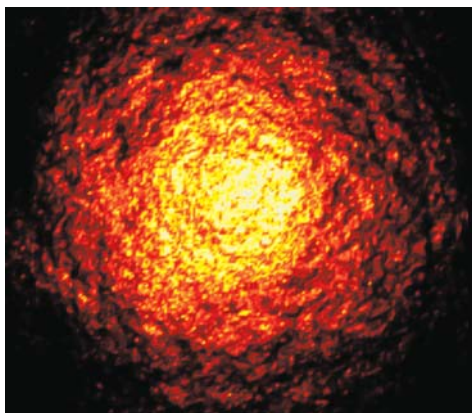
Магнитное поле играет ключевую роль в процессе формирования джетов в активных галактиках. Поэтому важно получить информацию о структуре магнитного поля в основании джетов. Это делается при помощи измерений направления электрического вектора линейной поляризации и фарадеевского вращения. “РадиоАстрон” дал возможность провести подобные измерения, требующие высочайшей чувствительности, так как поляризационный поток составляет не более нескольких процентов от полного принимаемого сигнала.

Поляризационное картографирование в проекте “РадиоАстрон” на длине волны 1,3 см с экстремальным угловым разрешением позволило выяснить, что магнитное поле имеет тороидальную форму. Оно работает как магнитная пружина, разгоняя и выталкивая плазму наружу.

### Обнаружен эффект экстремальной стратификации плазмы в галактических выбросах

Практически совершенно неизученными были свойства релятивистской плазмы в галактических выбросах из-за недостаточно высокого разрешения наземных интерферометров. Ученым удалось увидеть на “РадиоАстроне” эффект поярчения к краю в струях активных галактик. Это означает, что горячий газ течет быстрее по центру и медленнее на краях джетов из-за трения о межзвездную среду. Причем разница в скорости течения плазмы оказалась неожиданно крайне высока.

Описанное выше далеко не исчерпывает всех результатов, полученных в проекте. Можно вспомнить также, например, изящное открытие, полученное при изучении пульсаров, – был выявлен новый эффект рассеяния радиоволн в межзвездных облаках плазмы. Названный “субструктура рассеяния”, этот эффект вносит искажение в изображения высокого разрешения. Он, таким образом, “вредит” самим изображениям, но позволяет



*Компьютерная модель субструктуры рассеяния точечного радиоисточника демонстрирует новый эффект рассеяния, открытый "РадиоАстроном". По данным М. Джонсон и др. (2016)*

определять структуру и плотность межзвездного вещества в пространстве между Землей и пульсарами. Его необходимо учитывать и при исследовании центра Млечного пути, что стало важным вкладом в задачу поиска тени черной дыры в центре нашей галактики.

Еще одно открытие – в области звездообразования Цефей А, находящейся на расстоянии около 2 тыс. световых лет от Земли, впервые удалось разглядеть мельчайшие, сравнимые по размеру с Солнцем, источники мазерного излучения водяного пара. Ранее приборы были неспособны рассмотреть объекты такой величины на таком расстоянии, и новые данные позволяют лучше понять происхождение этих объектов. Предполагается, что наблюдаемые космические мазеры связаны с турбулентными вихрями в потоке газа от формирующейся массивной звезды.

Наконец, с помощью аппарата "Спектр-Р" были проверены эйнштейновский принцип эквивалентности и Общая теория относительности. Во-

дородный стандарт частоты на борту "Спектра-Р" в течение первых шести лет полета позволил провести десятки экспериментов по измерению эффекта гравитационного замедления времени. Анализ данных продолжается; по результатам их частичной обработки уже достигнута точность на уровне схожего эксперимента "Gravity Probe A" (0,01%), проведенного в США в 1976 г. По результатам дальнейшей обработки ожидается повышение точности примерно в 10 раз.

---

## "РАДИОАСТРОН": ЗАВЕРШЕНИЕ РАБОТЫ

---

В январе 2019 г. произошел сбой командного радиоконтекста на космическом аппарате "Спектр-Р". В мае Государственная комиссия "Роскосмоса" приняла решение прекратить попытки восстановления связи.

Таким образом, проект "РадиоАстроН" был завершен, но работа с полученными данными продолжается. Обработка российскими и международными научными группами накопленной в проекте информации – а это более 4 петабайт данных, которые хранятся в АКЦ ФИАН, потребует нескольких лет, так что можно ожидать новые открытия.

Кроме этого, коллектив АКЦ ФИАН совместно с инженерами НПО им. С.А. Лавочкина и ИСС им. М.Ф. Решетнева занимается разработкой нового проекта "Миллиметр" по заказу ГК "Роскосмос".

В этом проекте предстоит развить идеи, воплощенные в проекте "РадиоАстроН". Космический аппарат "Спектр-М" с телескопом миллиметрового диапазона (отсюда буква "М" в названии) должен быть выведен на расстояние 1,5 млн км от Земли в точку Лагранжа  $L_2$  (сейчас в эту точку движется астрофизическая рентгеновская обсерватория "Спектр-РГ"). Это обеспечит базу беспрецедентного разме-



Проект космической обсерватории "Миллиметрон", в представлении художника К. Калуцкой

ра и даст астрофизикам мира уникальные возможности по исследованию объектов Вселенной на миллиметровых и субмиллиметровых волнах. При таком разрешении можно будет, в частности, построить изображение черной дыры в центре нашей галактики и гораздо более детально разглядеть многие другие объекты (в том числе за ее пределами).

### Список рекомендуемой литературы

1. Фундаментальные космические исследования / В 2 кн. Под науч. ред. Г.Г. Райкунова. М.: Физматлит, 2014. Кн. 1: Астрофизика.
2. Многоканальная астрономия. Ред.-сост. ак. А.М. Черепашук – Фрязино, Московская область: Век 2, 2019.

### "РадиоАстрон" в цифрах:

**7,5 лет** научной работы на орбите;

**26,7 диаметра Земли (350 тыс. км)** – максимальная база интерферометра;

**8 микросекунд дуги** – максимальное разрешение – при наблюдении мазеров водяного пара в аккреционном диске в галактике M106 (мегамазер);

**1 секунда за 3 млн лет ( $10^{-14}$  с/с)** стабильность водородного стандарта частоты производства "Время-Ч" (Нижний Новгород);

**10 м** – диаметр антенны КА "Спектр-Р" – абсолютный рекорд для космических радиотелескопов с заполненной апертурой;

**До 25 радиотелескопов** на Земле в одновременной работе;

**Всего 58 радиотелескопов** участвовало в наблюдениях "РадиоАстрона" (из России, Европы, США, Африки, Австралии, КНР, Южной Кореи, Японии);

**3 коррелятора:** АКЦ ФИАН (Россия), Радиоастрономический институт Макса Планка (Германия), Объединенный институт РСДБ в Европе (Нидерланды);

**2 станции слежения** и сбора научной информации: 22-метровая антенна Пушинской радиоастрономической обсерватории (Россия) и 43-метровая антенна Green Bank Observatory (США);

**128 Мбит/с** – скорость передачи данных на Землю из любого положения космического аппарата на орбите;  
**4 петабайт** – объем накопленных данных;  
**92 см, 18 см, 6,2 см, 1,2–1,7 см** – длина волны проводимых наблюдений;  
**250 объектов** Вселенной изучено;  
**Более 4000** наблюдательных сеансов проведено;  
**240 ученых из 23 стран** мира приняли участие в наблюдениях;  
**Число публикаций на 2019 год:** около 100.

### *“РадиоАстрон” и Н.С. Кардашёв*

В августе 2019 г. от нас ушел **Николай Семёнович Кардашёв**, отец и бес-  
сменный руководитель проекта “РадиоАстрон”. Именно его оптимизм, безу-  
держная энергия и вера в успех позволили проекту пережить тяжелые годы раз-  
вала страны, возродиться и стать большим успехом отечественной космической  
науки.



Как отмечают многие, Николай Семёнович был настоящим визио-  
нером от науки. Он мог безоши-  
бочно предсказать и настоять на  
наиболее правильном пути разви-  
тия проекта даже в ситуации, когда  
большинство признанных мировых  
лидеров не поддерживали его точку  
зрения. Например, никто не ожидал  
экстремальной яркости квазаров,  
поэтому высказывались серьезные  
аргументы против большой проек-  
ции базы интерферометра. Рассея-  
ние на длинных радиоволнах долж-  
но было привести к значительному  
увеличению наблюдаемых разме-  
ров космических объектов. Соот-  
ветственно, были аргументы про-  
тив диапазонов 18 и 92 см на борту  
спутника. Никто даже не догадывал-  
ся о субструктуре рассеяния, кото-  
рую открыл “РадиоАстрон” как раз  
в этих диапазонах на больших на-

земно-космических базах. Теперь из-за этого открытия пришлось изменить  
даже результаты анализа данных, получаемых по центру нашей Галактики на  
коротких радиоволнах.



## “ЗОНДЫ” ВОЗВРАЩАЮТСЯ



**В.В. ШЕВЧЕНКО,**

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

DOI: 10.7868/50044394819050025

**После завершения первого этапа исследований обратной стороны Луны, когда были получены обзорные данные на большую часть всей лунной поверхности, началось осуществление следующих шагов с помощью принципиально новой космической техники. Во второй половине 1960-х гг. в СССР на правительственном уровне была принята перспективная программа изучения Луны с использованием нового поколения пилотируемых космических кораблей.**

---

### ЛУННАЯ ПИЛОТИРУЕМАЯ ПРОГРАММА СССР

---

Постановлениями Правительства от 3 августа 1964 г. и от 25 октября 1965 г. была утверждена пилотируемая программа лунных исследований. Программой предусматривались работы по реализации двух параллельных проектов: облета Луны к 1967 г. (программа “Л-1”) и посадки на поверхность земного спутника к 1968 г. (программа “Л-3”).

С точки зрения новых более детальных исследований невидимого с Земли лунного полушария, первоочередной интерес представляют результаты проекта пилотируемого облета Луны (программа “Л-1”).

Проект предусматривал пролететь один раз над обратной стороной Луны, поле тяготения которой искривляет траекторию корабля и направляет его назад к Земле. Перехода на окололунную орбиту и схода с нее не планировалось, объем научных исследований был ограничен, что было не столь важно для такого проекта. Это позволяло значи-



*Ракета-носитель "Протон" с беспилотным КК "Союз-7К-Л1" на старте. Космодром Байконур. 1967–1970 гг. Фото РКК "Энергия" им. С.П. Королёва*

тельно снизить массу лунного корабля и использовать уже существовавший с середины 1960-х гг. тяжелый носитель "Протон". Советские облетные корабли были рассчитаны на экипаж из двух космонавтов. Комплекс "Л-1" состоял из разгонного блока "Д" массой 18,2 т (в том числе масса топлива – 15 т), космического корабля 7К-Л1 массой 5,5 т и головного обтекателя с двигательной установкой системы аварийного спасения экипажа. Начальная масса комплекса составляла 27,5 т, в момент второго включения блока "Д" – 18,2 т. Блок "Д" разрабатывался как пятая ступень ракеты-носителя "Н1 – Л3", предназначенная для торможения корабля около Луны.

Согласно проекту "Л-1", космонавты должны были выполнить облет Луны в специально разработанном только для этой цели корабле "Союз-7К-Л1" ("лунный-первый"). Этот корабль был схож с предназначенным для полетов по околоземной орбите кораблем "Союз-7К-ОК" (орбитальный ко-

рабль), известным широкой публике, как "Союз". Главные отличия корабля "Союз-7К-Л1" от "Союз-7К-ОК" – отсутствие орбитального отсека, усиленная теплозащита спускаемого аппарата для входа в атмосферу со второй космической скоростью, система навигации и ориентации по звездам, система дальней связи с параболической остро-направленной антенной.

Интересной особенностью проекта "Л-1" был способ возвращения корабля на Землю после облета Луны. Вход в атмосферу планировалось осуществить над Южным полушарием Земли. При этом за счет аэродинамических сил спускаемый аппарат снова поднимался в космос, а его скорость уменьшалась со второй космической (11,2 км/с) до суборбитальной (2,5 км/с). Повторный вход в атмосферу проходил уже над территорией СССР. Такая схема позволяла осуществить посадку в высоких широтах в заранее выбранном районе территории нашей страны.

В "ОКБ-1" было изготовлено 15 экземпляров КК 7К-Л1, из которых только 5 совершили успешные или частично успешные полеты под названиями "Космос-146", "Космос-154", "Зонд-4" – "Зонд-8". При этом корабли "Космос-146" и "Космос-154" совершили испытательные (отработочные) полеты по околоземной сильно вытянутой эллиптической орбите без облета Луны. Космические корабли "Зонд-5" – "Зонд-8" выполнили полный облет Луны с последующим возвращением на Землю. Программа "Л-1" предусматривала как минимум два пилотируемых полета после проведения трех полностью успешных (зачетных) беспилотных полетов.

Одновременно с созданием новой космической техники проводилась подготовка экипажей. Впервые в практике космических полетов того времени: в состав экипажей, помимо космо-

навов-пилотов, включали специалистов инженерного профиля.

В 1963 г. была создана лунная группа в отряде гражданских космонавтов при «ОКБ-1» в Центре подготовки космонавтов. Начиная с 1965 г., ее оформили документально как «Отдел подготовки космонавтов – командиров и исследователей по лунной программе», в феврале 1967 г. отдел сформирован окончательно. Вновь созданное подразделение возглавил космонавт В.Ф. Быковский. В группу гражданских космонавтов входили О.Г. Макаров, Н.Н. Рукавишников, В.И. Севастьянов, Г.М. Гречко, В.Н. Кубасов, К.П. Феоктистов, В.Н. Волков.

Валерий Фёдорович Быковский (1934–2019) обладал уникальным свойством – на него не действовала невесомость – так, как на других. По свидетельствам медиков, обычно в первые часы (или даже дни) полета всех без исключения космонавтов укачивает. Из-за естественного в условиях невесомости прилива крови к голове они чувствуют себя некомфортно. Эти особенности фиксировали практически у всех экипажей, несмотря на жестокий отбор и длительные тренировки. Лишь один человек не испытывал никаких проблем с адаптацией на орбите – это был В.Ф. Быковский. Медики изучали организм космонавта № 5 и признали его случай уникальным.

Валерий Фёдорович должен был стать одним из героев советской лунной пилотируемой программы. В штатном расписании первой пилотируемой лунной экспедиции



*Космонавт В.Ф. Быковский в период подготовки по лунной программе.  
Фотохроника ТАСС*

В.Ф. Быковский занимал место командира основного экипажа. По предварительным назначениям, экипаж В.Ф. Быковский – Н.Н. Рукавишников должен был совершить первый облет Луны.

В период подготовки к этому запуску В.Ф. Быковский контактировал с астрономами Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ, где к тому времени был выполнен обширный комплекс работ по исслед-

*Беседа В.Ф. Быковского и директора ГАИШ  
Д.Я. Мартынова. ГАИШ МГУ, 1965 г.  
Фото Т.А. Бируля*





Космический корабль "Союз-7К-Л1" в полете над Луной. Компьютерная графика. РКК "Энергия" им. С.П. Королёва

дованию естественного спутника Земли, включая, в частности, пионерские работы по изучению обратной стороны Луны. Ведущие сотрудники Отдела исследований Луны и планет ГАИШ, включая автора этих строк – тогда еще младшего научного сотрудника, прочитали в ЦПК специальный курс лекций по лунной тематике.

## ВПЕРВЫЕ В МИРЕ: КК "ЗОНД-5" ВЕРНУЛСЯ

Первый успешный облет Луны в беспилотном варианте совершил КК "Зонд-5", стартовавший 14 сентября 1968 г. с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя "Протон". Несмотря на некоторые технические проблемы программа облета Луны была выполнена. В результате двух коррекций с помощью двигателей корабля на промежуточной траектории, при под-

лете к Луне, 18 сентября "Зонд-5" облетел Луну с минимальным расстоянием 1950 км от поверхности и вышел на траекторию возвращения к Земле.

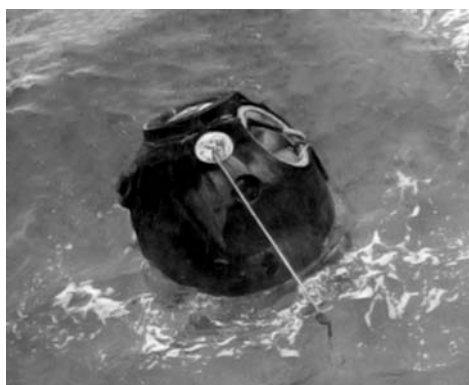
В процессе полета были проведены исследования, выполнявшиеся впервые в практике космонавтики того времени. На борту станции впервые была установлена совершенная фотосъемочная аппаратура. При возвращении на Землю КК "Зонд-5" получил высококачественные фотографии Земли с расстояния 90 000 км. Получение этих снимков было особенно важно, поскольку отснятые пленки были доставлены на Землю и обработаны в земных лабораториях. Эти фотоматериалы не пришлось "проявлять" и сканировать на борту станции, а затем передавать по радиоканалу, как это делалось при выполнении предыдущих полетов за пределы околоземных орбит.

На борту КК "Зонд-5" был проведен биологический эксперимент с участи-



ем черепах, винных мух, личинок мух, мучных червей, растений, зерен, бактерий и других биоматериалов. Черепахи стали первыми живыми существами в истории, возвратившимися на Землю после облета Луны. Выбор черепах был обусловлен тем, что им не требовалось оборудование для кормления в невесомости – они могут не есть и не пить в течение полутора недель. Одной из важных задач этого эксперимента было измерение дозы радиации, которую получил бы человек в корабле на лунной трассе: в частности, при пересечении радиационных поясов. Измеренная интегральная доза составила около 3,5 рад, что соответствовало предварительным расчетам. Таким образом, анализ этих данных показал, что радиационные условия на исследованной трассе Земля–Луна–Земля при спокойном состоянии солнечной активности не являются опасными для человека.

К сожалению, при сближении с Землей на “Зонде-5” вышел из строя датчик, указывающий на положение в пространстве. В результате этого 21 сентября на скорости 11 км/с спускаемый аппарат корабля вошел в атмосферу Земли под чрезмерно “крутым” углом. После спуска в атмосфере по баллистической траектории в течение 6 мин с пиковыми ускорением 16 g и температурой 13 000 °С аппарат на парашютной системе приводнился в Индийский океан, в 105 км от ближайшего советского океанографического исследовательского судна ВМФ “Василий Головин”. 25 сентября биологические образцы были извлечены из спускаемого аппарата “Зонда-5” на борту “Василия Головина”. Черепахи потеряли около 10% веса, но оставались активными и демонстрировали хороший аппетит. 3 октября спускаемый аппарат доставили в Бомбей (Индия), а оттуда самолетом “Ан-12” отправили в Москву. В настоящее



*Спускаемая капсула КК “Зонд-5” после приводнения в Индийском океане. 21 сентября 1968 г.*

время он экспонируется в музее РКК “Энергия” им. С.П. Королёва.

Несмотря на сложности и ряд нестандартных ситуаций при осуществлении первого в мире эксперимента по возвращению корабля на Землю (со второй космической скоростью, после облета Луны), основные задачи беспилотной миссии КК “Зонд-5” были выполнены.

Спустя примерно три месяца, в период с 21 по 27 декабря 1968 г. запущенный в США пилотируемый космический корабль “Аполлон-8” с экипажем из трех астронавтов на борту сделал 10 витков вокруг Луны, после чего возвратился на Землю. В связи с этим в марте 1969 г. руководством СССР было принято решение о прекращении подготовки космонавтов по лунно-облетной программе.

Однако запуски космических кораблей серии “Зонд” в беспилотном варианте, начавшиеся с престижного полета КК “Зонд-5”, продолжались. В ноябре 1968 г. состоялся облет Луны (с возвращением на Землю) беспилотного корабля “Зонд-6”. В августе 1969 г. был осуществлен полет “Зонда-7”. Последний запуск по программе “Л-1” беспилотного космического корабля “Зонд-8” состоялся в октябре 1970 г.

---

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПРИРОДЕ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

---

Наиболее информативные фотоматериалы по обратной стороне Луны были получены в процессе выполнения миссий “Зонд-7” и “Зонд-8”.

Космическая станция “Зонд-7” была запущена 7 августа 1969 г. Главная цель запуска – проведение широкого круга технических экспериментов по отработке усовершенствованных систем аппаратуры и конструкции станции. Были установлены: новые системы управления движением с использованием бортовой ЭВМ, обеспечивающей применение наиболее оптимальных приемов на всех этапах полета; новые системы бортовой аппаратуры дальней радиосвязи для приема и передачи информации и определения параметров траектории полета.

Программа научных исследований во время полета станции включала проведение измерений физических характеристик космического и окололунного пространства и Луны, а также фотографирование “в цвете” Земли и Луны.

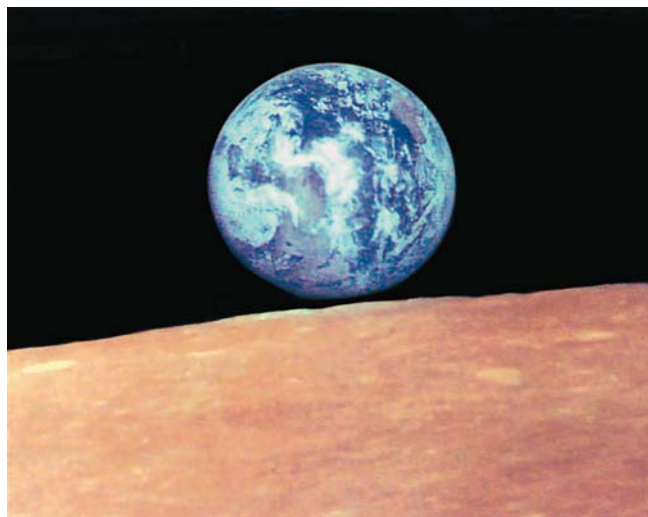
На следующий день после запуска в результате проведения необходимого маневра станция вышла на проме-



*Снимок Земли, полученный с помощью КК “Зонд-7” на участке траектории удаления от нашей планеты. 11 августа 1969 г.*

жуточную траекторию. На этом этапе полета с борта станции были получены фотографии Земли с расстояния 70 000 км от нашей планеты. Поскольку в системе съемочной аппаратуры использовались цветные фотоматериалы – полученные изображения были необыкновенно зрелищны.

11 августа 1969 г. “Зонд-7” облетела Луну при максимальном сближении (1985 км) и провела два сеанса фотографирования Луны и Земли. Спускаемый аппарат “Зонда-7” вернулся на Землю



*Снимок Земли над лунным горизонтом, полученный с борта космической станции “Зонд-7” с участка траектории пролета над лунной поверхностью. 11 августа 1969 г.*



*Снимок полной структуры Моря Восточного, полученный с пролетной траектории КК “Зонд-8” под необычным ракурсом. 24 октября 1970 г.*

14 августа 1969 г., выполнив в штатном режиме “нырок” в атмосферу, и успешно приземлился в заданном районе Казахстана, южнее г. Кустанай.

Последний аппарат этой серии – беспилотный КК “Зонд-8” – стартовал 20 октября 1970 г. На следующий день было проведено фотографирование Земли с высоты 64 480 км, а день спустя станция совершила маневр на промежуточной траектории, на расстоянии 250 000 км. Фотосъемка Земли выполнялась на протяжении 3 дней полета станции, было также проведено два сеанса с участка пролетной траектории за Луной (24 октября на высоте 1110 км).

С борта космической станции было получено значительное число фотографических изображений, успешно доставленных на Землю. Отличное качество полученных результатов съемки (конкретно с учетом высокого разрешения и разнообразных ракурсов) обеспечили получение нового весьма интересного материала о природе раз-

личных образований обратной стороны Луны. Можно остановиться на одном – показательном – примере исследования форм рельефа.

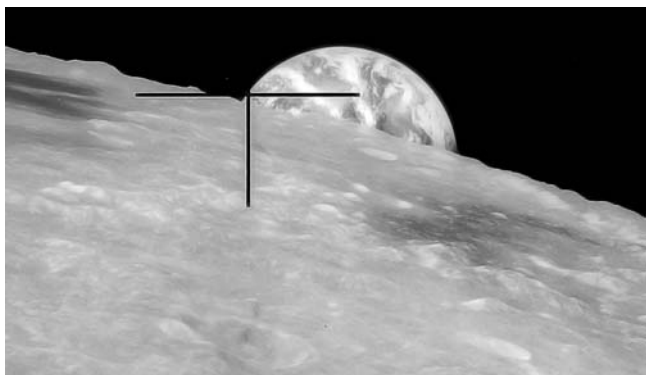
Особенности необычной кольцевой структуры Моря Восточного (диаметр основного кольца этого бассейна – около 930 км), расположенного на западной окраине видимого полушария Луны, вызывал особый интерес планетологов с момента ее обнаружения – на начальном этапе съемок обратной стороны Луны. Если центральная часть этого образования с самого начала представлялась результатом типичного для Луны заполнения ударной депрессии в ходе излияния глубинных лавовых потоков, то механизм возникновения периферийных деталей этой структуры оставался неясным.

Съемка поверхности обратной стороны Луны, проведенная с борта “Зонда-8”, предоставила в распоряжение исследователей новые факты. Примеры строения некоторых лунных крате-



Снимок части кратера  
Эйткен, полученный  
с большим разрешением  
с борта КК "Зонд-8".  
24 октября 1970 г.

ров "показали", что, несмотря на практически полное отсутствие в пределах обратного полушария структур морского типа, для которых характерно излияние глубинных потоков лавы, отдельные случаи существования в прошлом подобных процессов все же обнаруживаются. Наглядным примером может служить материковая поверхность в южном полушарии Луны, в области кратера Эйткен, отображенная на одном из снимков, полученных с помощью КК "Зонд-8". На нем среди многочисленных ударных кратеров только лишь кратер Эйткен имеет характерную структуру дна – с темным лавовым покрытием. На снимке высокого разрешения эта особенность дна кратера Эйткен отображена в деталях.



Морфологические структуры дна и характер контакта светлого материкового вещества анортозитов, из которого состоит вал кратера, с темным веществом лавовой интрузии, с очевидностью указывают на наличие типичных признаков излияния глубинных потоков базальтовой лавы. При подробном изучении нетрудно убедиться в том, что морфологические особенности лавового покрытия внутренней части кольцевой структуры Моря Восточного и дна кратера Эйткен весьма сходны. Эти особенности могут служить убедительным подтверждением аналогичного характера процессов, в результате которых формировались обе структуры.

Однако, если вернуться к снимкам южной части структуры Моря Восточного, полученным при высоком разрешении и при боковом ракурсе съемки, нетрудно убедиться в различной морфологии рассматриваемых структур. В отличие от отчетливо выделяющегося характера интрузивных лавовых потоков центральной структуры Моря Восточного, вид рассматриваемого сате-

ллитного лавового потока, который вытекает из южной части структуры Моря Восточного, вид рассматриваемого сате-

Крупномасштабное  
изображение южной,  
отдельной структуры  
морфологического комплекса  
Моря Восточного. Фрагмент  
снимка, полученного с борта  
КК "Зонд-8". 24 октября 1970 г.





Фрагменты "Полной карты Луны" (масштаб 1 : 5 000 000) области Моря Москвы изданий 1967, 1975 и 1979 гг., соответственно

литного образования, скорее, выглядит как область поверхностного насыпного вещества.

Результаты съемок поверхности обратного полушария Луны, полученные во время полетов беспилотных кораблей серии "Зонд", а также выполненных на этой основе исследований были полностью опубликованы в третьей части "Атласа обратной стороны Луны". Издание было подготовлено коллективом авторов под руководством Ю.Н. Липского и выпущено в свет в издательстве "Наука" в 1975 г.

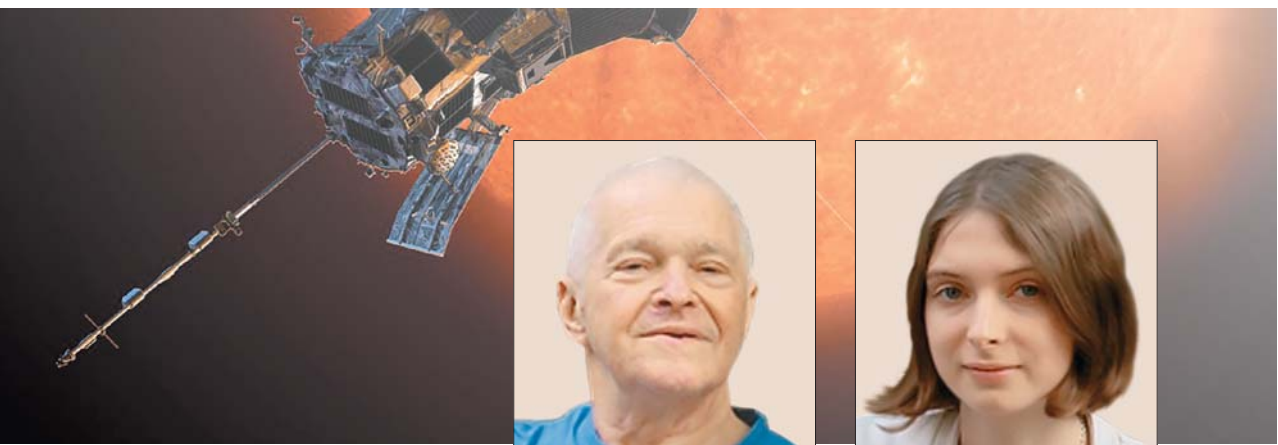
Новые результаты съемок лунной поверхности, полученные с помощью космических станций серии "Зонд", были также использованы при подготовке второго и третьего изданий "Полной карты Луны" в масштабе 1 : 5 000 000, на которых качество изображения и детальность воспроизведения образований лунного рельефа были существенно улучшены.

То, как происходило совершенствование изображения рельефа лунной поверхности, можно проследить, сравнивая фрагменты изданий "Полной карты Луны" 1967, 1975 и 1979 гг. соответственно.

Новые данные о фигуре и рельефе Луны (по результатам обработки фотографий, доставленных кораблями "Зонд-6" и "Зонд-8"), были получены коллективом авторов в Институте космических исследований Академии наук под руководством Б.Н. Родионова (1971, 1976 гг.). Они же подготовили на основании указанных снимков отдельные листы карт крупного масштаба (до 1 : 500 000) избранных районов лунной поверхности.

Итак, помимо осуществления ряда пионерских задач в развитии космической техники запуски аппаратов "Зонд-5" – "Зонд-8" позволили получить новые, в то время весьма актуальные, данные о природе обратного полушария Луны.

## ПОЛЕТ К СОЛНЦУ



### И.С. ВЕСЕЛОВСКИЙ,

доктор физико-математических наук

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына

Институт космических исследований РАН

### К.Б. КАПОРЦЕВА,

магистр физических наук

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына

DOI: 10.7868/S0044394819050037

**В статье рассказывается о парадоксах в исследовании солнечного ветра и даются ответы на вопросы: почему дует солнечный ветер? зачем лететь к Солнцу? кому и зачем это нужно? почему корона Солнца горячее поверхности нашей звезды? На эти и другие вопросы должны ответить исследования внешней короны Солнца с помощью космической солнечной обсерватории “Паркер” (Parker Solar Probe – солнечный зонд Паркер), названной в честь американского астрофизика Юджина Паркера.**

---

## ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА

---

Зачем лететь ближе к Солнцу? Это необходимо, чтобы узнать, почему фотосфера нашего светила нагрета до 5778 К, тогда как температура короны достигает 1,5 млн К. В результате прямых исследований может быть рас-

крыта загадка этого парадокса, а также будут определены тонкие процессы, протекающие внутри Солнца и в его внешних слоях, механизм возникновения солнечного ветра и прогнозирования “космической погоды”.

Ни один твердый материал не выдержит температуру, которая есть внутри звезды. Модели Солнца говорят о том, что его температура быстро рас-



На картине «Падение Икара» великий нидерландский художник Питер Брейгель Старший (ок. 1558 г.) запечатлел в аллегорической форме легенду об Икаре – герой упал в море и тонет около корабля (справа внизу) после его неудачной попытки полететь к Солнцу. Королевский музей изящных искусств (Брюссель)

тет с глубиной, под видимой поверхностью фотосферы, и достигает в центре более 15 млн градусов. Даже приблизиться к нашему светилу очень трудно хотя бы на короткое время. Мечта об этом, дошедшая до нас в греческой легенде об Икаре и Дедале, жива. Все слышали об этой легенде и знают, как она заканчивается.

Наука и техника иногда могут творить чудеса и делать невозможное возможным, но это – не тот случай. Знаний о Солнце и много, и мало, в этом – главный парадокс. Нам не известны самые простые закономерности ближайшей к нам звезды: как и почему формируется магнитное поле Солнца? Чем обусловлен 11-летний цикл солнечной активности? Каков процесс формирования солнечных пятен и можно ли предсказать солнечную вспышку? Излишне говорить о большом практическом зна-

чении этих знаний – они необходимы всем землянам.

Для того, чтобы приблизиться к пониманию протекания процессов в зонах конвективной и лучистого переноса, ранее их исследовали с помощью немецко-американских космических солнечных обсерваторий «Гелиос-1» (1974–1985) и «Гелиос-2» (1976–1979), приблизившихся к Солнцу на расстояние 0,31–0,28 а.е. (46,37–42,73 млн км) соответственно. Начиная с 2008 г., NASA готовила более амбициозную программу полета космической солнечной обсерватории «Паркер» к Солнцу: 12 августа 2018 г. она стартовала с космодрома Канаверал с помощью самой мощной американской ракеты-носителя «Дельта-4» для осуществления долгожданной миссии. Научную координацию проекта осуществляет Лаборатория прикладной





*Старт ракеты-носителя "Дельта-4" с космической солнечной обсерваторией "Паркер".  
12 августа 2018 г. Фото NASA*

физики Университета им. Дж. Хопкинса в Мериленде (США).

Задолго до этого события группа авторов из Ракетно-космической корпорации "Энергия" им. С.П. Королёва подала (31 апреля 1994 г.) и опубликовала (10 апреля 1997 г.) патентную заявку № 2076832 со следующей формулировкой изобретения: "Солнечный зонд, включающий передний теплозащитный экран в виде конуса; внутренние теплозащитные экраны-диафрагмы, размещенные перпендикулярно продольной оси аппарата; торцевую теплозащитную стенку с кольцом; приборную панель, смонтированную за теплозащитной стенкой (отличается тем, что в нее дополнительно "введен" радиационный экран в виде усечен-

ного обратного конуса, состоящего из отдельных секций, соединенных между собой и передним теплозащитным экраном с тепловыми трубами). Теплозащитные экраны-диафрагмы размещены внутри каждой секции обратного конуса в большем ее основании, при этом испарительный участок, где происходит испарение от каждой тепловой трубы, "проложен" на поверхности экрана-диафрагмы. Площадь радиационной поверхности каждой секции обратного конуса равна (или больше) площади экрана-диафрагмы этой же секции; торцевая теплозащитная стенка с кольцом связана термоизолирующим элементом – с торцом последней секции обратного конуса. Приборная панель выполнена в виде закрепленного



на кольце теплозащитной стенки, вдоль центральной оси аппарата плоского теплового аккумулятора”.

Описание этого патента с приложенными к нему четырьмя рисунками, пояснительной запиской и расчетной температурой на поверхности и внутри космического аппарата иначе как недоразумением и парадоксом трудно назвать. Это оказалось тем самым, что сделали в США и на что были затрачены немалые силы и средства.

Гораздо труднее понять тот факт, что в 585 г. до н.э. древнегреческий мудрец Фалес Милетский впервые удачно предсказал полное затмение Солнца на территории Передней Азии (ЗиВ, 2018, № 6). Как он это сделал? – Загадка и своеобразный парадокс для современных историков науки. По-видимому, ему помогли прежние его занятия и путешествия по разным странам, включая Египет и Вавилон; жрецы могли что-то знать о саросе (повторяемости затмений) и других таинственных небесных явлениях. Но сейчас пойдет речь не об этом. – В предлагаемой статье (в заключении) авторы познакомят читателей с еще двумя интересными парадоксами.

---

## КОРОТКО ОБ ИСТОРИИ И ЗАДАЧАХ МИССИИ “ПАРКЕР”

---

Мысль приблизиться к Солнцу и произвести там измерения неоригинальна: как только появились ракеты, эта идея стала овладевать умами разных людей и развиваться в самых неожиданных направлениях – от праздного любопытства вплоть до серьезных предложений проверки фундаментальных законов природы. В зависимости



*Космическая солнечная обсерватория “Паркер” на фоне Солнца, в представлении художника. Рисунок NASA*

от задачи обсуждалось обеспечение той или иной научной аппаратурой. В окончательном виде проект с рабочим названием “Солнечный зонд” (“Solar probe”); были разные модификации названия) десятки лет лежал на полках разработчиков и претерпевал видоизменения. Менялись времена, правительства, технологии... Наконец, пришла пора осуществления дорогостоящего замысла.

Согласно официальным документам NASA, миссия нацелена на исследование прямыми способами околосолнечного пространства на недоступных ранее расстояниях – вплоть до  $9,86 R_{\odot}$  (6,9 млн км) от центра нашего светила. Прежний рекорд был установлен немецкой солнечной космической обсерваторией “Гелиос-2” в 1976 г., – она приблизилась к Солнцу на 42,73 млн км. “Паркеру” ставили задачу: проследить поток энергии, которая нагревает корону и ускоряет солнечный ветер, определить структуру и динамику магнитных полей у источников солнечного ветра, выяснить, какие механизмы ускоряют и транспортируют энергичные частицы.

После запуска обсерватории “Паркер” поступили официальные сообщения о том, что американская автоматическая межпланетная станция NASA “Доун” (“Dawn”; ЗиВ, 2008 в обзоре “Полеты АМС”; 2017, № 1, с. 96–98; 2017, № 4, с. 54; 2018, № 4, с. 64), предназначенная для изучения астероида Веста и карликовой планеты Церера, использовала свое топливо и прекратила работу на орбите Цереры. Она тоже подлетала очень близко к Солнцу (с 2007 г. до 2018 г.) и проводила исследования под защитными экранами. У этой станции были совсем иные задачи – получить и передать на Землю огромное количество изображений; исследовать рельеф малых планет. Но использовалась похожая методика для защиты аппаратуры от перегрева.

## СПОСОБЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЗАМЫСЛА

Для защиты конструкции космического корабля и аппаратуры от высокой температуры вблизи перигелия применяется пассивная и активная, ее защита. Пассивная защита представляет собой жаропрочные экраны, которые создают тень в мощном потоке излучения от

Солнца. Активная защита представляет собой сложную систему охлаждения циркулирующей водой. Тщательные расчеты и наземные испытания показали работоспособность и надежность такой комбинированной системы. Однако как быть с теми участками, которые неминуемо должны входить в контакт с горячей окружающей средой? Предусмотрены отдельные окна в защите и достаточно кратковременные сеансы наблюдений через них. Понятно, что будут некоторые искажения из-за этого; их можно попытаться учесть при обработке данных.

К этому надо добавить рекламную шумиху в чисто американском стиле – мировое сообщество в целом проявляет восторг от задуманного и поддерживает огромные затраты сил и средств на государственном уровне. Они предназначены для научных целей. Однако в американском обществе есть и скептические голоса, их тоже нужно слышать. Мир сложен и разнообразен.

Траектория полета зонда должна удовлетворять нескольким требованиям: сближение с Солнцем на установленное расстояние в максимально кратчайшие сроки и возможность передачи данных на Землю. Для того чтобы выполнить эти требования в ходе полета, “Паркер” совершит несколько гравитационных маневров рядом с Венерой.



График движения космической солнечной обсерватории “Паркер” при планировавшемся ранее запуске, 31 июля 2018 г.; в действительности старт состоялся 12 августа. Вычисления выполнены в Лаборатории реактивного движения США. Рисунок NASA

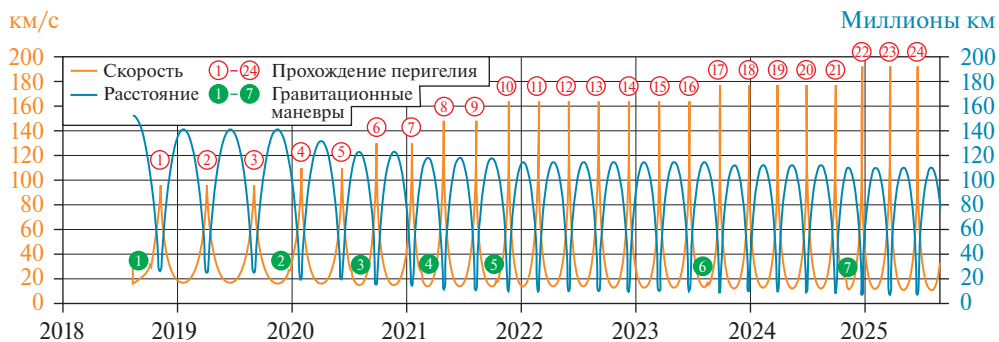


График скорости и расстояния от Солнца до космической солнечной обсерватории "Паркер" с момента запуска, в 2018 г., до 2026 г. Расчеты выполнены в Лаборатории реактивного движения США. Рисунок NASA

Первый пролет мимо Венеры состоялся 28 сентября 2018 г. Каждый следующий будет уменьшать период обращения зонда вокруг Солнца и увеличивать его скорость, позволяя еще больше приблизиться к светилу. Очередной маневр запланирован на 21 декабря 2019 г., после этого период обращения "Паркера" вокруг звезды уменьшится (со 150 суток до 130 суток).

Во время прохождения перигелия (сближение с Солнцем на минимальное расстояние) зонд получает необходимые данные; при прохождении афелия (максимальное удаление от Солнца) может появиться возможность совершить гравитационный маневр у Венеры и передать данные на Землю (при удачном расположении планет). Получается, что у нас нет возможности сразу узнать, что измерил зонд, – данные "сбрасываются" на Землю в периоды сближения зонда с Землей.

6 мая 2019 г. "Паркер" передал первые 22 Гбайта научных данных, собранных во время первых двух встреч с Солнцем. Более высокая скорость передачи данных позволила команде запросить у зонда еще больше данных, полученных во время прохождения второго перигелия. Эти дополнительные 25 Гбайта данных были

получены в период с 24 июля по 15 августа 2019 г. Третье и четвертое сближения с Солнцем ожидаются 28 августа 2019 г. и 24 января 2020 г., соответственно, причем четвертое сближение произойдет уже после очередного гравитационного маневра у Венеры и позволит "Паркеру" пролететь еще ближе к Солнцу.

## ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

С точки зрения авторов статьи, наиболее интересный результат может быть получен задолго до окончания миссии, уже в 2019 г., – при условии успешных измерений и передачи информации о первом сближении с Солнцем в перигелии (5 ноября 2018 г.) – когда "Паркер" приблизился к Солнцу со скоростью 95 км/с (!) на рекордно малое расстояние – 15 млн км! Потребуется еще некоторое время для осмысления этих достижений.

Научная группа профессора В.В. Красносельских (Французский национальный центр космических исследований в Марселе, CNRS) является единственной неамериканской участницей этого проекта NASA; она имеет хороший шанс проверить свою теорию образо-



Установка магнитометров на “стрелу” космической солнечной обсерватории “Паркер” в Лаборатории прикладной физики университета им. Дж. Хопкинса (США). Фото NASA

вания солнечного ветра за счет преимущественного нагрева электронов волнами Ленгмюра (сейчас подобных теорий много). Трудно понять, какой из них следует отдать предпочтение. Решить проблему помогут только наблюдения и правильная теоретическая интерпретация. Предположение о нагреве короны ленгмюровскими волнами не рассматривали ранее и не рассматривают сейчас по причине слабой и медленной передачи энергии от электронов к ионам. От всех других ожидаемых результатов предполагают получить уточнения известных фактов и закономерностей – ничего особенного не предвидится.

Таков состав аппаратуры и программа. Конечно, будет получена научная информация о малоисследованных участках окосолнечного пространства, но потребуется немалое время для ее обработки.

## КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ И СОСТАВ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Температура в солнечной короне достигает миллиона градусов, однако “Паркер” не будет подвержен столь экстремальному воздействию: дело в том, что плотность солнечной плазмы короны очень мала, и, хотя частицы переносят огромную энергию, но их количества недостаточно для того, чтобы ее “передать” зонду. Вспомним, что вода, нагретая до  $+100^{\circ}\text{C}$ , опасна для кожи человека, а воздух такой же температуры (при кратковременном воздействии) – нет. Причина этого – в том, что плотность воздуха в 1000 раз меньше плотности воды. Плотность солнечной короны, в свою очередь, в миллиарды раз меньше, чем ее показатели в воздухе. Таким образом, истинная температура, которая “угрожает” “Паркеру” – около  $1400^{\circ}\text{C}$ , но и это немало. Поэтому одной из самых важных частей зонда является тепловой щит в передней части аппарата, защищающий его приборы и системы от перегрева.

Космическая солнечная обсерватория “Паркер” (размеры  $1 \times 3 \times 2,3$  м, масса 555 кг, с топливом при запуске – 685 кг) снабжена солнцезащитным щитом диаметром в 2,4 м и толщиной в 11,5 см, изготовленным из жаропрочных углеродных материалов. Слой углеродной пены, заключенный между слоями углеродных пластин, – очень прочный, но на 97% состоит из воздуха, что обеспечивает его теплоизолирующие качества. На внешнюю сторону щита нанесена белая керамическая краска, задача которой – отразить максимальное количество солнечного излучения. В итоге на теневой стороне щита достигается температура  $+30^{\circ}\text{C}$  – комфортная для работы приборов. Для того чтобы приборы не подвергались солнечному излучению, они



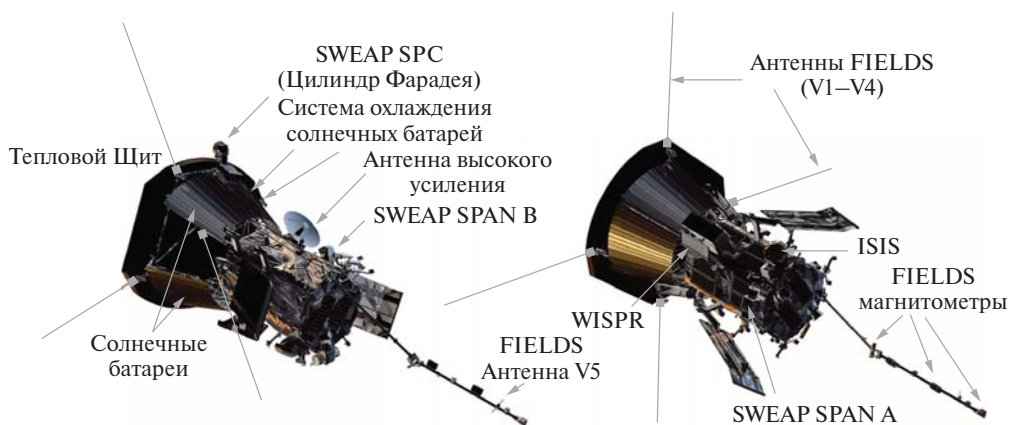


Схема расположения приборов на космической солнечной обсерватории "Паркер". Рисунок NASA

большую часть времени должны находиться в тени щита, – поэтому космический аппарат всегда повернут щитом к Солнцу. На случай, если ориентировка “собьется”, на корпусе установлены “датчики солнечного лимба”: когда на них попадает солнечный свет, они подают сигнал системам, и положение автоматически корректируется.

Для обеспечения энергией на космической обсерватории установлены солнечные батареи. Они не “спрятаны” за щит, однако при приближении к Солнцу даже они скрываются в тени, оставляя рабочим небольшой сегмент, необходимый для поддержания работы приборов. Батареи тоже необходимо защищать от перегрева, для этого на зонде предусмотрена система охлаждения. Почти 4 литра воды циркулируют по трубам, “отводя” тепло от батарей и “охлаждаясь” в хвостовой части аппарата; для того чтобы вода не закипала, она содержится под давлением.

На обсерватории установлено 5 научных приборов.

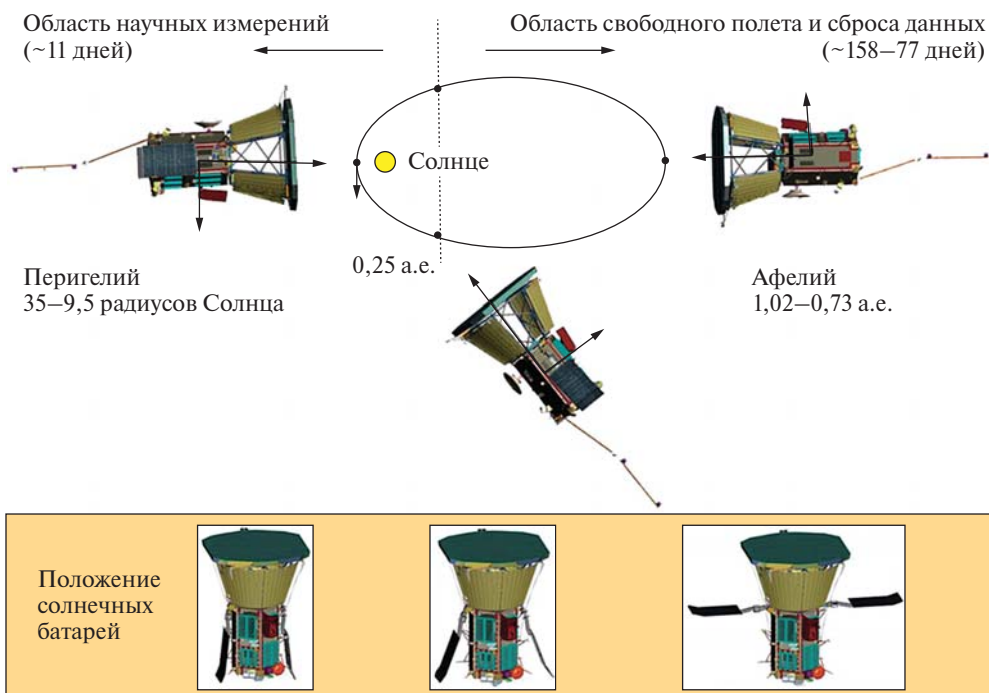
Прибор *FIELDS* (fields – поля) предназначен для измерения электромагнитных полей и волн на рекордно малых расстояниях от нашей звезды (научный руководитель – Стюарт Бейли, Кали-

форнийский университет). Среди физических явлений, которые можно изучить с помощью этого прибора – такие, как: волны Альвена<sup>1</sup> и турбулентность, вектор Умова-Пойнтинга<sup>2</sup>, плотность плазмы и ее флуктуации, электронная температура, “плавающий” потенциал, радиоизлучение Солнца.

Ключевыми компонентами прибора *FIELDS* являются: пять датчиков напряжения, два магнитометра, магнитометр с катушкой поиска, основной пакет электроники. Вспомогательные системы включают в себя четыре штыревых антенны длиной 2 м – V1, V2, V3 и V4 – изготовленные из жаропрочного сплава ниобия. Датчик напряжения на конце “стрелы” магнитометра длиной около 4 м обозначен как V5. Все пять устройств должны посылать сигналы на плату антенной электроники, которая является частью основного электронного пакета, а каждый датчик (V1–V5)

<sup>1</sup> Магнитогидродинамические волны в плазме, распространяющиеся вдоль силовых линий магнитного поля, играют большую роль в физических процессах, происходящих в гелиосфере, в магнитосферах Земли и других планет.

<sup>2</sup> Определяет плотность потока энергии электромагнитного поля.



Ориентация солнечной обсерватории "Паркер" в полете и положение солнечных батарей.  
Рисунок NASA

имеет свой собственный предварительный усилитель, который передает этот сигнал. В датчики интегрированы различные электрические и электронные системы обработки; они принимают необработанные сигналы и преобразуют их в данные программного обеспечения для передачи обратно, на Землю, посредством радиосвязи. Для экономии энергоресурсов "сброс" информации на Землю производится только на минимальном расстоянии от нее.

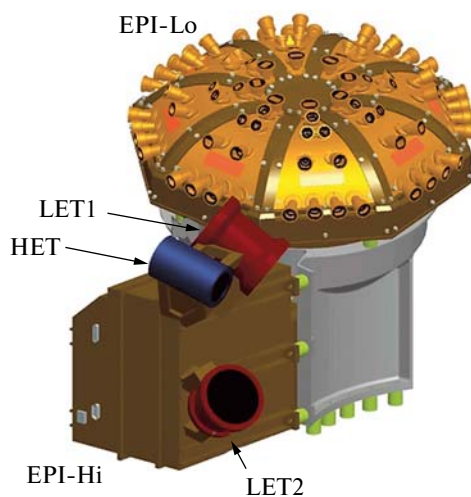
Отметим, что, наряду с основными задачами, этот прибор предназначен для измерения параметров пылевой короны вокруг Солнца по ударам частичек пыли о поверхность антенн V1-V5. (Так близко от нашей звезды еще не пролетал ни один космический аппарат!)

Цель эксперимента IS $\odot$ IS (Integrated Science Investigation of the Sun – комплексное научное исследование Солн-

ца) – детектирование электронов, протонов и тяжелых ионов, ускоренных до высоких энергий в атмосфере светила, а также определение их энергетических спектров, состава и углового распределения (руководитель проекта – Дэвид МакКомас, Принстонский университет). Эти измерения помогут более детально изучить явления, "отвечающие" за космическую погоду: корональные выбросы массы, солнечные вспышки, корональные дыры. По замыслу авторов этого инструмента, в него включен двухкомпонентный набор для измерения энергичных частиц в очень широком диапазоне энергий, а также для скоординированного управления проведенных научных операций по обработке данных и научному анализу. В общем объеме наблюдения IS $\odot$ IS позволяют исследовать механизмы динамики энергичных частиц, в том числе: их происхождение (опреде-

ление зародышей и физических условий, необходимых для ускорения энергичных частиц); насколько они ускоряются (определение роли ударных волн, механизмов пересоединения, волн и турбулентности); как они переносятся – выявление того, как энергичные частицы распространяются из короны в гелиосферу.

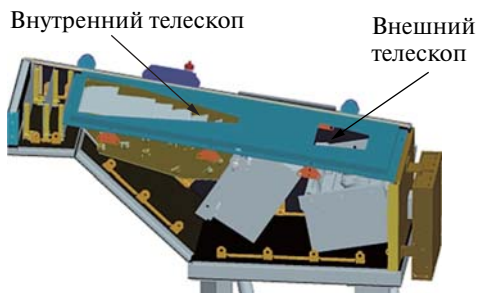
Два электростатических анализатора измеряют спектры и состав ионов с более низкими (EPI-Lo) и более высокими (EPI-Hi) энергиями. EPI-Lo измеряет ионы и ионный состав от общей энергии 20 кэВ/нуклон – 15 МэВ и электронов с энергией ~ 25–1000 кэВ. Анализатор EPI-Hi измеряет ионы с энергией ~ 1–200 МэВ/нуклон и электроны с энергией ~ 0,5–6 МэВ. EPI-Lo содержит 80 крошечных отверстий с полями зрения, которые охватывают почти полное полушарие, в то время, как EPI-Hi объединяет три телескопа. Вместе они имеют пять отверстий с большим полем зрения: двусторонний высоко энергетичный HET (High Energy Telescope) и два низко энергетичных – двусторонний LET1 и односторонний LET2 (Low Energy Telescope). Прибор непрерывно наблюдает внутри 0,25 а.е. с высокой скоростью сбора данных и регистрирует всплески в канале EPI-Lo, “согласованные” с другой частью полезной нагрузки. Вне 0,25 а.е. он работает в низкоскоростном режиме – когда это возможно, чтобы зафиксировать как можно более полную запись, обеспечить калибровку и непрерывность измерений ближе к Солнцу. В центре научных операций IS<sup>☉</sup>IS планируют и осуществляют “командование”, получают и анализируют все данные IS<sup>☉</sup>IS, а также координируют научные наблюдения и анализы с другими научными исследованиями. Вместе уникальные наблюдения IS<sup>☉</sup>IS позволят открыть, “распутать” и понять важные физические процессы, управляющие энергичными частицами в глубинных областях гелиосферы.



Устройство инструмента IS<sup>☉</sup>IS.  
Рисунок NASA

Камера WISPR (Wide-field Imager for Solar PRobe – камера с широким полем зрения для солнечного зонда) состоит из двух оптических телескопов для наблюдения солнечной короны. Телескопы не подвергаются прямому солнечному излучению, они находятся в тени щита. Их совместное поле зрения простирается на 95° в радиальном направлении и 58° в направлении, перпендикулярном радиальному. С их помощью видят отраженный от пыли и частиц солнечный свет; основываясь на похожем принципе, работают коронографы. Такие снимки дают представление о плотности вещества, находящегося в поле зрения камеры. С их помощью ученые надеются получить больше информации о свойствах пыли и заряженных частиц вблизи солнечной короны, наблюдать за плотными 3D-структурами – такими, как корональные выбросы массы, – и проверить теорию существования беспылевой области рядом с Солнцем. Камера WISPR обладает разрешением 2000 × 2000 пикселей.

Остановимся подробнее на параметрах телескопов. Внутренний теле-



Устройство широкоугольной фотокамеры WISPR. Рисунок NASA

скоп имеет фокусное расстояние 28 мм и апертуру 42 мм<sup>2</sup>. Его поле зрения “обрезается” на 13,5°, если за 0° считать направление на Солнце; таким образом, сам солнечный диск не попадает в поле зрения. Внешний телескоп имеет фокусное расстояние 19,8 мм и апертуру 51 мм<sup>2</sup>. Его поле зрения начинается от 50° (там, где заканчивается поле зрения внутреннего) и продолжается до 108°.

В открытом доступе (интернет) уже есть несколько снимков, полученных с помощью этой камеры. Главным исследователем, использующим прибор WISPR, является Рассел Ховард (Военно-морская научная лаборатория США). Ранее его группой были созданы успешно работающие коронографы для наблюдений Солнца из космоса, установленные на многих других аппаратах (например, коронографы SECCHI и LASCO – на космических солнечных обсерваториях “STEREO” и “SOHO”).

Прибор SWEAP (Solar Wind Electrons Alphas and Protons Investigation – исследование электронов, альфа-частиц и протонов солнечного ветра) “собирает” наблюдения с двух дополняющих друг друга инструментов – цилиндра Фарадея SPC и анализатора SPAN. Вместе они предоставляют информацию о наиболее распространенных частицах солнечного ветра – электронах, протонах, ионах гелия. В результате обработки получают

сведения о плотности, скорости, температуре и о других параметрах.

SPC (Solar Probe Cup – цилиндр солнечного зонда) – это цилиндр Фарадея, он состоит из высокопрозрачных сеток и коллектора. На них подают переменные импульсы электрического напряжения для “сортировки” измеряемых частиц. Сетка переменного напряжения также помогает “отделить” фоновый шум, создаваемый космическими лучами и фотоэмиссионными электронами. Температура вблизи передней части инструмента может достигать очень высоких значений, поэтому в приборе используются кусочки сапфира для электрической изоляции различных компонентов. Когда обсерватория приближается к Солнцу, то SPC “принимает” до 146 измерений в секунду для того, чтобы точно определить скорость, плотность и температуру плазмы. Интересно, что цилиндр Фарадея не скрывается за жаропрочным щитом. Для того чтобы выдержать высокие температуры, корпус цилиндра выполнен из листов титана-циркония-молибдена – сплава молибдена с температурой плавления около 2349° С. Сетки напряжения изготовлены из вольфрама – металла с самой высокой известной температурой плавления (3422° С). Важно не только сделать прочным и жаростойким прибор, но и предусмотреть устойчивость к высоким температурам его электроники. Для того чтобы решить эту проблему, провода сделали из ниобия (из этого материала сделаны антенны V1–V4 FIELDS) и прикрепили их на трубки из сапфирового стекла. Для наземных тестов прибора ученые использовали ускорители частиц и “солнечную” печь, которая имитировала излучение Солнца с помощью 10 000 регулируемых зеркал.

Детектор SPAN (Solar Probe Analyzers – анализаторы солнечного зонда) состоит из двух инструментов:



SPAN-A и SPAN-B; они имеют широкие поля зрения, позволяющие им “видеть” части пространства, которые не наблюдает SPC. Частицы, сталкивающиеся с детекторами, попадают в лабиринт, который “посылает” их через ряд deflectоров для сортировки по массе и заряду. SPAN-A имеет два компонента для измерения как электронов, так и ионов; SPAN-B “смотрит” только на электроны.

Главный исследователь, использующий прибор SWEAP, – Джастин Каспер (Мичиганский университет). Он работал также над цилиндром Фарадея для космического аппарата “DSCOVR” (ЗиВ, 2019, № 2).

## ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ЗОНДА

Первые данные “Паркер” отправила во время пробного сеанса связи в августе 2018 г. К радости научной команды солнечного зонда все приборы начали слаженно функционировать.

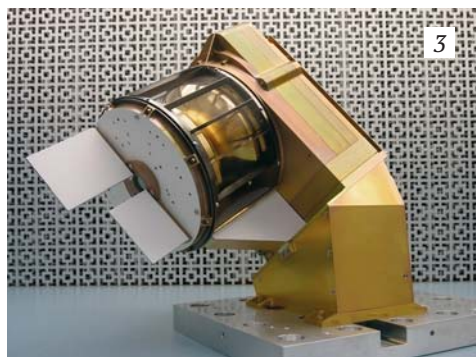
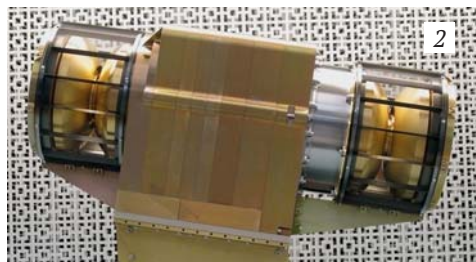
С помощью прибора SWEAP (SPC) 6 сентября 2018 г. получен образец данных, который в ходе пробного сеанса связи затем был успешно передан на

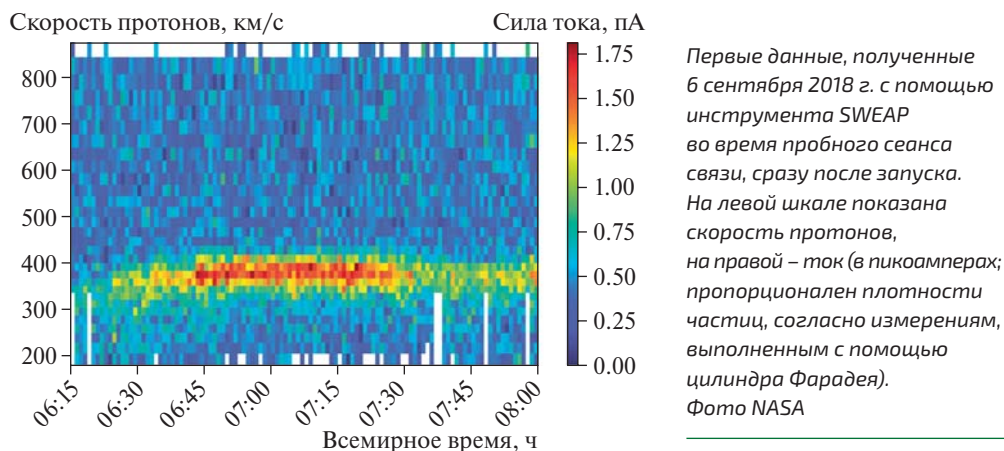
Землю. Большое количество частиц со скоростью около 400 км/с, зарегистрированных прибором, есть не что иное, как поток солнечного ветра.

Снимки Млечного Пути были получены с помощью камеры WISPR осенью 2018 г. На первом снимке, сделанном в сентябре, обсерватория только отдалялась от Земли. Второй снимок сделан позднее, на нем видна солнечная корона и корональный стример (поток более плотной плазмы солнечного ветра).

13 августа 2018 г. получены данные измерения магнитного поля Солнца, выявленные с помощью магнитометра (входит в комплекс приборов FIELDS). Магнитометр не случайно крепится на длинной стреле: если прикрепить его на корпусе космического аппарата, то он будет измерять его собственное магнитное поле. Для того чтобы измерять поле межпланетной среды, магнитометр должен быть установлен на удалении от корпуса обсерватории – на складной штанге (“стреле”), которая выдвигается после отделения космического аппарата

Приборы комплекса SWEAP: цилиндр Фарадея (1), анализаторы SPAN-a (2) и SPAN-b (3). Снимки сделаны в Гарвард-Смитсоновском Центре астрофизики

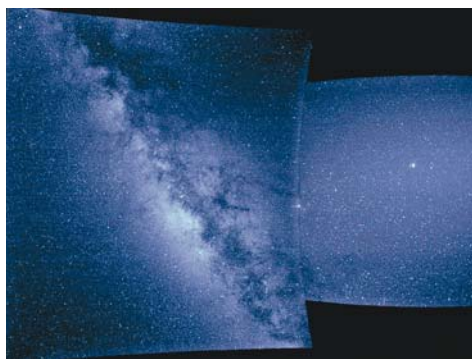




от ракеты-носителя. Во время “выброса” стрелы большое по величине магнитное поле вокруг аппарата сменяется меньшим по величине полем солнечного ветра. 21 сентября 2018 г. с помощью этих приборов удалось зафиксировать радиовсплеск от солнечной вспышки с помощью антенн V1 –V4 комплекса FIELDS.

Хотя несколько сближений с Солнцем уже состоялось, данные были

“сброшены” на Землю только летом 2019 г. Потребуется еще некоторое время для их обработки, осмысления и публикации результатов. Так что о “проверке” гипотез и теорий говорить еще рано. Радует то, что передача данных проходит без проблем и все приборы работают в штатном режиме. Авторы статьи с нетерпением будут ждать результатов работы приборов обсерватории “Паркер”.

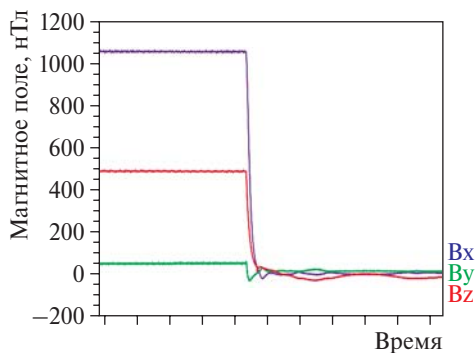
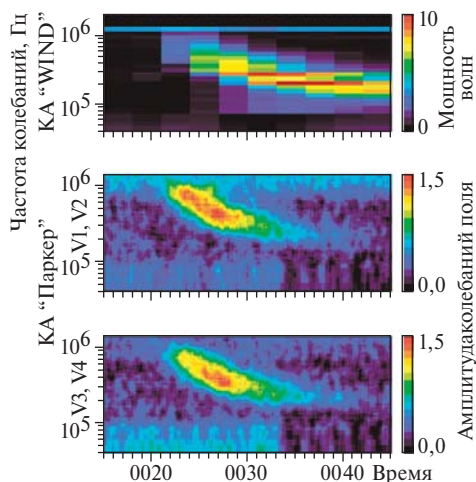


Пробное изображение Млечного пути (слева) и участка неба с планетой Юпитер (справа); получено осенью 2018 г. с помощью прибора WISPR. Широкоугольная фотокамера WISPR состоит из двух частей. На изображении (левый снимок) – поле внешнего телескопа, на правом снимке – 40-градусное поле зрения внутреннего телескопа. Фото NASA



Изображение, полученное с помощью широкоугольной камеры WISPR 8 ноября 2018 г. На нем можно увидеть корональный стример (яркие лучи). Эффективный объект в центре изображения – Меркурий, темные пятна – результат “обработки” изображения. Фото NASA

Данные измерения, полученные с помощью магнитометра комплекса FIELDS от 13 августа 2018 г. Разные цвета соотносятся с разными компонентами вектора магнитного поля. Фото NASA



Регистрация радиовсплеска, зарегистрированного с помощью прибора WAVES на КА "Wind" (сверху) и антенн прибора FIELDS, установленных на солнечной космической обсерватории "Паркер". Для сравнения – на рисунке приведены данные этого же радиовсплеска, полученные с помощью космического аппарата "Wind", запущенного в 1994 г. (вверху). Преимущества прибора на обсерватории "Паркер" очевидны. Рисунок NASA

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отметим, что солнечный ветер "открыл" не Юджин Паркер, в честь которого названа обсерватория. Об этом явлении знали (или догадывались) многие ученые задолго до него. И даже название ему присвоили образное – "Solar Wind".

Первые в мире прямые измерения потоков солнечного ветра были выполнены с помощью специальных ловушек – цилиндров Фарадея (в нашей стране в 1959 г. в ходе полетов первых советских АМС "Луна", вышедших за пределы магнитосферы Земли; ЗиВ, 2009, № 4). Затем это стало привычным делом при осуществлении всех последующих межпланетных полетов. Некоторое время спустя очень быстро

вышло из употребления старомодное словосочетание "корпускулярные потоки от Солнца". Все заговорили о "солнечном ветре", плазме и о других гелиосферных процессах.

Первая работа Ю. Паркера по солнечному ветру была опубликована лишь в 1957 г., но в ней нет ни слова о понятии "солнечный ветер". Парадокс... У Паркера нет даже полагающихся в таких случаях отсылок на научные труды известного британского астрофизика австрийского происхождения Германа Бонди (1919–2005). В 1952 г. он построил точно такую же математическую конструкцию – с единственным отличием: взяв знак "плюс" вместо "минуса" для радиальной скорости при решении квадратного уравнения Бернулли. Г. Бонди был увлечен аккрецией и думал только о ней. Оказалось, что все не

так, а наоборот: вещество не падает на нашу звезду, а удаляется от нее с большим ускорением; Солнце теряет свою массу, а не приобретает.

Могло бы быть и иначе; тогда, скорее всего, не существовало бы ни Земли, ни жизни на ней. Сейчас уже известно много звезд с планетами, вращающимися вокруг них. У некоторых подозревают существование условий, пригодных для жизни.

Приведем еще один парадокс. В.В. Красносельских и руководимая им группа ученых выполнили много теоретических и экспериментальных исследований относительно механизмов радиоизлучения третьего типа на Солнце и в гелиосфере; идея нагре-

ва короны лэнгмюровской турбулентностью разработана этой группой весьма глубоко и подробно. Мысль о нагреве ионов в короне тем же самым способом, “через электроны”, осталась вне поля зрения. После обработки новых данных станет понятно, поможет ли эксперимент FiELDS разрешить проблему нагрева солнечной короны. Авторы надеются, что новые данные, полученные с помощью обсерватории “Паркер”, дадут ответы и на другие интересные вопросы физики Солнца, рассмотренные в настоящей статье.

Авторы благодарят В.В. Красносельских за полезное обсуждение и помощь в работе над статьей.

## Информация

### Открыта экзопланета в Млечном Пути

19 августа 2019 г. открыта вторая планета на орбите вокруг  $\beta$  Живописца – молодой звезды в нашей Галактике в процессе формирования – массой примерно  $3000 M_{\oplus}$  (или  $9 M_{\text{Ю}}$ ), расположенной на расстоянии примерно 2,7 а.е. Экзопланета  $\beta$  Живописца с совершает один оборот вокруг родительского светила в течение 1200 сут. Подобно  $\beta$  Живописца b, открытой в 2009 г., она представляет собой газовый гигант, вращающийся вокруг своей оси со скоростью 25 км/с (90 000 км/ч). Планета  $\beta$  Живописца с была открыта в результате анализа данных наблюдений системы в высоком разрешении за 10 лет, проведенных при помощи инструментов обсерватории Ла-Силья Европейской Южной Обсерватории.

Видимая на небе невооруженным глазом звезда  $\beta$  Живописца массой  $2 M_{\odot}$  является почти “новорожденной”: ее возраст составляет всего лишь 23 млн лет. Она окружена пылевым диском и расположена довольно близко к нам – на расстоянии всего лишь около 63 св. лет.

*Журнал “Nature Astronomy”,  
19 августа 2019 г.*



## НАУКА НА КОЛЕСАХ. АГИТАВТОБУС МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ

DOI: 10.7868/50044394819050049

**П**ервый агитавтобус Московского Планетария начал работать в 1950 г. Агитационный автобус – это специально переоборудованный автобус, в котором был установлен “дневной” экран, аппаратура для проекции узкоплёночных фильмов (а также диапозитивов  $8 \times 8$  и слайдов), звукоусилительные установки, радиоприемники и магнитофоны. Кроме того, к месту выступления в агитавтобусе доставлялись всевозможные астрономические и физические демонстрационные приборы – телескоп (или бинокляр) для наблюдений различных небесных объектов<sup>1</sup>.

Выступления сотрудников планетария, выезжавших в агитавтобусе, пользовались у москвичей особой популярностью.

В первое время на агитавтобусах устанавливались передвижные электростанции (движки), способные обеспечить собственной электроэнергией работу всей его аппаратуры. Однако в дальнейшем, с развитием местной электросети и созданием транзисторной аппаратуры, работающей от батарей или аккумуляторов, надобность в собственных источниках переменного тока практически отпала.

<sup>1</sup> “Роль планетариев в пропаганде естественно-научных знаний” (сборник). М.: изд-во “Знание”, 1977 г.

В отдельные годы одновременно использовалось два автобуса; в конце 1970-х гг. работал один автобус типа “полковой автоклуб”, выездная бригада состояла из двух лекторов и водителя-демонстратора.

Программа (“выезд”) открывалась рассказом о планетарии, в его основе использовались материалы специальной выставки, состоящей из пяти – шести художественных стендов. В рассказе, в зависимости от состава аудитории, давался краткий обзор наиболее интересных астрономических событий. Вступительная беседа завершалась ответами на вопросы.

За ней следовала беседа по физике с демонстрацией физических приборов и опытов, а затем две лекции: первая, как

---

*Перед выездом... 1953 г. Фото из архива Московского планетария*





Агитавтобус планетария.  
Середина 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария

---



Лекцию о Солнечной системе  
читает С.С. Эльманович.  
Конец 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария

---



---

Лекторы С. Эльманович,  
Т. Елькина, Н. Розенблюм  
у Агитавтобуса, 1953 г.  
Фото из архива  
Московского планетария

*Выступает лектор  
Н.Д. Розенблюм. Начало  
1950-х гг. Фото из архива  
Московского планетария*

---

правило, географическая или атеистическая, а вторая – астрономическая. Выступление заканчивалось демонстрацией научно-популярного кинофильма и наблюдениями небесных светил в телескоп.

Что касается бесед по теме “Физика”, то в первые годы работы агитавтобусов большой популярностью у слушателей, особенно в детской аудитории, пользовалась беседа о звукозаписи. В процессе беседы производилась запись выступлений зрителей на магнитную пленку с последующим воспроизведением. Магнитная запись в те годы была новинкой, бытовых магнитофонов в продаже почти не было, и эта тема вызывала большой интерес. Весьма существенное влияние на содержание работы Агитавтобуса оказало и развитие телевидения.

Наиболее важными в работе агитавтобусов были вечерние выезды в массовую аудиторию: в пределах Москвы это были парки культуры и отдыха, агитплощадки крупных ЖЭКов, а в других городах и населенных пунктах – парки, сады, площадки при Дворцах культуры и клубах, крупные общежития. Нередко во время таких выездов выступления лекторов планетария слушали



одновременно сотни, тысячи людей. Такие мероприятия превращались в мощное средство массовой естественно-научной пропаганды. Наибольшее число выездов приходилось на пионерские лагеря, расположенные в пределах Московской области и в прилегающих районах соседних областей.

Заявки на обслуживание лагерей принимались еще до начала каникулярного сезона, то есть в апреле – мае. В соответствии с поступившими заявками в лекционно-массовом отделе Планетария составлялось расписание выездов на все три летних месяца. При этом учитывалось расположение лагерей относительно основных шоссе дорог, а также их расстояние от Москвы и друг от друга. Тематику выездов составляли



---

*Знакомство с телескопом  
в сельской местности,  
середина 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария*



*Лектор В.Н. Комаров  
рассказывает о Вселенной.  
Середина 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария*

с таким расчетом, чтобы в течение одного лета (а, возможно, и в следующих другом сезонах) одни и те же лекции в одном и том же лагере не повторялись.

Со временем почти все подмосковные пионерские лагеря стали располагать хорошо оборудованными клубными помещениями, с большим затемненным зрительным залом, радиоусилением и стационарными киноустановками. Поэтому в большинстве случаев выступления проводились в клубах, а соответствующую аппаратуру из автобуса переносили на сценические площадки. В случае, если в клубе отсутствовало радиоусиление – применялась имевшаяся в запасе выносная усилительная установка. При выступлениях в помещении клубов кинолентку (узкую или широкую) передавали

коррективы, связанные со спецификой этой работы.

Опыт показывал, что продолжительность выезда Агитавтобуса не должна быть больше полутора – двух часов для массовой взрослой аудитории и час-час тридцать минут – для детской аудитории и (в том числе, в пионерских лагерях).

Методика выступления, применявшаяся в работе на Агитавтобусе, имела свою специфику: для каждого выезда лекции выстраивали таким образом, чтобы они составляли часть единого целого (поскольку на практике могли возникать самые разнообразные сочетания тем). Вопросы их объединения в единую логическую линию обычно каждый раз решали лекторы на месте, непосредственно перед выступлением. Помимо разовых и непродолжительных организовывались и длительные выезды бригад лекторов и демонстраторов (время от времени продолжительностью от 5 до 10 суток).



*Директор (и лектор)  
Планетария К.Н. Шистовский.  
Середина 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария*



Агитавтобус  
в г. Орехово-Зуеве.  
Конец 1950-х гг.  
Фото из архива  
Московского планетария



Агитавтобусы Московского Планетария за годы своей работы совершили тысячи выездов. Они побывали в крупных домоуправлениях и в парках культуры и отдыха столицы, на фабриках и заводах Москвы и области – в Ивановской, Владимирской, Тульской и других областях страны. Большая работа по пропаганде естественно-научных знаний проводилась в колхозах Подмосковья.

Благодаря такой работе многие тысячи простых людей получали возможность познакомиться с физическими приборами и явлениями, новейшими достижениями науки и техники; приобщались к астрономическим

наблюдениям с помощью телескопов. Популяризация науки способствовала формированию научного мировоззрения. В результате у людей возникло ясное понимание наблюдаемых физических явлений и представление о природе окружающего мира.

Агитавтобус работал до конца 1970-х годов!

*Рублёва Ф.Б.,  
научный директор  
Московского планетария*

Реклама

**Издательство** предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

**Издательство «Наука»** готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1  
г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 90  
Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-кт, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-1197 доб. 3321, 3371, 2241  
Подробная информация на сайте [www.naukapublishers.ru/history/partnership](http://www.naukapublishers.ru/history/partnership)

## ЮЖНОАМЕРИКАНСКОЕ ЗАТМЕНИЕ–2019

С.А. ЯЗЕВ,

доктор физико-математических наук

директор Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета

Институт Солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

DOI: 10.7868/50044394819050050

**2** июля 2019 г. состоялось полное солнечное затмение, наблюдавшееся в юго-восточной части акватории Тихого океана, Чили и Аргентине. Затмение являлось повторением аналогичного явления 21 июня 2001 г. через сарос. Максимальная продолжительность полной фазы составила 4 минуты 33 секунды, но соответствующий участок полосы находился далеко в океане. На суше (в Чили и Аргентине) наибольшая длительность полной фазы лежала в пределах от 2-х до 2,5 минут.

Если во время предыдущего затмения в США (ЗиВ, 2018, №1) полоса полной фазы проходила через много штатов, где проживают миллионы людей, то в 2019 г. полная фаза затмения наблюдалась в горных малонаселенных и труднодоступных районах Анд, поэтому вариантов для выбора места

наблюдений было значительно меньше. Впрочем, это ограничение с лихвой компенсировалось высокой вероятностью хорошей погоды. Тень Луны пересекла районы с отличным астроклиматом, где работают крупные обсерватории Ла-Силья, Лас-Кампанас. Здесь строится грандиозный телескоп Магеллан – его оптическая схема включает семь первичных зеркал диаметром 8,4 м и весом 20 т каждое, суммарная апертура телескопа будет соответствовать диаметру 24,5 м. Рядом находится обсерватория Серро-Тололо и телескоп “Джемини-Юг” с главным зеркалом диаметром 8,1 м.

Наблюдатели затмений еще задолго до события определились с пунктами расположения. На берегу Тихого океана находится чилийский курортный город Ла-Серена, который объявил себя столицей затмения. Однако на побережье все-таки возможны дымка и облачность. Поэтому главным пунктом для наблюдений в Чили стал горный городок Ла-Викунья (примерно в ста километрах от Ла-Серены), куда можно подняться на автомобиле по долине реки Эльки. Здесь, в долине, был оборудован элитный лагерь “Nomad Eclipse Glamp”, где с комфортом могли разместиться состоятельные наблюдатели,



“Бриллиантовое кольцо”. Камера Canon 650 D, экспозиция 1/200 секунды, F = 250 мм.

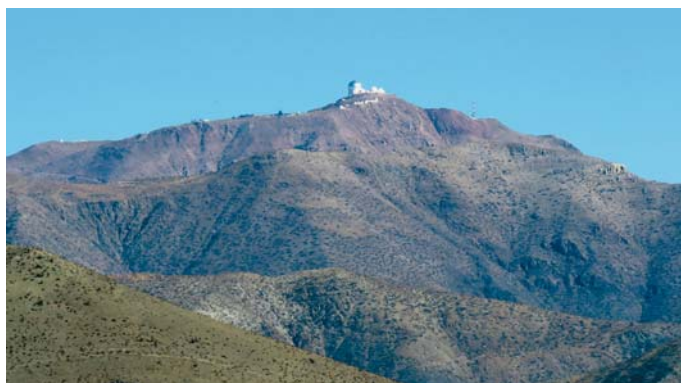
Снимок А. Мананникова



*В городе Ла-Серена напоминание о затмении можно было увидеть буквально на каждом столбе вдоль набережной.  
Снимок С. Язева*

зарезервировавшие свое пребывание задолго до события. СМИ сообщали, что посмотреть на затмение в Чили собирались глава компании “Майкрософт” Билл Гейтс, астрофизик и гитарист группы “Queen” Брайан Мэй, основатель компании “Virgin Galactic” Ричард Брэнсон, экс-президент США Билл Клинтон, основатель социальной сети “facebook” Марк Цукерберг. Обсерваторию Ла-Силья во время затмения посетил президент Чили Себастьян Пиньера. В последнее время наблюдения солнечных затмений (точнее, “глядение” на них, – все-таки астрономы понимают под

*Обсерватория Серро-Тололо хорошо просматривалась с наблюдательной площадки.  
Снимок С. Язева*



словом “наблюдения” осмысленные действия с определенной научной целью) становится престижным и модным элементом светской и политической жизни.

Как и во время “великого американского затмения” 2017 г., NASA организовала прямую трансляцию явления.

---

## РОССИЯНЕ НА ЗАТМЕНИИ

---

В Чили и Аргентине за затмением следили несколько групп наблюдателей из России. В иркутскую команду вошли член иркутского Астроклуба Анатолий Арсентьев, кандидат физико-математических наук Даниил Мячин, предприниматель, любитель астрономии Виктор Рябенко, доктор физико-математических наук Сергей Язев, а также астроном кандидат физико-математических наук Михаил Гаврилов из подмосковной Черноголовки (уже работавший ранее в нашем коллективе).

В столице Чили – Сантьяго было мало наглядной агитации, напоминавшей о будущем затмении. Зато в Ла-Серене была повсеместно видна наружная реклама затмения, продавались сувениры с соответствующей символикой, а по местному радио и телевидению слово “eclipse” звучало постоянно. Благодаря редкому небесному



*На холмы в долине реки Эльки поднялись многочисленные наблюдатели затмения. Снимок А. Арсентьева*

явлению зимний курортный городок в разгар мертвого сезона получил новое дыхание – сюда приехали тысячи людей, размещаясь в отелях и кондоминиумах, посещая кафе и рестораны. По улицам передвигались многочисленные “эклипсеры” с огромными рюкзаками.

Д. Мячин и В. Рябенко отправились наблюдать затмение в городок Ла-Игера. А. Арсентьев, М. Гаврилов и я разместились в летнем домике в трех километрах от Ла-Викунья на территории крестьянского ранчо. В поселке Ла-Викунья среди приехавших, как и в Ла-Серене, было очень много астротуристов, вечером перед затмением в центре поселка было невозможно протолкнуться. Смотреть на южные звезды мешала яркая иллюминация; играла музыка, прямо под открытым небом развернулись многочисленные арт-проекты.



Рядом с “нашим” ранчо возле католической церкви Сан-Исидор находился каменистый холм, который хозяева ранчо порекомендовали нам в качестве пункта наблюдений. Еще за двое суток до затмения мы исследовали холм и убедились, что к моменту явления Солнце не будет закрыто горами. Кроме того, оказалось, что с нашего холма прекрасно видны купола обсерватории Серро-Толло, где тоже намечались наблюдения.

Мы обозначили красным скотчем прямоугольный участок на вершине холма, чтобы наблюдениям не помешали люди, которые обязательно поднимутся на холм, чтобы увидеть затмение.

И действительно – все окружающие доступные горы и холмы уже за два-три часа до первого контакта оказались многолюдными. Местные жители, туристы, фотографы, “охотники за затмениями” – старались подняться повыше, чтобы увидеть небесный спектакль. Не менее ста человек забрались и на “наш” холм. Люди приходили семьями, с детьми и собаками, приносили еду и питье, складные стульчики и даже столики, готовясь наблюдать редкое природное явление. С фотокамерами, как правило, были только приезжие – местным жителям было достаточно просто посмотреть. Настроение у всех было праздничным.

Нельзя не заметить с сожалением, что некоторые российские СМИ, включая телеканал “Москва 24”, предоставили

*Местные жители поселка Ла-Викунья на затмении. Снимок С. Язева*





*Солнечная корона во время  
полной фазы затмения 2 июля 2019 г.  
Снимок М. Гаврилова*

слово астрологам и шаманам, которые продолжали пугать людей, утверждая, что затмение имеет вредное влияние.

Условия для наблюдений в Ла-Викунье были идеальными – с утра до вечера на небе не было ни облачка. Пожалуй, это было единственное затмение последних лет, когда нашей экспедиции не приходилось переживать по поводу погоды. На огороженную нами территорию никто не заходил, кроме собак, поэтому ничто не помешало наблюдениям. Мы подняли на площадке флаги России и нашей экспедиции на специально купленных бамбуковых флагштоках.

Затмение, как всегда, было впечатляющим. Мы получили серию снимков солнечной короны с разными экспозициями, а также видеоматериалы, включая съемки камерой на 360°, которые можно будет использовать для полнокупольных программ в планетариях и для очков виртуальной реальности.

Неподалеку от нас, на другом холме затмение наблюдала группа “Астроверты” известного российского астронома-любителя Станислава Короткого. Поблизости от них разместился наш давний товарищ Александр Кривенышев. Всей команде, включая самого Станислава Короткого, а также Андрея



*Анатолий Арсентьев, Михаил Гаврилов  
и Сергей Язев на наблюдательной площадке  
близ пос. Ла-Викунья. 2 июля 2019 г.*

Олешко и Александра Дракона, удалось получить отличные кадры, как короны, так и общей панорамы затмения.

В Аргентине работала группа российских наблюдателей в составе Александра Мананникова и Натальи Горшковой (г. Раменское), Дмитрия Чулкова, Дмитрия Пасеки, Николая Николаева (г. Москва) и Ирины Горностай (г. Санкт-Петербург). Эта команда выполнила успешные наблюдения в местечке Белья Виста на центральной линии полосы. Сюда “охотникам за затмениями” пришлось добираться три часа на автобусе из городка Сан Хуан. В Белья Висте затмение наблюдалось над цепью горных вершин высотой до 6200 м. Здесь не было астрологических прогнозов, зато развернулся своеобразный “мини-Вудсток” – звучала зажигательная латиноамериканская музыка, продавались сувениры, царил праздничный атмосфера.

Наблюдения прошли успешно. Как и в предыдущих случаях, российские ученые совместили наблюдения с познавательными путешествиями.

Иркутская экспедиция, помимо Чили, посетила Перу, Боливию, побывала на озере Титикака и завершила поездку по Америке перелетом на Кубу. После затмения участникам экспедиции удалось



В обсерватории Серро-Тололо:  
А. Арсентьев, М. Гаврилов и С. Язев.  
Снимок С. Язева



С. Язев возле 4-метрового рефлектора  
имени Виктора Бланко. Снимок М. Гаврилова

побывать в обсерватории Сьерра-Тололо и осмотреть четырехметровый телескоп имени Виктора Бланко, а также полутораметровый инфракрасный рефлектор. Удалось увидеть и башню 8,1-метрового телескопа “Джемини-Юг”, расположенного на соседней вершине.

Команда “Астрроверты” побывала в обсерватории Параналь, где установлены четыре 8,2-метровых телескопа комплекса VLT, а после затмения посетила остров Пасхи.

Путешествия по Южной Америке продолжили и А. Мананников с Н. Горшковой, и А. Кривеньшев.

## ОСОБЕННОСТИ ЗАТМЕНИЯ

Наблюдения в Ла-Викунье показали, что затмение было довольно светлым: потемнение было незначительным, даже яркие звезды и планеты увидеть удалось не всем. Наоборот, в Аргентине было довольно темно: во время полной фазы А.Л. Мананников наблюдал Юпитер, а также яркие звезды – Сириус, Канопус и Прочион.

Затмение происходило на завершающей фазе 24-го цикла солнечной активности. Пятен и ярких факельных полей на диске Солнца не было, отмечены несколько небольших протуберанцев, самый крупный – на северо-западном лимбе. Структура короны была, на первый взгляд, достаточно простой: вдоль плоскости солнечного экватора были вытянуты корональные лучи, на полюсах можно было различить полярные лучевые структуры (“перья”, или “щеточки”). Картина формы короны в целом соответствовала минимальному типу по классификации А.Т. Несмяновича. Проявления северно-южной асимметрии в форме короны не просматривались, в отличие от ситуации 2017 г.

В то же время сопоставление вида затменной короны с изображениями, полученными коронографами космической обсерватории “SOHO”, показало, что на расстоянии несколько радиусов Солнца корональные лучи расщепляются и отходят под разными углами от плоскости солнечного экватора. Такая картина создается из-за гофрированной формы поверхности гелиосферного токового слоя (ГТС), которая, подобно складкам юбки балерины, отклоняется к северу и югу от солнечного экватора. Именно вдоль ГТС, охватывающего Солнце примерно вдоль его экватора, протягиваются далеко в гелиосферу вершины системы корональных стримеров (раньше их называли корональными лучами, или опахалами).



*Панорама с солнечным затмением.  
Снимок А. Мананникова*



*Второе "бриллиантовое кольцо".  
Снимок С. Короткого*



*Наблюдения полного солнечного затмения в Чили. Снимок Ю. Белецкого,  
обсерватория Лас-Кампанас*

Амплитуда отклонения проекции ГТС на Солнце от солнечного экватора (раскрыв, или тилт) можно грубо оценить величиной не менее  $40^\circ$ . Отметим, что в минимуме цикла солнечной активности величина тилта обычно не превышает  $20\text{--}25^\circ$  (величина складок "юбки" уменьшается, она становится более гладкой). Это означает, что минимум 24-го цикла солнечной активности еще не наступил. Для минимума классификация А.Т. Несмяновича предусматривает "идеально-минимальный" тип короны – мощные корональные стримеры (опахала) вытянуты вдоль плоскости экватора. Во время затмения 2019 г. наблюдался предыдущий,

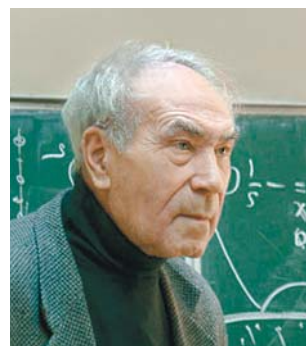
минимальный (предминимальный) тип короны, когда в целом ориентированные вдоль экватора опухала все-таки расщепляются, расходясь под небольшими углами.

Заметим, что неожиданное появление в марте–мае 2019 г. сравнительно крупных долгоживущих пятен на низких широтах северного полушария Солнца также указывает на то, что цикл еще не закончился. Вероятнее всего, цикл будет завершаться в середине 2020 г., и можно ожидать, что корона во время следующего полного затмения 14 декабря 2020 г. будет относиться к идеально-минимальному типу.

## ИГОРЬ ТИМОФЕЕВИЧ ЗОТКИН

(к 90-летию со дня рождения)

DOI: 10.7868/50044394819050062



**И**горь Тимофеевич Зоткин (1929–2016) – один из известных московских деятелей в области метеорной астрономии и метеоритики, ученый, экспериментатор, конструктор-изобретатель и талантливый воспитатель-педагог. Он родился 8 апреля 1929 г. в Москве в семье преподавателя физики. Отец умер в 1941 г., после чего мать работала на почте. Всю войну до 1945 г. семья оставалась в Москве.

Уже в школьные годы у Игоря проявился интерес к астрономии, который укрепился благодаря работе в кружке при Московском планетарии. С 1947 г. по 1952 г. Игорь Зоткин – студент астрономического отделения мехмата МГУ. После его окончания молодой выпускник по распределению снова оказывается в Планетарии, но уже в его штате. По воспоминаниям некоторых бывших сотрудников планетария, Игорь Тимофеевич заведовал всей открытой астроплощадкой (в которую входила и обсерватория) и на нем одном за все это лежала материальная ответственность. Зоткин руководил “старшими” кружками Московского планетария, в которых занимались школьники 8–10-х классов, совершал поездки с кружковцами в Крым с целью наблюдений метеорных потоков и дальнейшей их научной обработки. Занятия проводились так интересно, что не только наполняли слушателей новыми знаниями, но и покоряли их высоким романтизмом науки о Космосе. В этот период, как писал в 2004 г.

в автобиографии Игорь Тимофеевич, у него “накопился интерес и опыт обращения с различными инструментами и приборами”. Среди сотрудников ГАИШ МГУ старшего поколения немало таких, кто стал специалистом в астрономии, “пройдя через его руки” в Московском планетарии (старом еще, кстати, ровеснике И.Т. Зоткина, и тогда настоящем образовательно-просветительском учреждении, что на долгие годы затем было утрачено).

Дальнейшую судьбу И.Т. Зоткина, с поворотом к сугубо научной деятельности, определил академик В.Г. Фесенков (ЗиВ, 2009, № 4), сыгравший неопределимую роль во всей дальнейшей жизни Игоря Тимофеевича. Василий Григорьевич Фесенков (1889–1972), один из самых известных отечественных астрофизиков и организаторов науки, создал в Москве первый в России отечественный Астрофизический институт (ГАФИ, 1922), а в годы Великой Отечественной войны (в 1942 г., вместе с физиком КазГУ В.Ф. Литвиновым) – первый в Казахстане академический Институт астрономии и физики в Алма-Ате (во время пребывания там группы московских астрономов, направленных туда, уже после начала войны, для наблюдения полного солнечного затмения в сентябре 1941 г.). В 1946 г. в окрестностях Алма-Аты на Каменском плато была заложена высокогорная Астрофизическая обсерватория института, а в 1950 г. из него выделился Астрофизический институт (АФИ, ныне



им. В.Г. Фесенкова – АФИФ АН Казахстана). Возглавляя АФИ до 1963 г. и курируя его до 1966 г. (с регулярными рабочими поездками в Алма-Ату), В.Г. Фесенков одновременно (с 1945 г.) был председателем Комитета по метеоритам (КМЕТ) АН СССР в Москве (сменив его организатора и первого председателя академика В.И. Вернадского, скончавшегося в январе 1945 г.). В своей автобиографии И.Т. Зоткин писал, что как астроном В.Г. Фесенков стремился “активизировать астрономическую тематику в этом традиционно геологическом учреждении”. Под его руководством основным содержанием деятельности КМЕТ становилось изучение не только вещества метеоритов (прежде традиционное для метеоритики), но и динамики их родительских тел – малых тел Солнечной системы. Связь метеоритов с Главным поясом астероидов между Марсом и Юпитером четко проявилась благодаря впервые успешно проведенному (по опросам многочисленных свидетелей) определению атмосферной траектории космического тела (массой 70–100 т), породившего мощный болид. Он пролетел над Сихотэ-Алинской тайгой утром 12 февраля 1947 г. Исток его траектории уходил именно в Главный пояс астероидов (как его стали называть после открытия других подобных поясов). После его взрыва выпал грандиозный железный дождь на площади не менее  $5 \times 12$  км (образовав так называемый “эллипс рассеяния”, выявленный экспедициями КМЕТ в 1970-е гг.).

Усмотрев в молодом лекторе Планетария гораздо бóльшие потенциальные возможности ученого, В.Г. Фесенков в 1956 г. пригласил Игоря Тимофеевича на работу в КМЕТ, и уже вскоре он становится здесь ведущим специалистом в метеорной и метеоритной астрономии. По воспоминаниям И.Т. Зоткина, для него самого “в научном отношении это был наиболее плодотворный период”. В последующие годы небольшой научный коллектив КМЕТ



*Игорь Зоткин вскоре после окончания МГУ*

благодаря заботам В.Г. Фесенкова пополнили астрономы Алла Николаевна Симоненко (1935–1984) и Роман Львович Хотинюк (1928–2016). А.Н. Симоненко внесла существенный вклад в исследование орбит характерных семейств астероидов (пересекающих земную орбиту), доказав, что именно они являются родительскими телами метеоритов. Р.Л. Хотинюк стал главным по связям с необъятным потоком любителей – наблюдателей болидов и сам обследовал места, где, по сообщениям, падали метеориты, что привело к пополнению академической метеоритной коллекции. Он же впервые высказал идею наблюдений болидов с околоземных космических станций, подхваченную коллегами<sup>1</sup>. Одним из новых сотрудников комитетов стал и физик Валентин Иванович Цветков – многолетний руководитель метеоритных экспедиций, определивший эллипс рассеяния Сихотэ-Алинского железного дождя. В конце 1970-х гг. сотрудником в КМЕТ стала исследовательница малых тел Солнечной системы Александра Константиновна Терентьева. Но главой астрономов в КМЕТ, особенно

<sup>1</sup> Мушаилов Б.Р., Клыков Д.Ю., Зоткин И.Т. и др. “О программе комплексных наблюдений болидов и метеорных потоков с российского сегмента Международной космической станции” // Труды ГАИШ, 2004. № 75. С. 235.



*Выступление И.Т. Зоткина (третий справа) на открытии 31 августа 1981 г. памятного знака на месте находки первого отождествленного на Земле метеорита "Палласово железо"*

после кончины В.Г. Фесенкова, оставался И.Т. Зоткин. Он предложил методику обработки метеорных наблюдений с целью получения данных о траекториях и орбитах тел, порождающих метеоры и болиды<sup>2</sup>. В период Международного геофизического года (МГГ, 1957–1959; ЗиВ, 2007, № 4) он был активным участником их визуальных, фотографических и радиолокационных наблюдений, в 1970-е гг. в целях создания "службы болидов" сконструировал (совместно с сотрудниками Ленинградского института точной механики и оптики) широкоугольную болидную камеру (авторское свидетельство № 883844)<sup>3</sup>. И.Т. Зоткин был участником 10 экспедиций в районы падений метеоритов Чинге, Царёв, Сычевка, Горловка и уникального Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя, побывав также и на месте находки (1749) первого отождествленного на Земле метеорита – "Палласово железо", ставшего в этом смысле родоначальником научной метеоритики. Здесь 31 августа 1981 г. Игорь Тимофеевич принял участие в торжественном открытии на вершине одной из сопки на водоразделе рек

Убей и Сисим (правые притоки в верховьях Енисея) художественного памятного знака этому уникальному метеориту. Это произошло сразу после полного солнечного затмения, свидетелями которого стали многочисленные участники похода к месту падения через таежные сопки от устья Убея (ныне Убейский залив на рукотворном Красноярском море).

Немало усилий потратил И.Т. Зоткин на трудоемкое определение атмосферных траекторий метеоритов и болидов по грубым глазомерным оценкам свидетелей пролета болидов. Совместно с Кольским филиалом АН СССР он провел лабораторное определение механических свойств метеоритов разных типов. Ряд его работ был посвящен выяснению физических характеристик метеоритных кратеров как результатов ударов внешних тел<sup>4</sup>.

Совершенно особое место в научной жизни И.Т. Зоткина заняло исследование главной загадки XX века – космической катастрофы 1908 года, условно называемой "Тунгусским метеоритом" (ЗиВ, 2008, № 3). С 1958 г. по 1988 г. он участвовал в четырех экспедициях по исследованию этого уникального (по грандиозным оставленным на земле следам) события в Восточной Сибири, в районе р. Подкаменная Тунгуска (уже в 1961 г.

<sup>2</sup>Зоткин И.Т. Инструкция для наблюдений метеоров. М.: изд-во АН СССР, 1961 г.; Наблюдения метеоров. М.: "Наука", 1972.

<sup>3</sup>К сожалению, из-за финансовых проблем программа организации станций для регулярных наблюдений – службы метеоритообразующих болидов, начатая в Одессе, не была завершена.

<sup>4</sup>См. напр.: Дабига А.И., Зоткин И.Т. Определение скорости поверхностных процессов на планетах // Метеоритика. 1982. Вып. 41. С. 173–175.

он был начальником отряда экспедиции, которая возглавлялась геофизиком К.П. Флоренским). В этих экспедициях И.Т. Зоткин, по его собственным словам, “был одним из немногих профессиональных астрономов, участвовавших в этой проблеме”. Им впервые была “очерчена на поверхности Земли площадь аномально ярких сумерек в ночи после падения”<sup>5</sup>, “составлена карта-схема поваленных в 1908 г. деревьев”<sup>6</sup> на месте предполагавшегося падения загадочного метеорита (или даже целого дождя, в чем до конца жизни был уверен его первый исследователь Л.А. Кулик). Эти первые экспедиции (1958–1965 гг.) были особенно трудоемкими, начиная с нелегкого пути к месту события, и небезопасными. Их участники для выяснения истинной причины события определили в многокилометровых походах от эпицентра взрыва (выделявшегося оставшимися стоять деревьями – “телеграфный лес”) положение около 40 000 стволов деревьев (на площади в 2200 км<sup>2</sup>), поваленных воздушной волной, замеряя их азимуты, и даже смогли искусственно повалить более сотни деревьев, чтобы с помощью динамометров оценить их среднюю плотность<sup>7</sup>. В итоге И.Т. Зоткиным была “выявлена необыч-



И.Т. Зоткин и К.П. Флоренский. Подготовка к экспедиции 1961 г.

ная, осесимметричная площадь поражения” (в виде “бабочки”) от грандиозного взрыва космического тела, который, как он догадался, должен был произойти еще в атмосфере. В Москве Игорь Тимофеевич вместе со своим другом из Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта физиком Михаилом Андреевичем Цикулиным (1930–1971)<sup>8</sup> осуществили в 1961–1965 г., по идее последнего, уникальное “натурное [в барокамере] моделирование [этого] взрыва”<sup>9</sup>. Для создания ударной волны использовался “шнуровой” взрывной заряд, наклонно натянутый над моделью тайги – вдоль предполагаемой траектории космического пришельца.

<sup>5</sup> Одной из первых его работ в этой области стала статья “Об аномальных оптических явлениях в атмосфере, связанных с падением Тунгусского метеорита” (Метеоритика. 1961. Вып. 20. С. 40–52).

<sup>6</sup> Метод определения силы воздушной волны по разбросу деревьев предложил участник экспедиций томский математик В.Г. Фаст.

<sup>7</sup> В цитируемой статье о Тунгусском феномене так и сказано “плотность”. Возможно, это опечатка. Речь, видимо, идет о прочности связи дерева с почвой, в тайге нередко ослабленной неглубоким залеганием корневой системы. (В последнем можно было убедиться на Сихотэ-Алине, наблюдая высоко вздыбленные “тарелки” корневой системы деревьев, вывороченных с корнями и поваленных бурей.)

<sup>8</sup> В интернете приведены эти годы его жизни 1930–1971, и даже нет портрета, но в списке его трудов последняя книга помечена 1977 г. (видимо, изданная посмертно...). Причиной ранней смерти физика-взрывника стал цирроз печени – следствие контактов с опасными ингредиентами при испытании взрывов.

<sup>9</sup> По мысли специалиста – физика М.А. Цикулина, в данном случае именно моделирование явления (в отличие от сложнейших теоретических расчетов) позволяло быстрее и легче проверить догадку И.Т. Зоткина о характере взрыва летевшего в атмосфере метеорного тела как причине необычной формы вывала леса.



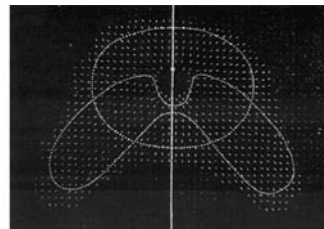
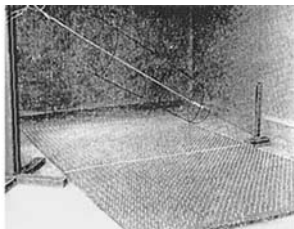
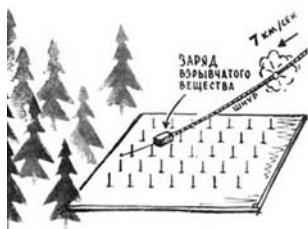
И.Т. Зоткин (второй справа) среди участников экспедиции на Тунгуску (слева – В. Фаст). 1961 г.

При наклонах шнура в диапазоне 10–60°, но лучше всего в 30° оно подтвердило догадку о продольном, “шнуровом” характере процесса разрушения космического тела, летевшего в атмосфере Земли со сверхзвуковой скоростью (не менее, чем 40 км/с) и окончательно разрушившегося путем взрыва на высоте нескольких километров над ее поверхностью. Это и породило мощную воздушную баллистическую волну, отразившуюся затем от поверхности Земли, что и вызвало грандиозный вывал леса в тайге радиусом в 20 км – картину, так поразившую впервые открывшего ее в 1927 г. Л.А. Кулика. Имитировавшие тайгу трехсантиметровые неупругие проволочки, снабженные цилиндрическими пластмассовыми “кронами”, согнувшиеся в барокамере под действием шнурового взрыва, повторили картину

осесимметричного вывала деревьев именно в виде “бабочки”, воспроизведя и нетронутый взрывной волной эпицентр со стоящими (лишь обожженными при этом) деревьями<sup>10</sup>. Энергия взрыва, по оценкам Цикулина и др., составила  $2 \cdot 10^{23}$  эргов, что эквивалентно взрыву 10 миллионов тонн тротила. Опыты И.Т. Зоткина и М.А. Цикулина послужили основанием для численных расчетов И.Т. Зоткиным траектории Тунгусского болида. Его расчеты позволили показать, что радиант Тунгусского космического пришельца совпадает с радиантом давно известного метеорного потока β-Таурид, порожденного постепенно разрушающейся кометой Энке, и высказать гипотезу, что это действительно было лобовое столкновение Земли с фрагментом кометы. (Впервые идея кометной природы Тунгусского события была высказана Куликом, – но по отношению к другой комете, а затем американским астрономом-метеорологом Фредом Л. Уипплом<sup>11</sup> и уверенно поддерживалась В.Г. Фесенковым.)

<sup>10</sup> Зоткин И.Т., Цикулин М.А. “Моделирование взрыва Тунгусского метеорита”. – Доклады АН СССР, т. 167, № 1, 1966 г., с. 59–62.

<sup>11</sup> Исследователь метеоров Фред Лоуренс Уиппл (1906–2004). Не путать с английским метеорологом и сейсмологом Фрэнсисом Джоном Уипплом (1876–1943), одним из первых оценившим колоссальную энергию взрыва на Тунгуске (порядка  $10^{21}$  эрг, на два порядка ниже более поздних оценок).



Эксперименты, моделирующие Тунгусскую катастрофу: слева – схема модельного опыта М.А. Цикулина; в центре и справа – схема и результат опытов И.Т. Зоткина и М.А. Цикулина (1965 г.)



И.Т. Зоткин – главный хранитель Музея истории астрономии ГАИШ МГУ.  
16 ноября 2007 г.

В исследовании и решении проблемы Тунгусской космической катастрофы И.Т. Зоткин стал признанным авторитетом не только в нашей стране, но и за рубежом.

Последним астрономом, приглашенным для работы в КМЕТ (1970) В.Г. Фесенковым, стал автор настоящей статьи. Тогда и произошло мое знакомство с Игорем Тимофеевичем и знаменательный памятный разговор с ним: “Ну, вот, в КМЕТ пришел историк астрономии, теперь она займется, конечно, Тунгусским метеоритом!”. Я не знала еще самого И.Т. Зоткина, но слава о его исследованиях знаменитой загадки была известна и мне. Поэтому ответила: “Давайте сразу заключим джентльменское соглашение: тунгусская тема для меня – табу!”<sup>12</sup>. Рассказал Игорь Тимофеевич и о своем эксперименте, показавшем, как близки были по духу и отношению к науке академик В.Г. Фесенков и его молодой сотрудник Игорь Зоткин. После нескольких испытаний шнуровых взрывов в барокамере с разными наклонами распространения взрыва Игорь Тимофеевич, увидев, что имитировавшие тайгу вертикальные проволочки повторили картину

<sup>12</sup> Моей темой стала история метеоритики, прежде всего “Палласова железа”. Это началось с уточнения – в ряде официальных экспедиций КМЕТ в 1976–1978 гг., проведенных мною с участием энтузиастов, – утерянного места его первой находки в 1749 г. в приенисейской горной тайге, что завершилось установлением там в 1980 г. (с торжественным открытием в 1981 г.) памятника уникальному метеориту.



“бабочки”, не скрывая радости, поспешил в КМЕТ и показал В.Г. Фесенкову еще влажную фотографию. Василий Григорьевич в восторге воскликнул: “Вот что значит эксперимент!”.

Небольшой Комитет по метеоритам – уникальное творение энтузиазма и энергии В.И. Вернадского и его ученика, легендарного Л.А. Кулика (1883–1942)<sup>13</sup>, дополненный введенными В.Г. Фесенковым астрономическими темами, вполне оправдывал по своим результатам свое существование небольшого самостоятельного учреждения при президиуме академии и даже (!) мог бы стать, с началом космической эры в астрономии, ядром самостоятельного научно-исследовательского института разностороннего изучения космического вещества (химико-минералогическую часть КМЕТ также составляли крупные специалисты). Именно такое предложение поступило к нам из высших кругов академии в конце

<sup>13</sup> Леонид Алексеевич Кулик в начале Великой Отечественной войны ушел на фронт в 58 лет (!) добровольцем и погиб в немецком плену, отказавшись... читать лекции фашистам, имитируя заболевание тифом. Вскрыв обман, немцы поместили его в тифозный барак, где он вскоре и умер. Попытка партизан спасти его не удалась.

1970-х гг. в связи с доставкой на Землю первых образцов лунного грунта. Но после кончины в 1972 г. академика В.Г. Фесенкова, совершенно неординарного – по глубине и широте эрудиции, организаторской энергии – руководителя КМЕТ, для его нового руководителя, имевшего к тому же иной научный статус, “шапка Мономаха” оказалась слишком тяжела<sup>14</sup>. (Сыграла свою роль и кончина нашего главного специалиста-минералога Лидии Григорьевны Квашы.) Несмотря на все наши усилия сохранить самостоятельность комитета (в этом его сотрудников во главе с ученым секретарем А.Н. Симоненко поддерживали известные астрономы Б.Ю. Левин и В.П. Цесевич, тщетно пытавшиеся убедить в том же Е.Л. Кринова...<sup>15</sup>), КМЕТ АН СССР в 1979 г. был включен в Институт геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) им. В.И. Вернадского АН СССР – всего лишь как лаборатория

метеоритики (сохранившись под своим именем только в качестве научного совета, без своих штатов). В 1984 г. лаборатория метеоритики была присоединена к лаборатории сравнительной планетологии, также с уклоном в изучение самого вещества. (В настоящее время она, хотя и работает, по существу, самостоятельно, но с утерей астрономического аспекта исследований метеоритов<sup>16</sup>.)

<sup>14</sup>Известный в мировых кругах исследователей метеоритов доктор геолого-минералогических наук Евгений Леонидович Кринов (1906–1984), некогда помощник Л.А. Кулика, сотрудник КМЕТ с 1939 г., автор фундаментальной книги “Основы метеоритики” (1955), именем которого был назван открытый в 1966 г. в метеоритах минерал “криновит”, участник первых тунгусских экспедиций и руководитель в дальнейшем многих метеоритных экспедиций. В 1930-е гг., следуя за известным пулковским астрофизиком Г.А. Тиховым (ЗиВ, 1975, № 6), он успешно занимался также сравнительным исследованием спектров различных веществ (составил атлас спектральных коэффициентов яркости, используемых в аэрофотосъемке и при сравнении горных пород с составом небесных тел-астероидов). Но выступить на борьбу за самостоятельность КМЕТ не считал для себя возможным.

<sup>15</sup>Печальную роль сыграла и неожиданная смерть, быть может, наиболее “весомого” сторонника сохранения самостоятельности КМЕТ, известного геофизика члена-корреспондента АН СССР В.В. Федьинского (1908–1978; ЗиВ, 1978, № 6).

<sup>16</sup>При этом, по личным наблюдениям, не могу не отметить, что историко-просветительские функции КМЕТ удастся сохранить, прежде всего, благодаря самоотверженной деятельности А.Я. Скрипник (последней из “могилок”, прежнего и ученого секретаря нового КМЕТ, научного сотрудника ГЕОХИ). Но важные проблемы первоначального КМЕТ канули в прошлое: объявленный при Е.Л. Кринове памятником природы, госказанником, район кратеров Сихотэ-Алинского метеоритного дождя (сама я за утверждением этого ездила к нарккому земледелия Полянскому в министерство земледелия, а затем наши экспедиции оконтурили его и даже установили в 1977 г. таблички-указатели к наиболее интересным его объектам) подвергся при попустительстве ГЕОХИ, по сути, бесконтрольному разграблению космического вещества. Не получило новой заботы и сохранение главного исторического богатства отечественной метеоритики – уникальной главной массы “Палласова железа”, находящейся ныне в академическом Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана все еще в старинном, хотя и плотно прилегающем “футляре”, но не в атмосфере инертного газа, например... (Об опасном расширении щелей в нем от первых варварских отрубаний образцов еще в XVIII в. бил тревогу уже Гебель, хранитель академического музея в XIX в.) Исчезла традиция проведения прежних Общероссийских научных метеоритных конференций, которые и в России стали проводиться лишь (!) на английском языке, не допуская нашего великого русского языка, воспетого М.В. Ломоносовым в качестве одного из рабочих (это, видите ли, дешевле, чем приглашать

И.Т. Зоткин в башне главного,  
15-дюймового двойного  
астрографа-рефрактора  
Краснопресненской  
обсерватории ГАИШ МГУ.  
20 февраля 2006 г.  
Фото В.А. Ромейко



Здесь астрономам уже не было места, и они разошлись кто куда<sup>17</sup>. Однако И.Т. Зоткин благодаря его особому авторитету работал в ГЕОХИ еще 12 лет (до 1991 г.) в должности научного, затем старшего научного сотрудника. Но и в эти годы он не порывал связи с Московским планетарием, помогая во всем новой молодой заведующей астроплощадкой И.К. Лапиной, с которой в 1987 г. его познакомил В.И. Цветков<sup>18</sup>.

За свою научную жизнь Игорь Тимофеевич опубликовал около 100 научных работ (главным образом в специализированном сборнике “Метеоритика”, частью – в “Трудах ГАИШ” и даже в “Докладах Академии наук”), включая авторские свидетельства и брошюры-инструкции для наблюдателей метеоров и болидов, а в последние годы соприкоснулся и с историей метеоритики. Но и он вынужден был покинуть непрофильный институт,

к русскоязычным докладчикам еще и... переводчика. Хотя дело здесь по сути, скорее, в ... утрате чувства собственного достоинства и лишь в организации: последнее могло бы осуществляться самими русскими участниками со знанием языка.

<sup>17</sup> Сама я после нескольких лет (в качестве безработного “свободного художника”) литературной и общественно-просветительской (в обществе “Знание”) деятельности вернулась в ГАИШ.

<sup>18</sup> Впоследствии по инициативе И.Т. Зоткина она также перешла в ГАИШ, став одной из наиболее активных сотрудниц музея-обсерватории.

после чего вернулся к педагогической работе – сначала на временной, а с 1993 г. на постоянной должности в бывшем Дворце пионеров на Ленинских горах (ныне – Московский государственный дом творчества детей и юношества).

Многолетняя педагогическая, научно-просветительская и общественная деятельность И.Т. Зоткина заслуживает отдельного внимания. С 1955 г. Игорь Тимофеевич входил в Центральный совет Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО). Его трижды избирали казначеем ВАГО (“не самая спокойная общественная должность”, по его воспоминаниям); с 1975 по 1985 г. – членом и председателем Ревизионной комиссии, а затем членом Совета Московского отделения ВАГО. В 1956 г. И.Т. Зоткин вошел в редколлегия “Бюллетеня ВАГО” (преобразованного в 1966 г. в журнал “Астрономический вестник”), где курировал метеорную тематику. В Доме детского и юношеского творчества он также руководил астрономическими кружками, воспитывая у своих юных подопечных бескорыстный интерес к науке.

В начале 1990-х гг. благодаря заботам моего однокурсника, одного из ведущих специалистов в инструментальной электронной астрофизике, глубоко неравнодушного и к истории науки, Петра

а



б



*Восстановление телескопов в Краснопресненской обсерватории ГАИШ МГУ: а – 7-дюймовый телескоп-рефрактор в Назаровской башне (И.Т. Зоткин справа). 20 ноября 2010 г.; б – 7-дюймовый телескоп. Середина 2018 г. Фото Ф. Горбунова*

Владимировича Щеглова (1932–2001), в здании старого ГАИШ на Пресне был возрожден, с выделением для работы в нем нескольких сотрудников института, Музей истории астрономии в ГАИШ. Он был основан еще в 1954 г. на Ленинских (теперь вновь Воробьевых) горах специалистом ГАИШ в области звездной астрономии, занимавшимся также и историей науки, П.Г. Куликовским (1910–2003), который в 1955 г. основал выходящий и ныне сборник “Историко-астрономические исследования”. Тогда мне и пришла в голову мысль – уговорить Игоря Тимофеевича включиться в работу музея. П.В. Щеглов, также прекрасно знавший о заслугах Игоря Тимофеевича (хотя, приехав в Москву из Ташкента и будучи выходцем из семьи директора Ташкентской обсерватории академика В.П. Щеглова, сам никогда не посещал кружки планетария), встретил идею с восторгом. Не сразу удалось

склонить к этому И.Т. Зоткина, уже пришедшего, в отличие от бюрократически жестких рамок КМЕТ после кончины В.Г. Фесенкова да и ГЕОХИ, к демократическим порядкам и свободе организации работы в Доме творчества. Но, успокоенный моим заверением, что ГАИШ – это оазис настоящей демократии по условиям творческой работы, он уже в 1996 г., после официального приглашения доктора наук П.В. Щеглова, вошел в его штат. В ГАИШ И.Т. Зоткин занимал формально должность ведущего инженера Музея истории университетской обсерватории, но по существу стал его главным хранителем и душой. Он вернулся на Красную Пресню, в то место, где прошли его студенческие годы, где он общался со своим профессором С.Н. Блажко (1870–1956), бывшим некогда последним директором Университетской обсерватории (ЗиВ, 1971, № 1), запомнившимся



ему и своими оригинальными практическими советами студентам при проведении наблюдений. Игорь Тимофеевич был одним из последних, кому еще посчастливилось видеть в годы учебы уникальную внутреннюю отделку обсерватории, где в левом крыле первого этажа дубовый потолок был украшен вделанными в него медальонами с зодиакальными созвездиями, о чем он не раз рассказывал нам. Всем этим в начале 1950-х гг. было бездумно пожертвовано ради поспешной надстройки второго этажа обсерватории для увеличившегося в послевоенные годы штата института, несмотря на уже близкое тогда завершение строительства новых зданий МГУ и ГАИШ на Ленинских горах...

Перечислить все, что И.Т. Зоткин сделал для Краснопресненской обсерватории-музея, трудно (ЗиВ, 2006, № 6). Это и реставрация старинных астрономических инструментов, и участие в проведении экскурсий, и организация мемориально-юбилейных конференций, а также другие деяния (например, нелегкая, но успешная борьба против нашествия на уникальное здание “киношников”, стремившихся лишь к использованию его старинного интерьера в своих не всегда благовидных целях...). Работе музея ГАИШ Игорь Тимофеевич обеспечил строгий научно-исторический и образовательный характер. Совместно с П.В. Щегловым, а затем, объединив вокруг себя группу энтузиастов из инженеров-любителей астрономии<sup>19</sup>, И.Т. Зоткин вернул в рабочее состояние старинный (установленный В.К. Цераским в 1903 г.) 15-дюймовый

<sup>19</sup> Она и сейчас продолжает действовать в музее во главе с духовным наследником Игоря Тимофеевича, новым сотрудником музея Фиделем Викторовичем Горбуновым (вполне оправдывающим свое необычное имя, данное ему в честь великого кубинского руководителя, на что в свое время откликнулся в поздравлении его родителям сам Фидель Кастро Рус).



Назаровская башня после реставрации.  
29 мая 2019 г. Фото Ф. Горбунова

двойной астрограф, добился ремонта купола и поворотного механизма главной башни. Игорь Тимофеевич начал возрождение (ныне завершённое) 7-дюймового рефрактора обсерватории и его башни (“Назаровской”, с ее необычной историей<sup>20</sup>), работы по реставрации которой в настоящее время практически завершены.

В 2009 г. в Музее ГАИШ была торжественно отмечена 150-летняя годовщина со дня рождения В.К. Цераского (1849–1925) – одного из наиболее

<sup>20</sup> В реставрации обсерватории финансовое участие принял университетский друг и соученик В.К. Цераского А.А. Назаров, ставший затем бизнесменом. Башня (несмотря на возражения Назарова) получила наименование “Specula Nazaroviana” (так в старину писали латинское и). Долгое время оставшийся неизвестным портрет А.А. Назарова был обнаружен в архивах музея ГАИШ автором настоящей статьи.



*И.Т. Зоткин в символической шапочке классического астронома-наблюдателя.  
Фото В.А. Ромейко*

эффективных директоров обсерватории, выходца из белорусского г. Слуцка (ЗиВ, 2018, № 4). Тогда же благодаря усилиям сотрудников музея, на средства сотрудников ГАИШ и московского белорусского культурного объединения, на Ваганьковском кладбище был установлен художественно оформленный памятник В.К. и Л.П. Цераским<sup>21</sup>, а вскоре (в 2012 г.) объединенными усилиями Музея ГАИШ и нового Московского планетария – еще и памятник известному астроному-просветителю и деятелю прежнего планетария М.Е. Набокову (1887–1960). Периодически, когда позволяли погода и здоровье, Игорь Тимофеевич демонстрировал посетителям с помощью большого рефрактора Луну и планеты. (К одному из дней рождения Игоря Тимофеевича я даже сшила ему традиционную для астрономов-наблюдателей прежних лет шапочку, вышив на ней с символическим смыслом его инициалы, как в “Мастере и Маргарите” Булгакова...) Кроме того, он постоянно был занят какими-то хозяйственными делами в самом здании музея-обсерватории: хлопотами о ремонте купола башни

<sup>21</sup> Супруга В.К. Цераского Лидия Петровна (1855–1931) была также видным астрономом и открыла свыше 200 переменных звезд.

главного рефрактора и художественной чугунной литой оградой его верхней наблюдательной площадки, подысканием дверных ручек в старинном стиле, даже оформлением входа в обсерваторию, как и в Назаровскую башню (отыскав старинную табличку с латинской надписью, украшавшую некогда вход в нее), поисками новых экспонатов, улучшением экспозиций, включая восстановление вида старинного интерьера обсерватории. Для этого мы с ним специально разыскивали и, в конце концов, нашли соответствующие XIX в. плафоны для светильников в круглом зале обсерватории на первом этаже, а на втором Игорь Тимофеевич восстановил художественное оформление потолка, но уже с изображением не исторических инструментов, как прежде (их рисунки были утрачены), а рисунков созвездий из Атласа Яна Гевелия XVII века, и осуществил специальную подсветку их (по образцу



*И.Т. Зоткин у оформленного им табличкой входа в обсерваторию. Около 2007 г.*

станции метро “Кропоткинская”). Важное место в работе И.Т. Зоткина занимали регулярные встречи с посетителями обсерватории: школьниками, студентами, любителями астрономии, хотя он и старался ревностно оберегать свое хранилище истории науки от излишнего числа посетителей. От желающих не было отбоя: при многолетнем бездействии Московского планетария обсерватория невольно заменяла его; привлекали – в том числе и зарубежных гостей – ее необычная архитектура, интерьер, гнутая (повторяющая вогнутые стены главного здания) мебель, даже территория ее маленького сада (для которого Игорь Тимофеевич привозил и сажал редкие кустарники) – настоящего зеленого цветущего оазиса среди соседних каменных зданий. Благодаря хлопотам И.Т. Зоткина были реставрированы необычные экспонаты музея. Один из них – рабочий стол знаменитого московского физика П.Н. Лебедева (1866–1912), некогда сотрудничавшего с обсерваторией (заслуга его сохранения и доставки в обсерваторию принадлежит сотруднику ГАИШ В. Коржеву). Другой – кресло из кабинета академика В.Г. Фесенкова (привезенное из разрушенного прежнего помещения КМЕТа (на ул. Марии Ульяновой, 2) самим Игорем Тимофеевичем).

Игорь Тимофеевич в полном согласии с отзывами посетителей вполне справедливо считал, что “основанная еще в 1831 г. и ставшая ныне музеем обсерватория на Пресне является одним из самых интересных и содержательных мемориальных объектов МГУ, сохраняющих дух и традиции отечественной науки”, и делал все возможное, чтобы обсерватория могла и далее выполнять эти функции, и не только мемориальные. И.Т. Зоткин отчасти сам занялся историей астрономии и метеоритики, сделав несколько докладов на конференциях и написав ряд статей, в том числе статью о Л.А. Кулике.

Энтузиаст каждого взятого на себя дела И.Т. Зоткин в силу разных



Необычные экспонаты Музея ГАИШ МГУ.  
Около 2009 г.  
Фото И.Т. Зоткина и И.К. Лапиной

обстоятельств не смог оформить свои уникальные познания и результаты в виде диссертации, но, по сути, был достоин не только кандидатской, но и докторской ученой степени<sup>22</sup>.

<sup>22</sup>Правда, еще в годы работы в КМЕТ (по настоянию коллег и получив для этой цели специальный двухмесячный отпуск) он подготовил текст диссертационной работы о своих исследованиях Тунгусского феномена, сдал в ГАИШ кандидатские экзамены (замечательному нашему астрофизику С.Б. Пикельнеру, о котором сохранил самые теплые воспоминания). Но все разрушил необдуманный и бестактный отзыв тогдашнего директора института Д.Я. Мартынова, который, ознакомившись лишь с историческим введением (необходимым в такой работе), воскликнул: “Да это же филология!” И.Т. Зоткину даже посоветовали защищаться в Институте истории естествознания и техники, то есть по истории науки (?!), хотя его главным научным достижением были именно исследования природы самого тунгусского феномена. После этого Игорь Тимофеевич не только забросил работу, но и в дальнейшем категорически не допускал даже разговоров о диссертации, хотя ее готовы были принять к защите в Институте прикладной астрономии РАН в Санкт-Петербурге – после моего письма к его главному научному сотруднику Ю.В. Батракову (1926–2013).





*И.Т. Зоткин на верхней открытой площадке обсерватории за наблюдением последнего в XXI в. прохождения Венеры по диску Солнца. 6 июня 2012 г.*

В последние годы Игоря Тимофеевича все более беспокоили старые недуги. В одну из давних экспедиций в район Тунгусской катастрофы он получил тяжелейшую травму позвоночника от упавшего на него дерева, когда вместе с другими участниками экспедиции пытался с помощью динамометра установить силу, валившую в 1908 г. таежных великанов. Ему грозила полная инвалидность, надвигалась депрессия. В эти тяжелые дни академик В.Г. Фесенков – при своей несколько сухой, суровой внешности человек великой души, приходивший на помощь и другим своим будущим сотрудникам в тяжелых для них обстоятельствах (включая автора настоящей статьи), – навесил Игоря Тимофеевича в больнице и твердо сказал ему, что при любых обстоятельствах он всегда будет оставаться полноправным членом рабочего творческого коллектива Комитета по метеоритам. Это вселило в больного новые силы, и дело пошло на поправку.

Но жизненные обстоятельства приносили и радость, и новые переживания. А они особенно остры у натур (при всей их творческой силе) ранимых, гордых и замкнутых, каким и был И.Т. Зоткин. Теперь стало подводить сердце.

Замечательный семьянин, Игорь Тимофеевич Зоткин вырастил со своей женой Евгенией Викторовной дочь и сына; души не чаял в своем первом внуке, приводил малыша в планетарий, а когда тот подрос, много сил (все это происходило на наших глазах) отдал для подготовки его в университет в надежде увидеть в нем своего наследника в астрономии<sup>23</sup>. Его последней радостью стало рождение младшего внука, названного в честь прадеда Тимофеем. И он очень беспокоился о дальнейшей судьбе нашего музея – найдется ли и здесь наследник?...

Пережив не один инфаркт, он чувствовал приближение финала...

Скончался Игорь Тимофеевич скоропостижно, от очередного инфаркта, 24 мая 2016 г. в Москве.

Автор выражает глубокую признательность за помощь при сборе материалов для этой статьи сотрудникам Музея ГАИШ И.К. Лапиной и Ф.В. Горбунову, прежде всего за предоставление большого числа фотографий, как своих, так и редких, широкоформатных, сделанных В.А. Ромейко, другом и соратником Игоря Тимофеевича по экспедициям на Подкаменную Тунгуску. Особую признательность хочу выразить своей давней коллеге по КМЕТ А.Я. Скрипник за уточнения и замечания, связанные с научной биографией И.Т. Зоткина, сотрудницей у которого она была задолго до автора настоящей статьи. Искренне благодарю и заведующую астрономическим отделением Государственной научной библиотеки им. М.А. Горького МГУ Ю.И. Карпову за уточнение библиографических ссылок. Наконец, неоценимую роль сыграла и написанная И.Т. Зоткиным в 2004 г. автобиография.

<sup>23</sup> Увы, оказавшейся тщетной: после успешного окончания МГУ тенденции века среди молодежи “унесли” юного и способного аспиранта ГАИШ МГУ из науки в бизнес.

*А.И. Еремеева,  
кандидат физико-математических наук  
ГАИШ МГУ*

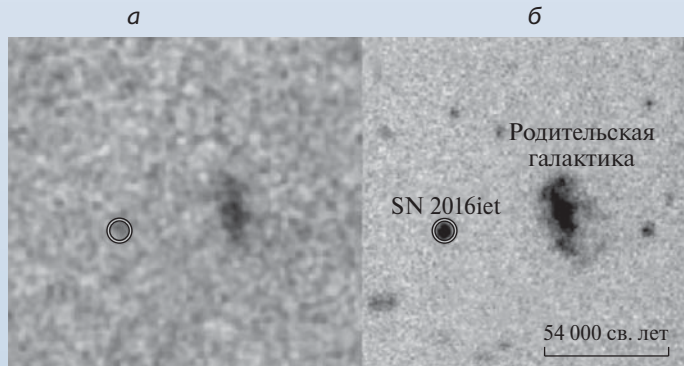


## Информация

### Бесследное уничтожение сверхмассивной звезды

В августе 2019 г. в журнале “The Astrophysical Journal” была опубликована статья об исследовании необычной сверхновой SN 2016iet. Сверхновая SN 2016iet была впервые обнаружена 14 ноября 2016 г. с помощью космической обсерватории “Гайя” (“Gaia”, ESA; Зиб, 2014, № 3). Ее последующие наблюдения проводились на протяжении 800 суток с использованием различных телескопов, включая телескоп “Gemini-North” с инструментом Multi-Object Spectrograph (США, Гавайи), и позволили получить важные сведения о расстоянии до этого объекта (1 млрд св. лет), его химическом составе (бедном металлами), а также о его необычном даже для сверхновой поведении. Кроме всего прочего, оказалось, что объект, породивший сверхновую SN 2016iet, находится на неожиданно большом расстоянии от своей родительской галактики – порядка 16,5 кпк. В общем, сверхновая SN 2016iet оказалась неординарной во многих отношениях, включая чрезвычайно большую продолжительность вспышки, высокую энергию, необычный химический состав и окрестности, бедные тяжелыми элементами. “И для нее даже не нашлось близких аналогов, описанных в научной литературе”, – сообщает группа исследователей во главе с С. Гомесом из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра (США).

Сверхновая SN 2016iet и ее родительская галактика. Снимки сделаны в сентябре 2014 г. (а) и в июле 2018 г. (б) с помощью наземного телескопа “Джемини-север” с инструментом Multi-Object Spectrograph (США, Гавайи).



Используя различные физические модели для интерпретации наблюдательных данных, авторы работы пришли к выводу о том, что SN 2016iet может принадлежать к редкому типу парно-нестабильных сверхновых, которые порождаются взрывами очень массивных звезд (с начальными массами от 130 до 250 масс Солнца). Такие массивные объекты очень быстро “сжигают” в своих ядрах сначала водород с гелием, а затем и углерод. После сгорания углерода в них образуются преимущественно кислородные ядра, масса которых больше 60 солнечных масс, а температура в ядре превышает миллиард кельвинов. При такой температуре и плотности в ядре происходит интенсивная генерация жестких гамма-квантов, но при этом опережающими темпами растет и поглощение этих квантов в ядре в процессе образования электрон-позитронных пар (отсюда и название неустойчивости). Из-за более интенсивного поглощения поток гамма-квантов наружу из ядра ослабевает, нарушается баланс между гравитационными силами, стремящимися сжать ядро, и силами давления, которые этому препятствуют. Начинается коллапс ядра. Однако в процессе коллапса температура и плотность в ядре растут настолько быстро, что в нем начинаются термоядерные реакции с участием тяжелых элементов. В этих реакциях гигантское количество тепловой энергии выделяется за время, значительно меньшее того, что необходимо для сжатия ядра в компактный объект. В результате происходит термоядерный взрыв, полностью разрушающий ядро звезды.

Журнал “Astrophysical Journal”,  
V. 881, № 2, август 2019 г.

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ТАЙН СОЛНЦА АЛЬФРЕД ФАУЛЕР

DOI: 10.7868/S0044394819050074

**В** 2018 г. исполнилось 150 лет со дня рождения Альфреда Фаулера (Alfred Fowler; 1868–1940) – выдающегося английского астронома-спектроскописта и физика, первого Генерального секретаря Международного астрономического союза (1919–1921), 41-го президента Королевского астрономического общества, президента Национального комитета астрономии и Объединенного постоянного комитета солнечных затмений МАС, члена-корреспондента Парижской академии наук, члена Лондонского королевского общества по развитию знаний о природе<sup>1</sup>.

А. Фаулер родился 22 марта 1868 г. в Уилсдене (Йоркшир) в бедной рабочей семье текстильщиков, был седьмым сыном Хайрама и Элизы Фаулер. В 1876 г. семья переехала в район Парквуда г. Китли (муниципальный район Брандфорд в графстве Уэст-Йоркшир), где Альфред пошел в начальную школу. Заметив бедственное положение семьи, сосед по дому, видевший в мальчике многообещающее будущее, начал финансировать его образование. В 1880 г. подросток получил стипендию местной торговой и грамматической школы (Trade and Grammar School). Несмотря на личную трагедию – самоубийство отца, в 15 лет Альфред выиграл конкурс и стал стипендиатом Национальной школы наук. Через два года юноша поступил в это высшее учебное заведение Лондона в Южном Кенсингтоне (ныне – Имперский колледж).

<sup>1</sup> Dindle H. Obituary: Alfred Fowler. 1868–1940 // The Observatory, 1940. Т. 63. № 797. P. 262–267.



Альфред Фаулер. 1910 г.

Лондонский Имперский колледж науки и технологий был основан в 1907 г., специализируется в преподавании научных дисциплин, а также инженерии, медицины и бизнеса. Учебное заведение входит в “золотой треугольник” элитных британских университетов, включающий также Оксфордский и Кембриджский университеты. Основным предметом Альфред избрал механику и после завершения учебы остался в колледже в качестве проходящего подготовку учителя (teacher in training). В Имперском колледже Фаулер проработал вплоть до отставки в 1934 г., сначала ассистентом профессора на кафедре физики, а затем доцентом на кафедре астрофизики.

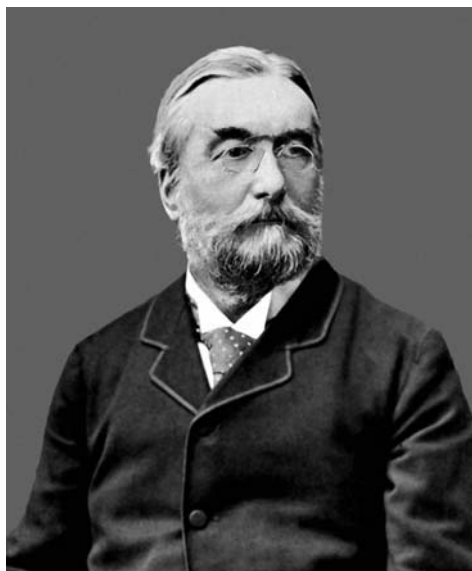


Здание Национальной школы наук в Лондоне (ныне – Имперский колледж науки и технологий), в котором в 1885–1888 гг. учился А. Фаулер

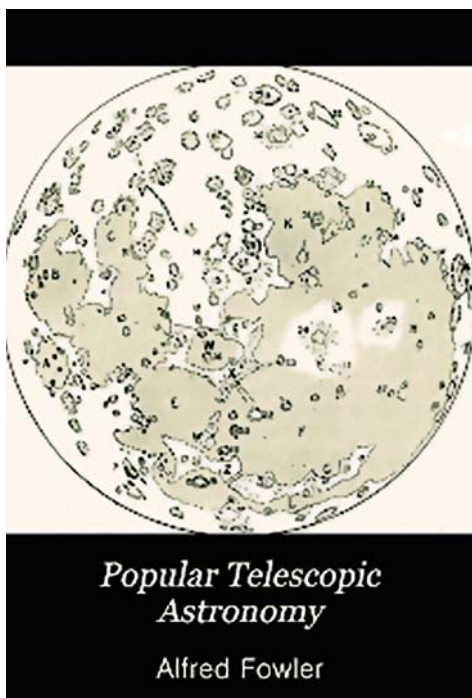
Во время учебы, когда Альфреду было всего 17 лет, его заметил известный астроном сэр Джозеф Норман Локьер (1836–1920), руководитель недавно созданной Обсерватории солнечной физики Имперского колледжа (директор с 1885 по 1913 г.), и привлек к своей работе. В 1888 г. молодой ученый получил должность первого демонстратора по астрономической физике. Для Альфреда Фаулера физика стала тем инструментом, который было возможно использовать на службе астрономии. Годы сотрудничества с Н. Локьером оказались важнейшими для становления А. Фаулера как ученого. В течение нескольких лет он участвовал в шести экспедициях по изучению полных солнечных затмений: в Западную Африку (затмение 16 апреля 1893 г.), Норвегию (9 августа 1896 г.), Индию (22 января 1898 г.), Испанию (28 мая 1900 г.), Индонезию (18 мая 1901 г.) и снова в Испанию (20 августа 1905 г.)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> *Plummer H.C.* // *Royal Astronomical Society*, 1941. V. 101. № 3. P. 132–135.

Астрономические исследования Фаулера тесно связаны с наблюдением солнечных затмений, в них он приобрел огромный опыт спектроскописта. Экспедиции в Западную Африку в 1893 г. и Индию в 1898 г. оказались наиболее результативными для получения спектров. Ученый провел первые успешные наблюдения затмения с помощью призматической камеры, что позволило впервые четко отделить спектр солнечной короны от спектра хромосферы. Фаулер впервые точно измерил зеленую линию короны. Однако в 1896 и 1905 гг. наблюдения не удались из-за облачности, в 1900 г. оказались менее успешными. В 1914 г. Фаулер разработал новую программу фотографирования спектров частично затемненного Солнца во время затмения. 21 августа 1914 г. очередное полное затмение должно было произойти на территории России. Фаулер с ассистентами выехал в Киев, но смог добраться лишь до Риги. Началась Первая мировая война, и группа была вынуждена вернуться в Англию.



Профессор сэр Норман Локьер. 1880-е гг.



Обложка книги А. Фаулера "Популярная телескопическая астрономия: как сделать 2-дюймовый телескоп и что в него можно увидеть" (1896)

В дальнейшем Фаулер продолжал интересоваться затмениями, но уже не мог поехать в экспедиции.

На основе приобретенного опыта астрономических наблюдений в 1896 г. Альфред Фаулер издает свою первую книгу "Популярная телескопическая астрономия: как сделать 2-дюймовый телескоп и что в него можно увидеть" ("Popular telescopic astronomy: How to make a 2-inch telescope & what to see with it"). Это издание произвело большое впечатление на юного Эдвина Хаббла. В результате знакомства с книгой в 1902 г., когда ему было 13 лет, Хаббл вдохновился астрономией и впоследствии поступил в Чикагский университет. Через два года выходит вторая книга Фаулера "Геометрическая астрономия и астрономические инструменты" ("Geometrical astronomy and astronomical instruments". The Concise Knowledge Astronomy, D. Appleton & Co, 1898).

Фаулер сыграл значительную роль в развитии теории диссоциации Локьера, согласно которой изменения спектров вещества при изменении условий возбуждения (например, при переходе от солнечного диска к пятнам) связаны с распадом излучающих атомов на более простые. Модификация теории, предложенная Фаулером, состояла в том, что эти спектральные изменения могут быть отнесены не к распавшимся элементам, а порождены изменением первоначального элемента. В такой форме теория близко подошла к идее ионизации атомов. Тем не менее работа 1897 г., в которой излагались эти соображения, вышла за авторством одного Н. Локьера.

В 1901 г., после ухода на пенсию Н. Локьера, А. Фаулер получил пост адъюнкт-профессора (assistant professor) на кафедре физики Имперского колледжа. Не имея возможности работать с астрономическими инструментами обсерватории, он занялся проблемой интерпретации звездных спектров, получив ряд важных результатов.





Лаборатория на кафедре физики Имперского колледжа

В то время еще не существовало методики спектроскопических исследований, но Фаулер продолжил работу в лаборатории доступными средствами, и это принесло ему славу.

Фаулер был по праву заслуженным экспертом в области спектроскопии Солнца и звезд. Он стал одним из первых, кто определил по спектрам, что температура солнечных пятен более низкая, по сравнению с окружающими участками фотосферы (сейчас установлено, что примерно на 1500 К). Многие спектральные линии Солнца были идентифицированы, в том числе многократно ионизированных атомов металлов (например,  $Ni^{14+}$ ). Это стало одним из подтверждений огромной температуры солнечной короны – около миллиона градусов. Фаулера натолкнуло на идею выделения отдельных линий в спектрах то, как Локьер выделил в лаборатории и в звездах линии Si I, II, III и IV. Занимаясь проблемой звездных спектров, проводя наблюдения в Обсерватории солнечной физики Имперского колледжа, в 1904 г. Фаулер обнаружил молекулярные полосы оксида

титана в спектрах звезд третьего типа (звезды класса M, к ним относятся Бетельгейзе и Антарес). Это говорило об относительно низких температурах атмосфер таких звезд. Впоследствии оксид титана был обнаружен и в спектрах солнечных пятен, тщательное изучение которых было начато Фаулером в 1903 г. В 1905–1907 гг. в “Ежемесячных заметках Королевского астрономического общества” он публикует результаты наблюдений солнечных затмений и изучения спектров Солнца в ряде статей: “Наблюдения спектров солнечных пятен в области C-D”, “Полное солнечное затмение 30 августа 1905 г.”, “Хромосферные линии в спектрах солнечных пятен и их характеристика”, “Спектр с линиями поглощения оксида титана”, “Происхождение некоторых полос в спектрах солнечных пятен”.

Фаулер принимал активное участие в работе Международного союза по сотрудничеству в исследовании Солнца, организованного в 1904 г. В следующем году, на конференции в Оксфорде, он выступил организатором комитета по



Профессор А. Фаулер. 1910-е гг.

сотрудничеству в исследовании спектров солнечных пятен; делал доклады на эту тему на конференциях в Париже, Маунт-Вильсоне и Бонне.

Изучение спектров Солнца и звезд принесло и другие результаты: были исследованы полосы скандия, указывающие на присутствие гидрида магния ( $MgH_2$ ) в солнечных пятнах, что позволило отождествить около 2000 линий и значительно упростить дальнейшую интерпретацию спектров. Сравнение спектров пятен и хромосферы дало еще один аргумент в пользу представления о более низкой температуре в области пятна. В своей работе Фаулер сочетал наблюдение и лабораторные эксперименты, что позволило ему почти полностью объяснить спектр звезды о Кита (мириды), в котором, помимо оксида титана, были обнаружены линии ванадия, железа, титана и натрия. Об этом он пишет в статье 1909 г. "Спектроскопическое сравнение о Кита с оксидом титана".

Среди наиболее известных вкладов Фаулера в астрофизику была идентификация полос  $TiO$  в спектрах красных звезд,  $MgH$  и других полос в спектрах солнечных пятен и полос  $CO$  в спектрах хвостов комет. Наибольшую интенсивность в спектре звезд класса К и М (например, сверхгигант Антарес в созвездии Скорпиона) имеют линии металлов, на фоне которых линии поглощения водорода почти не заметны. Появляются линии и полосы поглощения, принадлежащие оксидам металлов, в частности, окиси титана ( $TiO$ ). Статья "Спектроскопическое сравнение о Кита с оксидом титана" опубликована им в 1904 г. Фаулер был первым, кто определил в лаборатории линии ионизирующего гелия. Эти исследования заложили основу для интерпретации спектров горячих звезд. В журнале "Nature" Фаулер публикует статьи: "Переменные звезды и строение Солнца" (1889, V. 39. P. 492–493), "Новая классификация спектров звезд" (1897, V. 56. P. 206–208), "Классификация звезд по их температуре и химическому составу" (1904, V. 70. P. 611–614), "Спектры гелия и водорода" (1913, V. 92. P. 95–96), "Анализ линейных спектров" (1926, V. 18. P. 593–596).

В результате других спектральных исследований аналогичного характера Фаулер воспроизвел в лабораторных условиях спектры хвостов комет, первая надежная регистрация которых была проведена в 1907 г. (спектры голов комет фиксировались еще с 1860-х гг. и были в основном объяснены). Итогом стало обнаружение в спектрах хвостов окиси углерода при низком давлении. Так была разрешена загадка спектра кометы Брорзена (открыта в 1846 г., попала в список потерянных, после 1873 г. не обнаружена). Комету, отличавшуюся необычными полосами поглощения, наблюдал английский астроном-любитель У. Хаггинс еще в 1868 г. Совместно с Р. Стреттом (лорд Рэлей) Фаулер показал, что поглощение атмосферного озона является основным фактором

А. Фаулер исследует спектры в лаборатории Имперского колледжа. 1900-е гг.

---

уменьшения интенсивности линий в спектре Солнца и звезд в области ближнего ультрафиолета ( $\lambda = 3000\text{--}4000 \text{ \AA}$ ).

В то же время Фаулер продолжал изучать атомные спектры и их последовательные соотношения. Итоги данной работы отражены в отчете о сериях в линейных спектрах, опубликованном в 1922 г. Физическим обществом. Ученый провел большую работу по поиску закономерностей серий в атомарных спектрах, а также отождествлению отдельных линий в лабораторных, в солнечном и звездных спектрах (в том числе линий, последовательно возникающих при повышении уровня возбуждения вещества). К наиболее важным открытиям Фаулера относится выделение линии гелия (HeII), которую он обнаружил при изучении спектра “космического водорода” на Солнце. Это произошло после открытия в 1884 г. американским астрономом Э. Пикерингом (1846–1919; составитель фотометрических и спектральных каталогов Гарвардской обсерватории) в спектре ярчайшей звезды  $\zeta$  Кормы двух серий, приписанных водороду. В 1898 г. Фаулер наблюдал во время экспедиции в Индию в спектре Солнца эмиссионную линию  $\lambda = 4686 \text{ \AA}$ , которая, согласно расчетам, должна была относиться к “главной серии” водорода. В 1912 г. он обнаружил эту же серию в спектре вакуумной трубки, заполненной гелием и содержавшей лишь примеси водорода. При этом наблюдались небольшие отклонения от расчетных значений (порядка нескольких ангстрем). Загадка “главной серии водорода” была разрешена Нильсом



Бором, который на основании своей квантовой теории смог интерпретировать ее как относящуюся к спектру ионизированного гелия, а небольшие отклонения от расчетов связать с поправками на приведенную массу электрона (условная характеристика распределения масс в движущейся системе, зависящая от физических параметров системы).

---

Директор Гарвардской обсерватории Эдуард Пикеринг. 1880-е гг.



После появления в 1913 г. теории планетарной модели атома Н. Бора Фаулер приступил к анализу спектров в свете этих новых представлений, изучая процессы ионизации и идентифицируя многие спектральные линии как принадлежащие к спектрам ионов. Его данные позволили получить наиболее точное для того времени значение отношения масс протона и электрона и величины постоянной Ридберга (фундаментальная физическая постоянная, используемая для расчетов уровня энергии и частот излучения атомов). В 1914 г. ученый показал (как непосредственное следствие теории Бора), что усиленные линии гелия, магния и стронция образуют семейства рядов, взаимные отношения которых идентичны отношениям ряда, найденного для дуговых линий; но константа ряда должна иметь значение в четыре раза большее. Это означало, что ряды за счет усиленных линий получались из положительных ионов веществ, а не из нейтральных атомов. Фаулер в процессе лабораторных исследований подтвердил теорию Бора о строении атома водорода.

Английский астрофизик Герберт Дингл (1890–1978), один из учеников Фаулера, так сказал о нем в биографии ученого: “Когда кто-либо пытается назвать качества, которые наиболее отличали Фаулера как спектроскописта, две характеристики требуют признания – исключительное знание спектров и память на их детали и его упорство в достижении наивысшей возможной точности... Фаулер – величайший из живущих спектроскопистов... он никогда не ошибается”<sup>3</sup>.

В мае 1915 г. Фаулер получил должность профессора на кафедре астрофизики в Имперском колледже (на общественных началах), затем в 1920 г. занял этот пост официально.

<sup>3</sup> Dingle H. Alfred Fowler (1868–1940) // *Obit. Not. Fel. Roy. Soc.*, 1941. V. 3. P. 495.

После Первой мировой войны, 28 июля 1919 г. в Брюсселе было объявлено о создании Международного астрономического союза (МАС; см. статью Д.В. Вибе в этом номере). По предложению американского астронома Джорджа Хейла Фаулер был назначен генеральным секретарем этой организации. Он разработал устав и организовал первый съезд союза в Риме в мае 1922 г. (30-я Генеральная ассамблея прошла в 2018 г. в Вене, Австрия). На съезде первым президентом был избран французский астроном Эдуард Байо (1919–1922).

В декабре 1923 г. Фаулер получил специальный пост – исследователь (Yarrow Research Professor) – учрежденный Лондонским королевским обществом, и смог посвятить все свое время научной работе. Одновременно он покинул пост генерального секретаря МАС. Фаулер занимал ряд должностей в Королевском астрономическом обществе: секретаря в 1912–1918 гг., президента в 1919–1921 гг., секретаря по зарубежным делам (*foreign secretary*) в 1931–1935 гг. Он также являлся членом совета посетителей (*Board of Visitors*) Королевской обсерватории в Гринвиче, одним из основателей и президентом Института физики в Лондоне (1935–1937), членом исполнительного комитета Национальной физической лаборатории (отвечает за национальные системы измерений и технические аспекты физических стандартов), членом совета Департамента научных и промышленных исследований (отвечает за организацию, развитие и поддержку научных и промышленных исследований), членом правления Имперского колледжа.

Фаулер был из тех ученых, кто отдавал себя полностью науке в бесконечных трудах, он был подлинным энтузиастом в области астрофизики.

В 1915 г. президент Королевского астрономического общества полковник



Э. Хиллс, вручая Фаулеру Золотую медаль общества “за спектроскопические исследования солнечных пятен, звезд и комет и за успешную интерпретацию явлений при помощи лабораторных экспериментов”, сказал: «... сейчас мы являемся свидетелями странного процесса, когда не только астроном обращается к физикам за помощью в разрешении своих трудностей и интерпретации физических наблюдений удаленных тел – это обращение естественно и не вызывает удивления, – но, что кажется на первый взгляд неестественным, сейчас происходит обратное, и физик просит помощи астронома»<sup>4</sup>.

В обращении по случаю вручения в 1934 г. Фаулеру медали Кэтрин Брюс Тихоокеанского астрономического общества Эдвин Хаббл писал: «Профессор Фаулер занял ключевое место в развитии интерпретации спектров. Его познания в звездных спектрах, представляющих огромные диапазоны по температуре и давлению, так же широки и глубоки, как и его познания в земных спектрах, полученных в контролируемых условиях лаборатории»<sup>5</sup>.

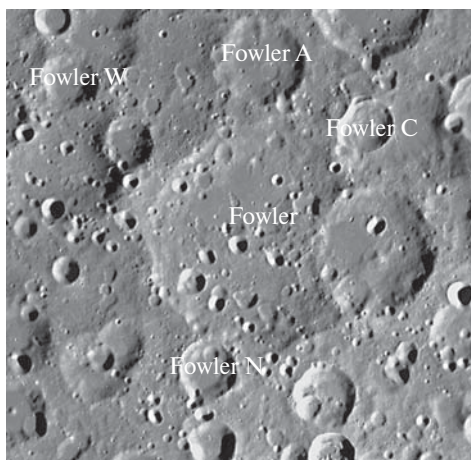
Фаулер был награжден: премией Вальца Парижской академии наук (1913), Бейкеровской лекцией (1914, 1924) Лондонского королевского общества за достижения в области естествознания, Золотой медалью Королевского астрономического общества (1915) за выдающиеся достижения в солнечной физике и астрофизике, медалью Лондонского королевского общества по развитию знаний о природе (1918) за достижения в развитии естествознания, медалью Генри Драйпера Национальной академии наук США (1920) за достижения

<sup>4</sup> Hills H.E. Address on presenting the Gold Medal of the Society to Prof. A. Fowler // Mon. Not. Roy. Astr. Soc., 1915. V. 75. P. 356.

<sup>5</sup> Hubble E. The Award of the Bruce Gold Medal to Professor Alfred Fowler // Pub. Astr. Soc. Pac., 1934. V. 46. P. 92.



Мемориальная доска на доме, где жил А. Фаулер



Кратер Фаулер на обратной стороне Луны

в области астрофизики, медалью Кэтрин Брюс (1934), орденом Командора Британской империи (1935). Он был членом-корреспондентом Парижской академии наук (1920), членом Лондонского королевского общества по развитию знаний о природе (1910), иностранным членом-корреспондентом Национальной академии наук США (1938), почетным доктором Бристольского, Даремского, Кембриджского и Лидского университетов.

В 1934 г. Фаулер вышел в отставку с профессорского поста. Он уносил с собой наилучшие пожелания от

широкого круга друзей и коллег-астрономов. Эти чувства были высказаны на торжественном обеде ректором Имперского колледжа Н.Т. Тизардом при вручении поздравительного адреса от коллег и учеников. В своем ответе Фаулер дал яркий отчет о ранней истории своей кафедры и ее развитии до настоящего времени, сопровождая его многими интересными воспоминаниями о людях прошлого и настоящего<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> The Observatory, 1934. Т. 57. № 726. Р. 317–319 (Ежемесячный обзор по астрономии МАС, ноябрь 1934 г.).

В конце 1930-х гг. здоровье ученого постоянно ухудшалось. 24 июня 1940 г. ученый скончался в Лондоне в результате инсульта. Фаулер был женат, имел сына и дочь.

22 марта 2018 г. в честь 150-летия со дня рождения Фаулера на доме по улице Мосс-Роу (Moss Row) в Лондоне, где жил ученый, была торжественно открыта мемориальная доска. Имя Фаулера носит кратер на обратной стороне Луны в северном полушарии – диаметром 139,5 км и глубиной 3 км, координаты: 42°35' с.ш. и 145°16' з.д.

*С.А. Герасютин*

## Информация

### Новый “Метеор” на орбите

5 июля 2019 г. с космодрома Восточный выполнен успешный пуск ракеты-носителя “Союз-2.1б” с разгонным блоком “Фрегат”. Полезной нагрузкой стал российский метеорологический спутник “Метеор-М” № 2-2, а также 32 малых космических аппарата, из них три созданы в российских университетах:



Метеорологический спутник “Метеор-М” № 2-2. Рисунок госкорпорации “Роскосмос”, ВНИИЭМ

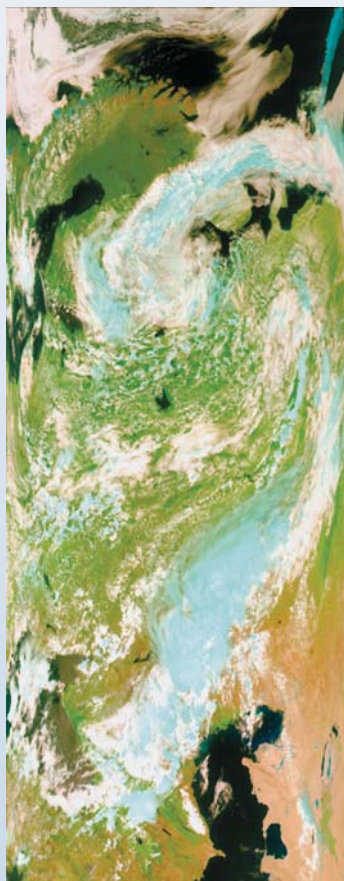


Соленое озеро Ван (Турция). Снимок получен 15 июля 2019 г. с помощью КМСС "Метеор-М" № 2-2. Фото госкорпорации "Роскосмос"

"Сократ" (НИИЯФ МГУ), "АмурСат" (АмГУ) и "ВДНХ-80" (НИИЯФ МГУ и АО "ВДНХ"). Попутная нагрузка – 29 микроспутников – были запущены в интересах Германии (11), США (9), Финляндии (2), Франции, Великобритании, Израиля, Таиланда, Швеции, Чехии, Эквадора и Эстонии.

Космический аппарат "Метеор-М" № 2-2 (длина 5 м, ширина с развернутыми панелями солнечных батарей 14 м и масса 2778 кг, в том числе масса научной аппаратуры 1200 кг) – третий из этой серии; они изготовлены корпорацией ВНИИЭМ и относятся к спутникам дистанционного зондирования Земли. "Метеор-М" сможет обеспечивать изображения облачности, поверхности Земли, ледового и снежного покровов в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах, а также получать данные о температуре морской поверхности и состоянии озонового слоя, определять уровень влажности, а также осуществлять контроль озонового слоя и радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве. "Метеор-ЗМ" № 2-2 входит в состав космического комплекса гидрометеорологического и океанографического обеспечения.

12 июля был получен первый снимок, сделанный с помощью многозонального сканирующего устройства малого разрешения (МСУ-МР), 15 июля был включен комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС). 19 июля "Метеор-М" №2-2 впервые задействовал модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы (МТВЗА-ГЯ); работают также гелиогеофизический аппаратный комплекс (ГФЭК-М) и радиолокационный комплекс "Северянин-М" (БРЛК).



Облачность над Европой. Первый снимок получен 12 июля 2019 г. с помощью МСУ-МР "Метеор-М" № 2-2. Фото госкорпорации "Роскосмос"

По информации госкорпорации "Роскосмос"

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ КОСМИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ И БИОРИТМОЛОГИИ

В.А. ГАЛИЧИЙ,

*доктор медицинских наук*

*действительный член Российской Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского,*

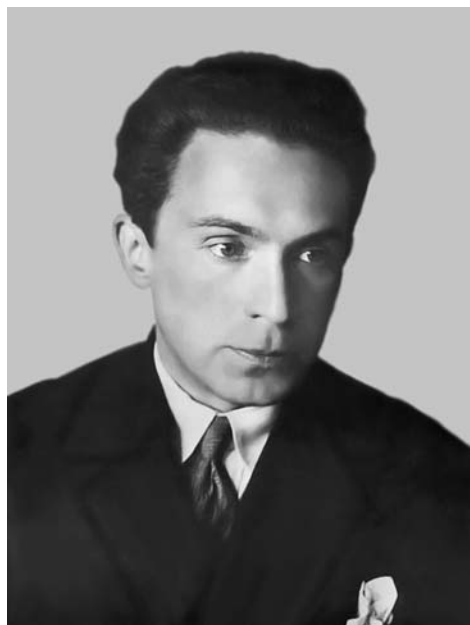
*Институт медико-биологических проблем РАН*

DOI: 10.7868/50044394819050086

**В**ыдающийся отечественный ученый Александр Леонидович Чижевский отчетливо понимал единство протекающих в природе процессов и явлений. Он видел мир глазами ученого-естествоиспытателя, художника и поэта. Ему принадлежит ряд фундаментальных открытий, которые внесли неоценимый вклад в мировую науку и навсегда вписали его имя золотыми буквами в историю естествознания.

Выросший в семье военного изобретателя-артиллериста, он получил прекрасное образование. В домашней библиотеке отца было около 15 тыс. книг на всех европейских языках (которыми с детства владел Александр). Этим во многом объясняется широта познаний и творческая устремленность молодого ученого. Он был не только физиком, статистиком и социологом, но и врачом, биологом и философом, а кроме того, – поэтом, музыкантом и прекрасным пейзажистом.

А.Л. Чижевский одним из первых обратил внимание на зависимость явлений, наблюдаемых в природе и обществе (таких, как ураганы, наводнения, извержения вулканов, голод, эпидемии, опустошительные



*А.Л. Чижевский. 1930-е гг.*

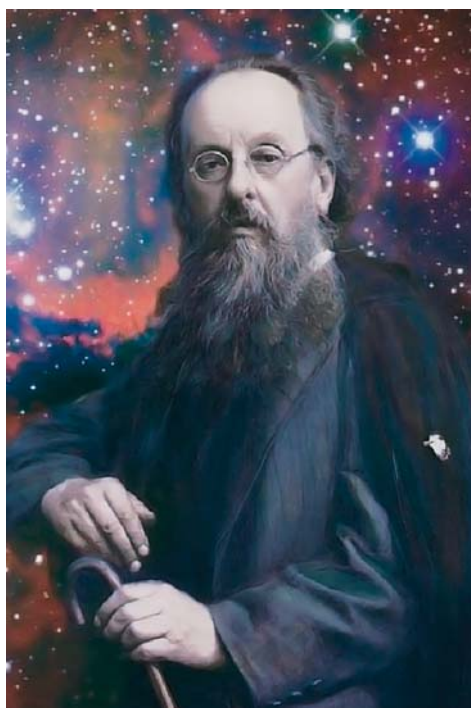
войны) – от периодических астрофизических и космических процессов. За смелые исследования, связывающие астрономию с биологией, в 1927 г. на заседании Астрофизического общества в Сорбонне ему присуждается звание почетного члена этого общества.



Через 2 года в “Бюллетене Международной биологической ассоциации” выходит его работа о влиянии солнечной и звездной космической радиации на клетки и ткани организма человека. За эти исследования он удостоивается звания почетного члена Лионского и Нансинского университетов.

Проживая долгие годы в Калуге, А.Л. Чижевский имел возможность обсуждать планы своих научных исследований с талантливым экспериментатором и выдающимся мыслителем К.Э. Циолковским. По словам Александра Леонидовича, ни один его научный замысел, ни одно экспериментальное исследование не осуществлялись без предварительного обсуждения с Константином Эдуардовичем. Начиная с 1918 г. они размышляли о различных методах защиты космического корабля от проникающего излучения, об атмосфере в нем и о возможных методах прогнозирования опасности.

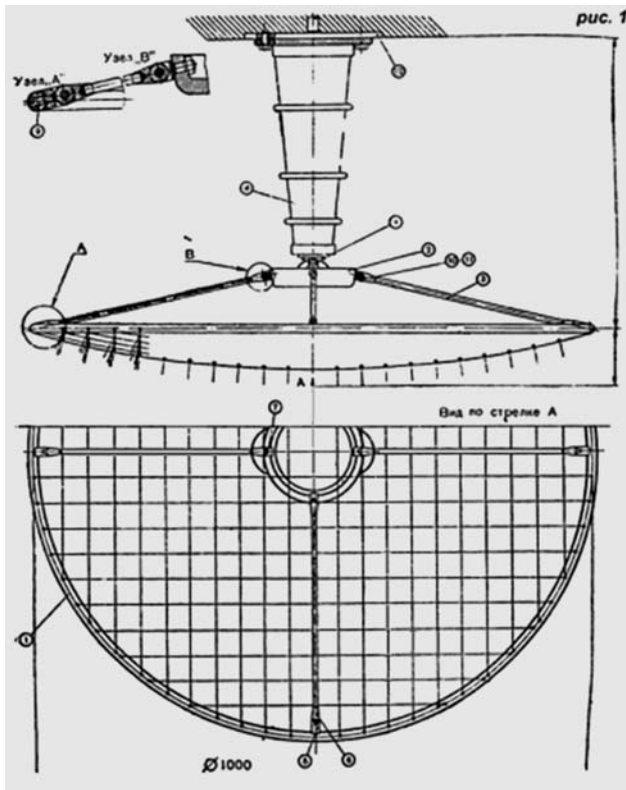
А.Л. Чижевский приходит к выводу, что мощные процессы на Солнце сопровождаются повышенной возбудимостью нервной системы, остро выраженной эмоциональностью и избыточной двигательной активностью. Эти результаты были подтверждены во Франции, где установили, что в годы максимальной активности Солнца 95% всех случаев внезапной смерти (в основном при инфаркте миокарда и инсульте у лиц пожилого возраста) приходятся именно на дни возникновения вспышек и других признаков повышенной активности. Под влиянием этих работ и по совету Александра Леонидовича в г. Лионе был образован Международный институт по изучению солнечных, земных и космических излучений, их биологического и патологического действия. А.Л. Чижевского избирают



*К.Э. Циолковский. 1920-е гг.*

почетным членом президиума и членом-основателем этого института. Французская медико-астронавтическая служба Солнца, по ее оценкам, спасла десятки тысяч человеческих жизней.

Размышляя с Александром Леонидовичем о предстоящих путешествиях человека за пределы биосферы, Константин Эдуардович подчеркивал, что человек не решится на полет в космос, если не будет осведомлен о влиянии всех космических факторов на организм. По его мнению, ускорения и невесомость – это только два фактора из ряда новых физических состояний, обязательно ожидающих человека в космическом полете. “Каким воздухом будут дышать люди в космических кораблях и как его “приготовить”, чтобы он мог поддерживать жизнь?” – размышлял К.Э. Циолковский.



Аэроионизатор Чижевского

Впервые в мировой науке А.Л. Чижевский установил влияние атмосферного электричества на живые организмы. Он обосновал и разработал ряд лечебно-профилактических мероприятий с использованием ионизации воздуха, основанных на том, что аэроионы отрицательной полярности:

- благотворно влияют на течение сердечных заболеваний, бронхопневмонии, бронхиальной астмы;
- ускоряют заживление ран и язв, срастание костей;
- ликвидируют болезни нервной системы;
- восстанавливают сон, аппетит, бодрость духа;
- повышают трудоспособность и внимание.

Открытие факта аэроионного голодания и его физиологических последствий следует рассматривать как одно из крупнейших достижений науки о жизни (в частности, в области гигиены жилища).

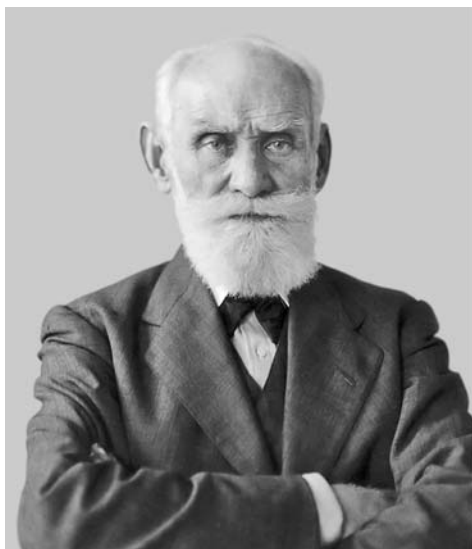
По словам академика РАКЦ Л.В. Голованова, посвятившего многие годы анализу и пропаганде научных достижений А.Л. Чижевского, уже одного того, что названо здесь, было бы достаточно, чтобы имя этого исследователя было навсегда вписано золотыми буквами в историю естествознания и техники.

Возвращаясь к вопросам действия ускорения и невесомости на организм человека в космическом полете, отметим,

что К.Э. Циолковский просил А.Л. Чижевского проконсультироваться по этим вопросам с выдающимися отечественными физиологами и врачами И.П. Павловым и В.М. Бехтеревым.

И.П. Павлов посоветовал изобрести на земле, в лабораторных условиях, способы моделирования чрезмерных ускорений и невесомости. И добавил, что предмет их обсуждения, достойный фантастического романа, неожиданно входит в орбиту науки, а следующее поколение физиологов и врачей затмит современников своими познаниями и открытиями.

В.М. Бехтерев также посоветовал провести исследования в модельных условиях, причем начинать их с использования мелких животных и постепенно переходить к более крупным и, наконец, к человеку. Попутно



*И.П. Павлов*

---

он отметил, что Константин Эдуардович далеко обогнал современную науку и потому он, конечно, одинок среди непонимающей толпы. И спросил, чем может помочь К.Э. Циолковскому.

Таким образом, уже в 20–30-е гг. XX в. отечественные ученые разрабатывали медицинские проблемы космических полетов с участием человека.

А.Л.Чижевскому принадлежит значительный вклад в науку о ритмических процессах на Земле и в космосе. Он доказывал неразрывную связь явлений окружающего нас мира, считая, что общим свойством природных процессов является периодичность, порождаемая совместным воздействием внутренних и внешних причин. Александр Леонидович писал: "...окружающая нас среда представляет собой стройную систему зависимых переменных... Благодаря тому, что динамика этой системы... подчинена строгой внутренней закономерности, в ней могли возникнуть периоды, обусловленные сложной



*В.М. Бехтерев*

---

совокупностью химических и физических процессов".

Анализируя феномен ритма с общепhilosophических позиций, Александр Леонидович писал: "Каждый длительный процесс требует для своего осуществления устойчивости, охранения от случайных или спорадических явлений.

Такое охранение возможно только для процессов периодических, то есть представляющих последовательное повторение... одинакового по типу явления в пространстве и во времени. Периодичность дает возможность придать явлению условия, охраняющие от случайностей".

Согласно представлениям А.Л. Чижевского, у организации материи есть два общих принципа. Это пространственная симметрия, которая характеризует в той или иной степени каждую материальную единицу, и симметрия во времени ("гармония во времени") – то есть ритм, который характеризует всякое движение:



А.Л. Чижевский. Обложка книги "Космический пульс жизни. Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия" (М.: Мысль, 1995)



А.Л. Чижевский. Обложка книги "Поэзия живописи" (Калуга: Золотая аллея, 2000)

“...мы наблюдаем закономерность и в движении небесных тел, составляющих видимый звездный мир, и в движении электронов, составляющих атомы материи. Ей же подчинены функции живых организмов, имеющих свои периоды и фазы. Действительно, окружающая природа в человеческом уме издревле являлась источником того убеждения, что правильная периодичность и повторяемость явлений в пространстве или во времени есть основное свойство мира, которым владеют одни и те же законы, распространяющиеся равно на все части природы независимо от того, как делит, как расчленяет их человек: и неорганическая, и органическая материя со всею своею психической деятельностью подчинена одним и тем же общим для всей вселенной принципам”.

Изучение сложной совокупности ритмов внешнего мира и ритмов живого организма, как отмечал Александр Леонидович, должно стать одной из серьезнейших задач космической биологии. Это предвидение в полной мере оправдалось.

Сегодня в русле космической физиологии и медицины возникло и успешно развивается новое научное направление – космическая биоритмология. Ее основоположник – доктор медицинских наук Б.С. Алякринский – сформулировал закон циркадианности, согласно которому циркадианный (околосуточный) ритм связывает все ритмические процессы организма в единую систему, обеспечивая его относительное постоянство, то есть гомеостаз. Отсюда вытекает сугубо практический вывод: в основу организации труда и отдыха человека в космосе должен быть положен принцип ритма, обеспечивающего поддержание гомеостаза, а, следовательно,



здоровья и благополучия организма.

В русле космической биоритмологии профессором С.И. Степановой сформулирован общебиологический закон волнообразности адаптационного процесса. Этот феномен отражает представление о ритме как об универсальном явлении живой природы.

Наряду с этим разработан ряд теоретических положений, требующих дальнейшего развития, – таких, как положение о константности и лабильности системы циркадианных ритмов (имеющее практическое значение с точки зрения отбора космонавтов, способных наилучшим образом адаптироваться к измененному суточному распорядку); гипотеза о постоянстве информационно-энергетической “стоимости” суточного цикла; концепция сезонного физиологического десинхроноза. Получены статистические характеристики биоритмологической нормы (циркадианных вариаций физиологических показателей).

Творческий путь А.Л. Чижевского исключительно разнообразен и продуктивен. Им написано несколько сотен статей и больше десятка монографий на русском и европейских языках; они были опубликованы в медицинских, биологических и астрофизических журналах Германии, Франции, Бельгии, Италии, США. Европейская и американская наука признает его



основателем нового научного направления – космобиологии.

Установление А.Л. Чижевским влияния космических факторов на земные процессы поставило его в этом направлении исследований в один ряд с пионерами космического естествознания – А. Гумбольдтом, К.Э. Циолковским и В.И. Вернадским.

В Меморандуме 1-го Международного конгресса по биофизике и биокосмологии, проходившего в 1939 г. в Нью-Йорке, говорилось: «Гениальные по новизне идей, по широте охвата, по смелости синтеза и глубине анализа труды поставили профессора А.Л. Чижевского во главе биофизиков мира и сделали его истинным Гражданином мира, ибо труды его – достояние человечества». Конгресс выдвинул кандидатуру А.Л. Чижевского на соискание Нобелевской премии, было отмечено, что многогранная деятельность ученого «олицетворяет для нас, живущих в XX в., монументальную личность Леонардо да Винчи».

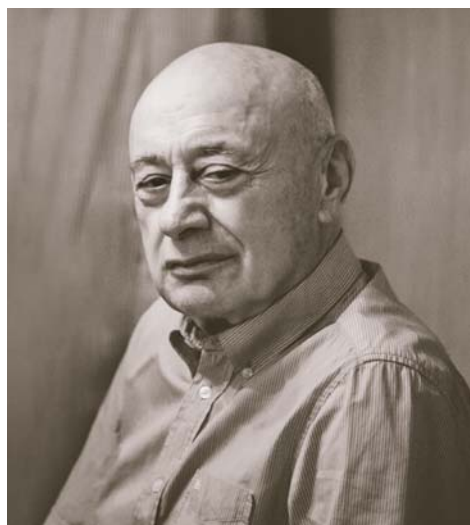
## ГЕОРГИЙ ГЕОРГИЕВИЧ МАНАГАДЗЕ (25.08.1936–27.04.2019)

DOI: 10.7868/50044394819050098

**27** апреля 2019 г. из жизни ушел доктор физико-математических наук, профессор Георгий Георгиевич Манагадзе, заслуженный деятель науки России, на протяжении многих лет возглавлявший лабораторию масс-спектрометрии и активной диагностики Института космических исследований РАН. Именно ее сотрудники одними из первых в нашей стране стали заниматься активными плазменными экспериментами в открытом космосе с искусственными воздействиями на магнитосферу Земли.

Г.Г. Манагадзе был принят на работу в ИКИ после окончания аспирантуры в Институте атомной энергии им. И.Б. Курчатова и защиты кандидатской диссертации на тему “Лабораторное моделирование взаимодействия солнечного ветра с геомагнитным полем”. В процессе обучения в аспирантуре по воле судьбы у него было три знаменитых наставника: профессор Д.А. Франк-Каменецкий, академик В.Д. Русанов и профессор И.М. Подгорный.

В начале 1970-х гг. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн вел подготовку международного проекта – выполнение эксперимента с активным воздействием на магнитосферу. Георгий Георгиевич стал участником международного советско-французского научного проекта АРАКС, в ходе которого планировались исследования магнитосферных эффектов, связанных с высокоширотными полярными сияниями. С этой целью была предложена инъекция пучка электронов с борта высотной ракеты “Эридан” с французского полигона, находящегося на необитаемом острове



Кергелен в Индийском океане. Пучок электронов, следуя силовой линии магнитного поля Земли, проходившей через Кергелен, должен был вызвать искусственное полярное сияние в районе Архангельска. За этим явлением должны были следить радары Полярного геофизического института АН СССР, а также высокочувствительные телевизионные установки Киевского университета и лаборатории ИКИ.

Экспедиция Академии наук провела на Кергелене 6 месяцев в 1975 г. Удовлетворительное прохождение процесса инъекции пучка с борта ракеты “Эридан” исследовали с помощью установленного на головной части ракеты прибора УШБА. Результаты измерений однозначно показали, что при инъекции электронов возникающий потенциал на корпусе ракеты не компенсировался, заряд сильно возрастал, и в некоторых случаях это приводило

к эффекту “запираания” пушки и прекращению инжекции.

В 1975 г. Г.Г. Манагадзе принимал участие в проекте “Союз – Аполлон”: был предложен активный эксперимент с бортов двух расположенных на расстоянии друг от друга в пространстве космических кораблей СССР и США. Но руководство проекта побоялось негативных последствий такого эксперимента, и он не был проведен.

Около десяти действенных экспериментов на геофизических ракетах МР-12, а также ряд лабораторных плазменных экспериментов были реализованы после проекта АРАКС, получены авторские свидетельства на некоторые бортовые приборы. В это время Г.Г. Манагадзе подготовил докторскую диссертацию по новой тематике, связанной с активными экспериментами в магнитосфере. Диссертация была защищена в 1980 г. В это же время вместе с молодыми специалистами он подготовил уникальный магнитосферный эксперимент, в котором впервые удалось осуществить инжекцию пучка с высоты, достигающей 1800 км с зонда, металлическая поверхность которого была полностью проводящей.

Эксперимент был успешно реализован с борта последней ракеты типа “Вертикаль” с полигона Капустин Яр в 1981 г. и получил высокую оценку международного научного сообщества специалистов. Ни до, ни после подобный эксперимент, который бы дал лучшие результаты, нигде в мире не проводился.

Основная бортовая аппаратура: от инжектора электронов и до приборов плазменной диагностики была изготовлена в лаборатории силами одной команды молодых специалистов. Этот коллектив единомышленников в 1983 г. получил официальный статус лаборатории активных экспериментов ИКИ АН СССР, которую возглавил Г.Г. Манагадзе.

В середине 1980-х гг. был реализован один из наиболее успешных международных проектов ВЕГА. Для этого проекта в лаборатории активной диагностики был разработан лабораторный

прототип прибора ПУМА, предназначенного для лазерного моделирования высокоскоростного удара пылевых частиц о мишень.

Для следующего проекта – ФОБОС – по изучению спутника Марса готовился прибор ЛИМА, предназначенный для измерения химического состава реголита. Согласно сценарию, космический аппарат должен был “зависнуть” над поверхностью Фобоса и с помощью гарпунных систем забрать пробы реголита для масс-спектрометрических измерений и других исследований. Г.Г. Манагадзе было поручено научное руководство этой новой и интересной разработкой. Когда прототип летного прибора ЛИМА прошел полный цикл испытаний и началось изготовление летного экземпляра, сотрудников оповестили об опасности того, что гарпун не удастся вытащить после его погружения в грунт Фобоса и миссия будет загублена. Поэтому гарпунную систему было решено снять с борта, а ее отсутствие делало бессмысленным установку прибора ЛИМА.

Но молодому коллективу лаборатории удалось найти блестящий выход из создавшейся ситуации – началось создание дистанционного лазерного масс-рефлектрона (ЛИМА-Д). Предложенная методика позволяла с расстояния от 30 до 80 м, с пролетного аппарата и без загрязнения поверхности Фобоса определять элементный и изотопный состав его реголита, то есть получать важнейшую информацию, связанную с предысторией происхождения этого спутника Марса и его эволюцией.

В состав бортовой аппаратуры миссии “Фобос” также входил дистанционный эксперимент ДИОН, представляющий собой космический аналог широко известной лабораторной методики ВИМС. Подобный эксперимент (так же, как и методика его реализации в космическом пространстве) проводился впервые и был защищен авторским свидетельством Г.Г. Манагадзе и Р.З. Сагдеева в 1987 г.

Контрольные включения обоих приборов после запуска миссии ФОБОС

показали, что они живы и здоровы. Но на середине пути один из аппаратов миссии был потерян, а второй прекратил существование уже совсем недалеко от цели. Но старания и идеи сотрудников лаборатории не пропали даром. В конце 1980-х гг. под руководством Г.Г. Манагадзе был создан компактный лазерный масс-спектрометр ЛАЗМА, предназначенный для элементного и изотопного анализа вещества в твердой фазе.

С прибором ЛАЗМА связана интересная история: благодаря усилиям академика Р.З. Сагдеева он был представлен в университете Мэриленда (США). По итогам этой выставки прибор был одобрен для использования в передвижной роботизированной лаборатории для исследования загрязнения пустыни Лос-Аламос после проведения там ядерных испытаний. Это позволило Георгию Георгиевичу получить в США позицию в компании "АРТИ" и стать еще одним консультантом по созданию подобного летного прибора для космических исследований в лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса. Статус Г.Г. Манагадзе в США позволил выиграть ряд грантов NASA и уберечь от развала руководимую им лабораторию в Москве, так как часть от своей американской зарплаты он отдавал своим сотрудникам в виде надбавки к заработной плате в "лихие" 1990-е гг.

Через двадцать лет, уже на базе коммерческого прибора ЛАЗМА, в лаборатории Г.Г. Манагадзе разработали летные приборы ЛАЗМА, для российских космических миссий – "Фобос-Грунт", "Луна-Глоб", "Луна-Ресурс-1".

Инструменты, предложенные Г.Г. Манагадзе, были также установлены на бортах широко известных зарубежных космических аппаратов: SOHO, WIND, ACE. Так, например, с помощью прибора МТОФ (Managadze-TOF) впервые были измерены изотопные соотношения железа и никеля, которые находились в составе солнечной плазмы и двигались со скоростью солнечного ветра.

Другая часть научной работы Г.Г. Манагадзе была посвящена фундаментальным

вопросам. В конце 1990-х годов в лабораторных экспериментах при воздействии наносекундных лазерных импульсов на твердотельную мишень было обнаружено новое свойство плазменного факела. Было показано, что в плазменном факеле лазерного воздействия (близкий аналог факела ударного воздействия, который возникает, например, при падении метеоритов) могут синтезироваться новые химические соединения, в том числе и органические. Продолжительные исследования этого явления природы показали, что взаимодействия электрических и магнитных полей в плазменном факеле (с излучением плазмы) могут привести к нарушению зеркальной симметрии энантиомеров. Этот процесс, происходящий в плазменном факеле ударной природы, мог иметь непосредственное отношение к возникновению условий для появления простейших форм живой материи. По результатам этих работ в 2009 г. была издана монография "Плазма метеоритного удара и добиологическая эволюция".

На основе полученных экспериментальных результатов ученым была предложена новая оригинальная плазменная концепция возникновения условий для появления живой материи. Далее было необходимо перейти к экспериментам, воспроизводящим этот природный феномен в условиях лаборатории: в частности, эксперимент с высокой достоверностью показал, что в плазменном факеле синтезируются аминокислоты и в процессе этого синтеза происходит нарушение зеркальной симметрии. Статья по результатам этих исследований была опубликована в журнале "Planetary and Space Science" в 2016 г.

Георгий Георгиевич ушел из жизни внезапно, полный идей и планов, связанных и с развитием своих фундаментальных исследований, и с будущими космическими проектами по изучению Луны и Марса.

Сотрудники лаборатории активной диагностики и масс-спектрометрии продолжают начатое им дело.



## СТО ЛЕТ НА СТРАЖЕ НЕБА

(к юбилею Международного астрономического союза)

Д.З. ВИБЕ,

доктор физико-математических наук,  
профессор Российской академии наук  
Институт астрономии РАН

DOI: 10.7868/50044394819050104

*От редакции.* В 2019 г. астрономы всего мира отмечают столетний юбилей главной международной астрономической организации – Международного астрономического союза (МАС). В этой статье наш автор – признанный ученый астрофизик и замечательный популяризатор науки, доктор физико-математических наук – Дмитрий Вибе рассказывает об этапах становления МАС, проблемах, с которыми Союз сталкивался на заре своей деятельности, о прошлых и нынешних целях и задачах, а также о перспективах организации, объединяющей профессиональных астрономов всей планеты.

В этом номере нашего журнала мы публикуем первую часть статьи, посвященную историческим аспектам. В продолжении, которое будет опубликовано в следующем номере, автор расскажет об основных международных астрономических проектах, выполненных и выполняемых под эгидой МАС, о современных проблемах, и не только научных, которые встают перед организацией, а также о перспективах развития Международного астрономического союза. Всех причастных к нашей замечательной науке, а также тех, кто живо и активно ею интересуется, мы поздравляем с этим знаменательным юбилеем.

---

### PER ASPERA AD ASTRA. ЗЕМНАЯ ПОЛИТИКА И НЕБЕСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

---

Когда каким-то делом начинает заниматься много людей, у них рано или поздно возникает потребность в координации усилий. Она нужна, чтобы разные коллективы не повторяли без необходимости одну и ту же работу, получали экспериментальные результаты, которые можно было бы сравнить друг с другом, – наконец, просто вкладывали один и тот же смысл в используемые понятия.

К астрономии это относится в особенной степени, ибо она по самой своей природе глобальна, зачастую требует параллельного или последовательного проведения согласованных наблюдений из различных точек земного шара, обобщения результатов, полученных на разных обсерваториях, сравнения расчетов, выполненных разными группами, и пр. Наверное, поэтому именно с астрономии начались крупные международные научные проекты.

Первым примером организованного международного сотрудничества считаются наблюдения прохождений Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 гг.

Их целью было измерение солнечного параллакса, – то есть углового радиуса Земли при наблюдении из центра Солнца. Метод измерения солнечного параллакса по наблюдениям прохождений Венеры был предложен Эдмундом Галлеем еще в 1691 году, причем он указал, что точность измерений будет тем выше, чем с большего количества станций будут проводиться наблюдения. Когда подошло время, по всему земному шару разъехались экспедиции, впервые связанные общей целью: провести однотипные наблюдения, а затем объединить полученные результаты и измерить, наконец, расстояние от Земли до Солнца!

Следующим заметным международным проектом стал отряд “Небесная Полиция” (Himmelspolizey), созданный в 1800 г. по инициативе Франца фон Цаха и под руководством Иоганна Шрётера с целью найти “недостающую” планету между орбитами Марса и Юпитера. Отряд состоял из 24 наблюдателей, которым предстояло разделить небо на участки и организовано провести поиски недостающего небесного тела. Нельзя сказать, что эта затея увенчалась полным успехом: одним из “небесных полицейских” предстояло стать Джузеппе Пьяцци, но он успел открыть Цереру случайно, прежде чем получил приглашение в отряд. Тем не менее именно в ходе этих поисков оформилась небольшая группа ученых – Объединенное астрономическое общество (Vereinigte Astronomische Gesellschaft), ставшая в каком-то смысле предтечей германского Астрономического общества (Astronomische Gesellschaft, AG), созданного в 1863 г. Это общество было не первым астрономическим

объединением (Королевское астрономическое общество, Royal Astronomical Society, было создано в 1820 г.), но первой крупной международной организацией профессиональных астрономов. Доля иностранных членов в ее составе в иные годы превышала 50%, и даже руководителями часто бывали люди “со стороны”. Например, с 1867 по 1878 г. президентом AG был директор Пулковской обсерватории Отто Струве.

“Небесная Полиция” хотя и была международным проектом, но создавалась под единственную задачу, предполагавшую получение одного результата. Середина XIX в. ознаменовалась появлением проектов нового типа, нацеленных на многолетнюю работу и многолетнее использование результатов, – составление звездных каталогов. И они в своих самых масштабных воплощениях также требовали между-

народного сотрудничества и, соответственно, международной координации.

Самыми глобальными проектами такого рода стали “Carte du Ciel” (“Карта неба”) и Астрографический каталог. В 60-е гг. XIX в. перед астрономами открылись блестящие перспективы построения звездных каталогов при помощи фотографии, особенно в полосе Млечного Пути и вокруг нее, где визуальные наблюдения были крайне неэффективными из-за огромного количества звезд. В 1887 г. в Париже прошел международный астрографический конгресс, в котором приняли участие около 60 астрономов из 19 стран. На конгрессе было решено создать, во-первых, фотографическую карту всего неба, включающую звезды до 14<sup>m</sup>; во-вторых, составленный по

*Самыми глобальными проектами стали “Carte du Ciel” (“Карта неба”) и Астрографический каталог. В 60-е гг. XIX века перед астрономами открылись блестящие перспективы построения звездных каталогов при помощи фотографии, особенно в полосе Млечного Пути*

другим пластинкам Астрографический каталог со звездами до  $11^m$ . Важным элементом этой работы стала стандартизация подходов: все 20 обсерваторий, участвовавших в проекте, должны были пользоваться однотипными инструментами и методиками. Для контроля работы был создан постоянный международный комитет конгресса, который собирался с интервалом в несколько лет до 1909 г.

К сожалению, создатели проекта очень сильно недооценили его трудоемкость и затратность. Фотографическая карта неба так и не была завершена, а публикация Астрографического каталога завершилась только в 1960-е гг. Больше того, ресурсы, затраченные на создание “Carte du Ciel”, помешали европейским астрономам в должной мере участвовать в развитии новой отрасли астрономии – астрофизике. В этой науке пальма первенства отошла американским астрономам, которые участвовать в проекте “Carte du Ciel” благоразумно отказались.

Неудивительно, что инициатива создания не просто международной (как AG), а глобальной организации астрономов родилась именно в США. Ее автором стал Джордж Хейл, в 1904 г. основавший Международный союз по сотрудничеству в исследованиях Солнца (International Union for Cooperation in Solar Research), или просто Солнечный союз. По замыслу Хейла, союз должен был стать постоянно действующей международной астрономической организацией, занимающейся прежде всего вопросами физики Солнца и звезд. Эта организация, как он говорил, “ни в коей мере не должна препятствовать индивидуальной свободе, но только помогать, предлагать то, что может быть полезным, а также собирать информацию для обсуждения”. Начало у Солнечного союза было многообещающим: до начала Первой мировой войны его члены



*Эрнест Муше (1821–1892), директор Парижской обсерватории, вдохновитель первого глобального астрономического проекта Carte du Ciel (“Карта неба”)*

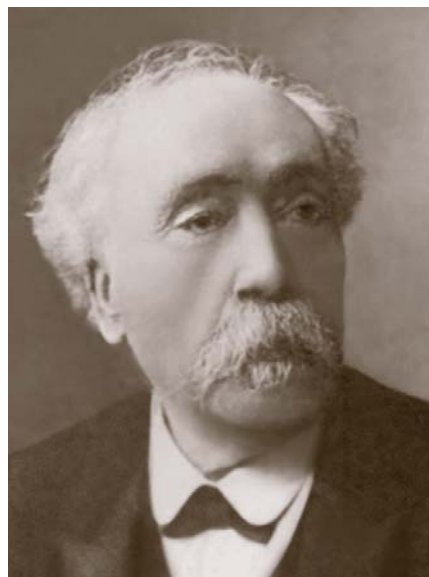
успели собраться несколько раз, решая организационные вопросы и выработывая стандарты в исследованиях Солнца и звезд. Но военные действия разорвали важные связи, и работа союза практически прекратилась.

Окончание войны в ноябре 1918 г. позволило в какой-то степени начать работу с чистого листа и с большей степенью организованности. В 1919 г. в Брюсселе был создан Международный исследовательский совет (International Research Council), в рамках которого должны были действовать различные международные научные союзы.

Поскольку в наибольшей степени международное сотрудничество важно в астрономии, одним из первых стал Международный астрономический



*Джордж Хейл (1868–1938), американский астроном, основатель "Солнечного союза"*



*Эдуард Бениамин Байо (1848–1934), французский астроном, член Парижской академии наук (1908), иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (1913), первый президент Международного астрономического союза*

союз (официальная русская аббревиатура МАС, по-английски – International Astronomical Union или IAU). Датой создания МАС считается 28 июля 1919 г. – день окончания конференции, в ходе которой официально появились Международный исследовательский совет и первые союзы в его составе (хотя окончательное оформление документов МАС заняло еще год).

Международный астрономический союз задумывался как организация профессиональных астрономов (то есть без любителей и без, скажем, физиков). В его уставе были записаны следующие цели: упрощать установление связей между астрономами различных стран, в тех случаях, когда международное сотрудничество необходимо или полезно, и способствовать исследованиям во всех разделах астрономии.

Среди создателей и членов МАС шли бурные дискуссии о том, какие именно страны могут стать его членами. Изначально предполагалось, что в деятельности Международного исследовательского совета и входящих в него союзов будут участвовать только страны, воевавшие на стороне союзников. Это правило было установлено на уровне совета, и союзам оставалось только подчиниться ему. Однако в МАС эту строгую позицию разделяли далеко не все, считая, что к общей работе должны подключиться не только нейтральные страны, но и страны, воевавшие на стороне Центральных держав, в первую очередь Германия – страна, очень важная в астрономическом отношении. Например, Якоб Каптейн отказался связать с МАС свой проект Избранных площадок, пока Международный





*Первая Генеральная ассамблея МАС, Рим, Италия. 1922 г.*

астрономический союз не станет подлинно международным.

В первый состав МАС вошли Бельгия, Великобритания, Греция, Канада, США, Франция и Япония, чуть позже к ним присоединились Италия и Мексика. Основным органом управления назначалась Генеральная ассамблея, а в промежутках между ассамблеями работа разделялась между 32 комиссиями (первоначально они назывались постоянными комитетами). Под первым номером в их списке значилась комиссия, занимавшаяся теорией относительности, которой руководил Артур Эддингтон. Вероятно, такой почет был связан с недавней экспедицией Эддингтона, в ходе которой он получил доказательства верности общей теории относительности (ОТО). Однако этого оказалось недостаточно, и уже в 1925 г. комиссия была расформирована. Никто, конечно, не оспаривал ни

ОТО в целом, ни результаты Эддингтона. Просто было неясно, какие именно задачи в этой области требуют международной кооперации. Сейчас-то мы знаем, какие это могут быть задачи, но это уже совсем другая история.

Достойны упоминания также комиссия № 3 “Обозначения, единицы и формат публикаций”, которой предстояло принять первое астрономическое решение МАС, комиссия № 17 “Лунная номенклатура”, наследники которой сегодня, наверное, наиболее заметны, комиссия № 23 “Carte du Ciel”, взявшая на себя работу по продолжению проекта карты неба. Кроме того, в рамках МАС действовали такие важные службы, как Международное бюро времени и Международное центральное бюро астрономических телеграмм.

Со временем ограничения ослабевали, и в составе МАС появились сначала нейтральные страны,

а потом и бывшие Центральные державы. Дольше других вне МАС существовала Германия. Как ни странно прозвучит, это был ее выбор: получив в середине 1920-х гг. приглашение вступить в МАС, немецкие ученые отказались от него из гордости, потом на пути к членству в МАС встали финансовые проблемы (бюджет союза формируется из взносов стран-участниц), потом началась война. В итоге Германия стала членом союза только в 1951 г.

Вообще, этико-политические проблемы вставали перед Международным астрономическим союзом регулярно, и практически каждый раз решение принималось из соображений максимальной аполитичности. Так было, например, в конце 1930-х гг. (СССР стал членом МАС в 1935 г.), когда из поля зрения МАС стали пропадать некоторые советские астрономы, в частности, Б.П. Герасимович и Б.В. Нумеров. МАС тогда предпочел промолчать, решив (вполне, впрочем, основательно), что чрезмерный интерес западных коллег скорее навредит репрессированным ученым, чем поможет им. Опасения, связанные с репрессиями и с начинавшейся холодной войной, привели к отмене Генеральной ассамблеи, которая должна была пройти в 1951 г. в Ленинграде, что было компенсировано весьма успешной ассамблеей 1958 г., прошедшей в Москве.

В том же 1958 г. начался, возможно, самый серьезный политический кризис в истории МАС – китайский. Он был связан с тем, что заявление на вступление в МАС подал Тайвань, тогда как континентальный Китай был членом союза с 1935 г. Руководство МАС пыталось противиться этому решению,

так как астрономии на Тайване того времени практически не было, но все, чего ему удалось добиться, это отложить спорное решение на год, чтобы, по крайней мере, не принимать его в Москве. В ноябре 1959 г. было объявлено о включении Китайской Республики (Тайвань) в число членов МАС; в мае 1960 г. было объявлено о выходе из МАС Китайской Народной Республики (континентального Китая).

На восстановление полноценного китайского представительства ушло более 20 лет. В результате длительной и сложной “челночной дипломатии” было выработано следующее решение. Формально членами МАС являются не государства, а организации, представляющие астрономов этих государств, и нет причин,

по которым одну страну не могли бы представлять две организации. На том и порешили: с 1982 г. Китай вернулся в союз и занимает в списке стран-членов МАС две строчки – “Китай, Нанкин” и “Китай, Тайпей”.

Иногда же противостояние принимало несколько комических формы, как, например, в 1973 г., когда было проведено две Генеральные ассамблеи, одна в Сиднее, другая в Польше (в Варшаве, Торуне и Кракове). Руководство МАС первоначально отдало предпочтение Сиднею, но социалистический лагерь не собирался сдаваться и угрожал выходом из МАС. В результате в Сиднее прошла обычная ассамблея, а в Польше – чрезвычайная, посвященная 500-летию со дня рождения Коперника.

О функциях МАС, проектах и современной деятельности читайте в следующем номере.

*Этико-политические проблемы вставали перед Международным астрономическим союзом регулярно, и практически каждый раз решение принималось из соображений максимальной аполитичности*

## К 60-ЛЕТИЮ ЗВЕНИГОРОДСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИНАСАН

DOI: 10.7868/S0044394819050116

«Ты помнишь, как все начиналось...?»

**И**стория Звенигородской обсерватории ИНАСАН (ЗиВ, 2000, № 1; 2009, № 1), бывшей Звенигородской экспериментальной станции Астрономического совета АН СССР (далее Астросовета), бывшей Звенигородской научной базы Астросовета, тесно связана с историей освоения космоса.

Подготовка специалистов для получения визуальных данных о первых спутниках началась еще до запуска первого искусственного спутника Земли (ИСЗ), состоявшегося 4 октября 1957 г. До этого времени никто и никогда не мог наверняка предсказать, как будет выглядеть с поверхности Земли движение космического аппарата (КА) вокруг нее, никто точно не мог предсказать ни видимую траекторию его движения, ни возможный разброс его положений и яркости. Хотя, уже тогда было очевидно, что для определения орбиты спутника необходимо получение гораздо большего количества точных измерений его положения (чем, например, для планет или астероидов) для учета влияния на КА различных факторов, в частности влияния разреженной атмосферы, неоднородного гравитационного поля и многого другого. Конечно, определенные прогнозы были, и на основании этих прогнозов строились методики обучения групп квалифицированных наблюдателей.

Для контроля движения КА и исследования перечисленных выше эффектов, влияющих на его движение, возникла необходимость создания обширной наблюдательной сети, работа которой координировалась бы одним центром, собирающим

и анализирующим всю наблюдательную информацию. Создание такой сети было поручено Академии наук СССР, а центром, координирующим ее работу, был выбран Астросовет. Руководителем всех работ по организации наблюдений и обработке данных была назначена заместитель председателя Астросовета, доктор физико-математических наук Алла Генриховна Масевич, ставшая впоследствии выдающимся организатором сети наблюдений искусственных спутников Земли (ЗиВ, 1997, № 5; 1998, № 5; 2008, № 5; 2019, № 1).

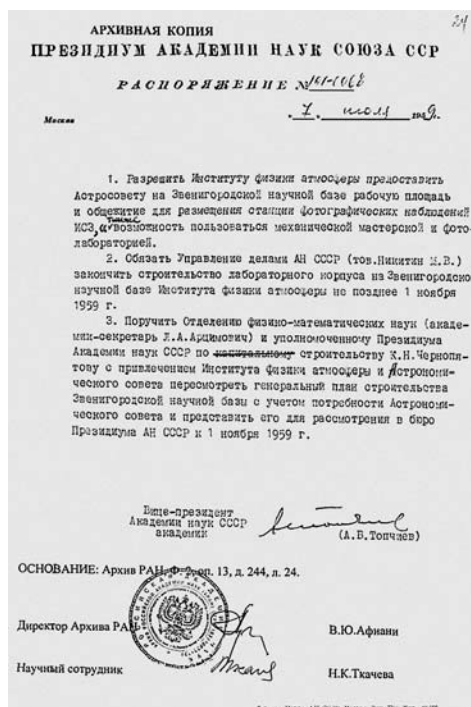
Группы наблюдателей организовывались в основном при университетах и педагогических институтах. К 4 октября 1957 г. было создано 70 станций оптических наблюдений (СОН) ИСЗ на всей территории СССР (1965, № 1; 2016, № 6). Летом этого года все руководители групп прошли обучение на курсах, организованных при Ашхабадской обсерватории. Обучение проводили специалисты Астросовета, Ашхабадской обсерватории, ГАИШ МГУ и других астрономических организаций, имевшие опыт наблюдений астероидов, комет и метеоров.

Сначала для имитации возможного пролета спутника использовались фонарики, закрепленные на конце длинного шеста, который нес один из участников курса в вечернее время, передвигаясь по хребту горы. Остальные участники регистрировали положение источника на вечернем небе визуально, с помощью биноклей и специальных астрономических трубок. В последующем для имитации пролета спутника использовались самолеты.

На протяжении всего времени существования сети специалисты Астросовета регулярно проводили модернизацию средств и методик наблюдений, выполняли обработку данных и создавали модели атмосферы, влияния гравитационного поля, магнитного поля и т.п. на КА, находящиеся на разных орбитах. Для успешного осуществления этой миссии в Астросовете практически сразу было принято решение о создании Звенигородской экспериментальной станции оптических наблюдений ИСЗ, которой были поручены наблюдения, а главное, разработка новой техники и методик наблюдений и оснащение ими наблюдательных групп.

Необходимость создания такой экспериментальной научной базы при Астросовете вблизи Москвы была связана с пониманием того, что нужна площадка без лишней “засветки”, на которой можно было бы испытывать новую технику и обрабатывать новые методики наблюдений, интерпретировать результаты, которые затем распространялись бы на все остальные наблюдательные пункты. Благодаря небольшой удаленности от Москвы на экспериментальную базу для проведения исследований могли приезжать и сотрудники Астросовета, вовлеченные в исследования движения ИСЗ, и создатели научных методик и экспериментального оборудования, и специалисты из СССР и других стран мира, перенимавшие опыт наблюдений и обработки данных. Таким образом, было принято решение о создании вблизи Звенигорода, на выделенной части обширной территории, принадлежавшей Институту физики атмосферы (ИФА) АН СССР, как сейчас бы сказали, центра коллективного пользования.

Итак, в 1959 г. была основана Звенигородская экспериментальная станция Астросовета. В 1961 г. на основании Постановления Президиума АН СССР



Копия Распоряжения о создании Звенигородской экспериментальной станции Астрономического совета АН СССР

Звенигородская экспериментальная станция приобретает статус сектора (отдела). Поначалу станции был передан от ИФА участок земли размером 0,4 га для строительства необходимых зданий и сооружений, затем его увеличили до 0,7 га для строительства корпуса ВАУ; современный размер территории (3,54 га) обсерватория приобрела в 1964 г. Основная площадь обсерватории была образована за счет участка Института физики атмосферы АН СССР, с которым и поныне обсерватория имеет общую границу. В 1964 г. решением Астросовета (совместно с ИФА) были также построены два жилых пятиэтажных дома в д. Новошихово, где сотрудникам обоих институтов выделялись служебные квартиры, а также общежития для временного проживания командированных специалистов.



---

## НАБЛЮДЕНИЯ НАЧАЛИСЬ!

---

Согласно постановлению Президиума АН СССР, Звенигородская экспериментальная станция создавалась для внедрения в практику наблюдений спутников фотографических методов и приборов, так как они значительно опережали по точности визуальные методы, которые поддавались частичной автоматизации. Первые фотографические наблюдения ИСЗ были проведены с помощью адаптированных аэрофото-съемочных камер “НАФА-3С/25”.

После принятия решения о выделении Астросовету собственной территории и создании его наблюдательной базы началось строительство наблюдательных павильонов и инфраструктуры обсерватории. Причем строительство павильонов велось в первую очередь для того, чтобы как можно скорее начать регулярные, “конвейерные” наблюдения. Первыми были построены четыре павильона для размещения небольших

визуальных приборов и астрономическая башня (по современной номенклатуре “Башня А”). В 1965 г. был построен лабораторный корпус, который в 1972 г. увеличился за счет пристройки, а к 1970 г. были сооружены корпус ВАУ и фотопавильон.

Первым астрономическим прибором, созданным специально для наблюдений ИСЗ, стала астрономическая трубка 1 (АТ-1) с диаметром объектива 5 см, полем зрения  $11^\circ$  и шестикратным увеличением. Особенностью этого прибора было диагональное зеркало, расположенное перед объективом, под углом  $45^\circ$ . Такая конструкция позволяла наблюдателю длительное время контролировать определенный участок неба без напряжения и усталости. Хотя за удобство приходилось платить подготовкой перевернутой карты неба для правильного отождествления звезд, на фоне которых пролетал спутник. Регистрация моментов покрытия звезд спутником производилась с помощью секундомера. В дальнейшем

---

*Строительство лабораторного корпуса. На заднем плане виден построенный павильон для камеры ВАУ*



для визуальных наблюдений ИСЗ был приспособлен бинокль ТЗК (труба зенитная командирская), используемый в армии (диаметр объектива 80 мм, поле зрения  $7^\circ$  и десятикратное увеличение). Для спутниковых задач его дорабатывали, устанавливая кнопки регистрации времени и фотографирования координат. Регистрация времени производилась с использованием специального “печатающего время” устройства-хронометра, соединенного для установки точного времени с радиостанцией “Волна-М”, настроенной на одну из двух частот, передающих сигналы точного времени. Среди приборов, приспособленных для визуальных наблюдений ИСЗ, оказалась даже Большая морская труба (БМТ-110М), изначально предназначенная для установки на палубах военных кораблей. Она также модернизировалась для задач нового раздела астрономии – астрономии спутниковой. БМТ имела два объектива диаметром 110 мм каждый, 5-градусное поле зрения и 20-кратное увеличение. И ТЗК, и БМТ использовались вплоть до 2000 г. в работе визуальных станций наблюдений ИСЗ.

Дальнейшее развитие наблюдательной техники для спутников связано с внедрением фотографической техники. Первые фотонаблюдения были проведены с помощью модернизированных аэрофотосъемочных камер НАФА ЗС/25, установленных на астрономические монтировки. Параллельно разрабатывались фотографические устройства на специализированных монтировках. Первыми фотографическими, именно астрономическими приборами, которые появились на Звенигородской обсерватории, созданными специально и исключительно для наблюдений искусственных спутников Земли, стали инструменты АФУ-75 (сокращение от “астрономическая фотографическая установка”) и ВАУ (сокращение от

“высокоточная астрономическая установка”). Камера АФУ-75 была сконструирована двумя астрономами М. Абеле и К. Лапушка в латвийском университете в начале 1960-х гг. Она представляла собой компактный инструмент на трехосной монтировке, который получал изображения спутников на фоне звезд на фотографической пленке. В качестве основной оптической системы использовался объектив “Уран-16” с диаметром входного отверстия 21,2 см и фокусным расстоянием 73,6 см. В результате на кадре линейного размера  $14 \times 20$  см умещалось изображение с беспрецедентным для современных наблюдений угловым размером  $10^\circ \times 15^\circ$ .

Спутниковая фотографическая камера ВАУ (высокоточная астрономическая установка), установленная в Звенигородской обсерватории в 1969 г., стала для своего времени вершиной развития технологий оптического приборостроения. Этот прибор, разработанный и изготовленный на Красногорском оптико-механическом заводе им. Зверева, является самым большим в мире фотографическим спутниковым телескопом, превзойти который по характеристикам в свое время не смогли даже американские конструкторы. К слову сказать, идею создания ВАУ фотографического инструмента на трехосной монтировке высказал первый заведующий ЗО ИНАСАН А.М. Лозинский в конце 1960-х гг. Специализированная монтировка ВАУ позволяет проводить наблюдения как геостационарных, так и низколетящих спутников; ВАУ имеет бездисторсионный (дисторсия один из видов оптических аберраций) объектив “Астродар” системы Д.Д. Максудова с фокусным расстоянием 700 мм, диаметром апертуры 500 мм, эффективным относительным отверстием 1:1,8 и полем зрения  $5 \times 30^\circ$ . Одной из особенностей камеры ВАУ является фокальная поверхность сферической формы. Эта особенность



Спутниковые камеры ВАУ (слева) и "АФУ-75" (справа)

потребовала изготовления сложного механизма, с помощью которого фотопленка натягивалась на "сферический стол" внутри инструмента. С 1971 по 2003 г. с помощью камеры ВАУ выполнялись регулярные обзоры геостационарной зоны, а также специализированные наблюдения спутников, практически на всех орбитах. Управление камерой осуществляется с пульта, созданного на аналоговой технике, с возможностью строить программу наблюдений на ночь, "программируя" моменты времени наблюдений, положения на небе и угловые скорости для 20 объектов; далее отслеживание программных спутников происходит в автоматическом режиме! С помощью ВАУ на Звенигородской обсерватории долгое время получали данные, которые служили основой каталогов орбит Службы контроля космического пространства.

По мере того, как астрономы все более глубоко понимали особенности оптических наблюдений ИСЗ (в том числе и технические), стали появляться и другие узкоспециализированные инструменты:

вслед за АФУ-75 и ВАУ в начале 70-х годов прошлого столетия на Звенигородской обсерватории появился еще один специализированный фотографический инструмент для наблюдения спутников. Этот прибор спутниковая камера SBG (Satelliten Beobachtung Gerät) системы Шмидта был приобретен у народного предприятия "Карл Цейсс Йена" (ГДР). Для своего времени камера SBG, имевшая апертуру 42 см, диаметр главного зеркала 53 см и фокусное расстояние 76 см, была весьма высокотехнологичным прибором. Установленная на 4-осной спутниковой монтировке, она была способна сопровождать спутники на любых орбитах, будучи уже в то время автоматизированной и компьютеризированной. В отличие от АФУ-75 и ВАУ, приемником излучения для SBG служила не фотопленка, а стеклянные фотопластинки размером  $9 \times 12$  см (угловой диаметр поля зрения  $11,3^\circ$ ).

Примерно в это же время у фирмы "Карл Цейсс Йена" был приобретен и другой фотографический телескоп – 40-см астрограф (Цейс-400).

Он использовался для картирования неба и исследования астероидов и комет. Параметры инструмента: относительное отверстие (1:5) и линейное "поле зрения" фотопластинок (30 × 30 см), покрывавшее участок неба площадью 8,5 × 8,5°. За время активного использования астрографа на Звенигородской обсерватории было получено около 6000 фотопластинок, которые теперь составляют часть обширной архивной фототеки.

Вместе с новым оборудованием на Звенигородской научной базе (ЗНБ) стали развиваться и новые направления исследований, такие как работы в составе Службы времени и долготы (для этих исследований использовался установленный на обсерватории зенит-телескоп), фотографическое картирование неба (использовался 40-см астрограф), фотографические наблюдения астероидов и комет. В 1994 г. на Звенигородской научной базе был установлен GPS-приемник типа "SNR-8000" и ЗНБ была включена в систему непрерывно работающих IGS-станций (Международная геофизическая служба). Эти работы не прекращаются по сей день, а GPS-станция нового образца теперь работает в непрерывном автоматическом режиме, отсылая измерения в Центры сбора информации каждую секунду посредством интернет-канала.

В 1959 г. Президиум АН СССР утвердил в составе Астросовета несколько научно-исследовательских секторов. Активно развивались исследования по проблемам солнечной активности и физике Луны. Начиная с 1966 г. в Астросовете совместно с Гидрометцентром СССР проводили исследования по физике солнечно-земных связей. В начале 1960-х гг. под руководством А.Г. Масевич в Астросовете была создана группа по исследованию физики и эволюции звезд, в 1970-е гг. начались работы по моделированию эволюции тесных двойных звездных систем и звездных пульсаций.



*Спутниковая камера SBG производства народного предприятия "Карл Цейсс Йена" (ГДР)*

В 1967 г. по предложению Э.Р. Мустеля начались исследования в области звездной спектроскопии и нестационарных звезд. Начиная с 1980 г. ведется работа по изучению закономерностей процесса звездообразования на различных пространственно-временных масштабах в целом от галактик до одиночных звезд.

Эти исследования предъявляли повышенные требования к развитию вычислительной базы. В 1972 г. на Звенигородской научной станции был организован Сектор прикладной математики и вычислительной техники. Первоначально для решения численных задач (начиная с 1971 г.) использовалась ЭВМ "М-222", в 1978 г. на смену ей пришла ЭВМ "ЕС-1033", а затем и более мощная ЭВМ "ЕС-1045". Эти компьютеры использовались как для вычислений, так и для работы с каталогами.



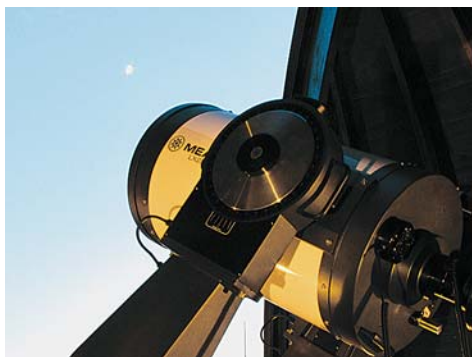
---

## ОБСЕРВАТОРИЯ СЕГОДНЯ

---

Эра фотографической спутниковой астрономии завершилась к 2000 году; наряду с фотографическими методами развивались телевизионные методы регистрации изображений небесных объектов. Примерно с начала 1990-х гг. в практику наблюдений стали внедряться телевизионные системы наблюдений (на основе ПЗС-приемников), а также стали применяться методы оцифровки изображений и компьютерной обработки кадров. В конце 1990 – начале 2000-х гг. фотографические методы в астрономии были практически полностью вытеснены из практики наблюдений именно твердотельными приемниками изображений (в основном ПЗС).

В результате развития широкоформатных ПЗС-систем и цифровых методов обработки снимков (фотографические методы были признаны “медленными” и малоэффективными) на камеру ВАУ вместо одного из гидирующих устройств установили 50-см телескоп “Сантел”, оснащенный ПЗС-камерой “FLI PL 9000”. Доступное поле зрения на этом телескопе –  $3^\circ$ , а с используемой



*Гостевой телескоп MEADE LX-200 для проведения визуальных наблюдений во время Дней открытых дверей и в ходе образовательных занятий*

ПЗС-камерой –  $1,6 \times 1,6^\circ$ . Так спутниковые наблюдения на Звенигородской обсерватории получили второе рождение. Эффективность новой системы (при той же апертуре) в сотни раз превышает старую фотографическую. Данные обрабатываются тут же и заказчик получает результат сразу после окончания наблюдательной ночи.

Звенигородская обсерватория сегодня, даже находясь не в самых благоприятных наблюдательных условиях (переменная погода средней полосы, засветка от бурно развивающихся окрестных поселков), продолжает активно работать. На обсерватории выполняются два регулярных обзора: ИСЗ под руководством Н.С. Бахтигараева на телескопах ВАУ+ и Сантел-500; а также поиск и определение положений астероидов и их блеска под руководством С.А. Нароенкова на 20-см роботизированном телескопе Officina Stellary Veloce RH-200 на монтажке ASA DDM 85. Кроме того, на телескопах “RH-200” и “Цейсс-600” проводят фотометрию избранных звезд и транзитентов.

Звенигородская обсерватория также является научно-методической и технической базой ИНАСАН, здесь ведутся опытно-конструкторские и научно-методические работы: строятся новые телескопы, усовершенствуются имеющиеся; конструируется новое астрономическое и астрофизическое оборудование, которое затем становится “штатным” для инструментов в других филиалах ИНАСАН на Терсколе и в Симеизе.

Сотрудники обсерватории (кроме проведения регулярных наблюдений) в настоящее время активно задействованы в образовательных и популяризаторских программах: на базе обсерватории и на ее инструментах регулярно проводятся практикумы для аспирантов ИНАСАН по астрометрии, фотометрии и спектроскопии.

Отдельным направлением в деятельности обсерватории является популяризаторская работа: начиная с 2009 г. дважды в год, весной и осенью, проводятся Дни открытых дверей – когда обсерватория приглашает к себе в выходные дни всех желающих. В рамках этого события сотрудники обсерватории и ИНАСАН проводят экскурсии, рассказывают об истории самой обсерватории, о ее приборах, об астрономии в России и в мире. Если позволяет погода, то в Дни открытых дверей проводятся вечерние наблюдения; для этих целей на обсерватории даже имеется специальный “гостевой” телескоп. В течение двух выходных Дней открытых дверей обсерваторию обычно посещают несколько сотен человек. Кроме того, обсерватория является постоянной образовательной базой для

московского и звенигородского Дворцов пионеров, лицея “Созвездие” и Московского астрономического клуба.

В этом году Звенигородская обсерватория ИНАСАН отмечает 60-летний юбилей. В свое очередное десятилетие Обсерватория вступает как динамично работающий и развивающийся отдел и приглашает к сотрудничеству как профессиональных астрономов, так и астрономов-любителей и гостей, интересующихся современными достижениями “науки о небе”.

Дополнительную информацию об Институте астрономии РАН и Звенигородской обсерватории можно получить на нашем сайте: [www.inasan.ru](http://www.inasan.ru).

*С.И. Барабанов,  
кандидат физико-математических наук,  
заведующий Обсерваторией*

## Информация

### Первый год наблюдений TESS

Подведены итоги работы космической обсерватории TESS за первый год (2018–2019 гг.; *ЗиВ*, 2018, № 5, с. 15–17), в ходе которого она закончила обзор южной половины неба. Телескоп смог обнаружить более 850 кандидатов в экзопланеты, из которых 21 был подтвержден; шесть сверхновых, три экзокометы и пронаблюдать множество других объектов, таких, как вспышки звезд и малые тела Солнечной системы.

Официально научная программа телескопа началась 25 июля 2018 г., в середине сентября было объявлено о первой открытой с помощью TESS экзопланете – суперземле массой  $10_{Ю}$ , находящейся на расстоянии 60 св. лет от нас. 18 июля 2019 г. телескоп завершил сканирование южного неба, пронаблюдав 13 секторов, размером  $24^{\circ} \times 96^{\circ}$  каждый, на каждый из которых затрачивалось по 27 сут. Кроме того, данные TESS помогли открыть три экзокометы, которые находятся в системе молодой звезды  $\beta$  Живописца, расположенной на расстоянии 63 св. лет от нас. Помимо поиска экзопланет телескоп наблюдал за множеством других объектов – таких, как кометы, астероиды, вспыхивающие звезды, двойные системы, а также открыл шесть взрывов сверхновых типа Ia в далеких галактиках, которые позднее были зафиксированы наземными телескопами.

До июля 2020 г. TESS будет заниматься наблюдениями участков в северной части небесной сферы, в итоге в поле зрения камер телескопа попадет три четверти неба.

*Пресс-релиз NASA, 25 июля 2019 г.*

## КОСМОС В ПРЕЗЕНТАЦИЯХ: В ПОМОЩЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ

DOI: 10.7868/S0044394819050128

**В** сентябре 2018 г. на базе нескольких московских школ начала работать программа “Инженерно-космический класс” для школьников 9–11 классов (<https://www.esclass.space>). Цель программы – дать увлеченным ребятам возможность получить предпрофессиональное образование по основным космическим дисциплинам и подготовиться к выбору своей будущей карьеры. Организаторы программы разработали учебные и практические курсы в партнерстве с госкорпорацией “Роскосмос”, ИКИ РАН, ИМБП РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, с рядом коммерческих компаний, Аэрокосмическим агентством Германии DLR.

Программа класса включает ряд вводных дисциплин, знакомящих школьников с различными аспектами современной ракетно-космической деятельности и историей ее зарождения и развития, а также практических курсов, позволяющих на практике применить полученные знания при создании макетов спутников и высотных зондов “CanSat”.

Автор настоящей заметки принимает непосредственное участие в проекте. В 2018–2019 гг. нами был составлен и прочитан курс “История и практика

космической деятельности” на базе школы № 1501.

В порядке практического содействия преподавателям и наставникам профессионального и дополнительного космического образования мы предоставляем открытый доступ к иллюстративным материалам и презентациям к этому курсу. Материалы выложены в Интернет при содействии Института космических исследований РАН и доступны для свободного скачивания. Ссылка на страницу материалов дана в конце статьи на стр. 102.

Основной целью курса стала демонстрация мировой космической деятельности в динамике ее развития: от первых реактивных снарядов Второй мировой войны до

первых космических стартов, запусков межпланетных станций и работы Международной космической станции. Кроме исторических материалов, рассчитанных на старшеклассников с определенном багажом знаний, материалы вполне пригодны и для студентов младших курсов. В состав презентаций включено ограниченное количество кратких физико-технических блоков, увязывающих основы ракетно-космической техники с содержанием школьных курсов физики и математики.

*Программа класса включает ряд вводных дисциплин, знакомящих школьников с различными аспектами современной ракетно-космической деятельности и историей ее зарождения и развития, а также практических курсов, позволяющих на практике применить полученные знания при создании макетов спутников и высотных зондов “CanSat”*

## Движение по круговой орбите

Закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{M \cdot m}{(R_0 + h)^2}$$

$F$  – сила притяжения, Н  
 $M, m$  – масса планеты и ее спутника, кг  
 $R_0$  – радиус планеты, м  
 $h$  – высота орбиты, м  
 $G$  – гравитационная постоянная,  
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$

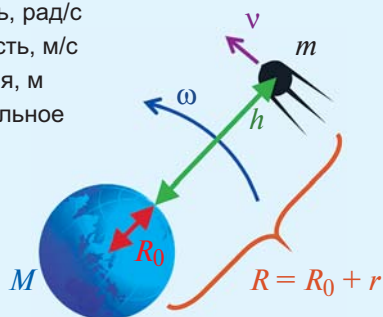
Уравнение движения по окружности:

$$\alpha = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$v = \omega R$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v}$$

$\omega$  – угловая скорость, рад/с  
 $v$  – линейная скорость, м/с  
 $R$  – радиус вращения, м  
 $\alpha$  – центростремительное ускорение, м/с<sup>2</sup>



Слайд из лекции 3 "Золотой век" курса "История и практика космической деятельности"

Общее число презентаций – двенадцать; каждая рассчитана на использование в ходе полутора-двухчасовой лекции.

Принципиальная позиция автора при разработке материалов курса заключалась прежде всего в выстраивании для современных школьников и студентов "персональной связи" с событиями и достижениями полувекковой давности и сегодняшними проблемами и планами международной космонавтики.

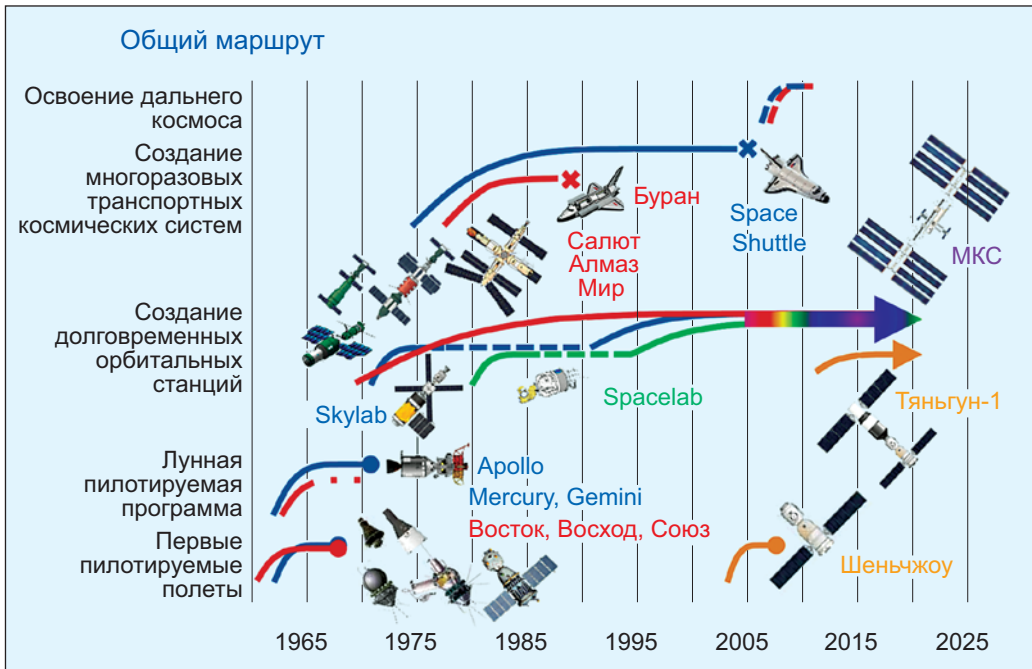
Мы старались показать привязку космических достижений к реальным московским и немосковским предприятиям и институтам, которые современной молодежи из Москвы, Королева, Химок или Красноярска часто кажутся просто "заводом через дорогу", а на самом деле они не только сыграли

ключевую роль в достижениях российской космонавтики, но и продолжают оставаться признанными в мире центрами космических компетенций.

Отдельный информационный блок посвящен возможностям начать работу в космонавтике. В презентациях дан обзор "космических" специальностей в ведущих вузах, олимпиад и программ профессиональной ориентации, которые помогут будущим профессионалам отыскать свой, уникальный, путь в космическую науку и технику.

Подробные и объемные презентации (порядка 50 слайдов для каждой лекции) не являются методическими материалами в строгом смысле слова. Иногда предполагалось, что слайд с иллюстрацией будет использован лектором в качестве "маяка", вехи для самостоятельного рассказа о том или ином





Слайд из лекции 5 “Заселение космоса” курса “История и практика космической деятельности”

события из богатой истории космонавтики. В других случаях, напротив, слайды были сверстаны в качестве в значительной степени самостоятельного информационного материала с текстовой, иллюстративной и схематической составляющими, которые лектору следует представить и кратко прокомментировать. При воспроизведении интегрированных в ряд слайдов видеороликов (на русском языке) лектор может позволить себе короткий перерыв, а для видеороликов на английском он должен будет прокомментировать происходящее.

В составе презентаций широко использовалась доступная в Интернете инфографика из российских и зарубежных источников, а также авторские материалы историков и популяризаторов космонавтики: В.Е. Бугрова

(в части “Марсианского проекта Королева”), М.Я. Марова (в части фундаментальных космических исследований), В.П. Лукашевича (в части истории программы “Буран”).

Материалы оформлены в виде 12 презентаций в формате <.pptx>, которые, наряду с текстовой и графической информацией, включают интегрированные в файлы видеоролики; поэтому размер каждого файла получился достаточно большим (до гигабайта). Для упрощения работы на сайт параллельно выложены версии презентаций в формате <.pdf>: их нельзя редактировать, использовать в своих презентациях; кроме того, в них нет видеороликов.

Размещая в Интернете файлы презентаций, мы не претендуем на создание какого бы то ни было “канона”

рассказа об истории и практике космонавтики. Цель этой публикации будет достигнута, если преподаватели и популяризаторы будут интегрировать наши слайды в собственные лекции, а, возможно, – расширят их, “разовьют” дальше и сделают достоянием гласности.

Мы бы хотели выразить самую искреннюю благодарность Кириллу Лятсу и другим организаторам и вдохновителям “Инженерно-космического класса” и пожелать дальнейших успехов в пути нашим ученикам!

---

## СПИСОК ПРЕЗЕНТАЦИЙ по курсу “История и практика космической деятельности”

---

*Материалы доступны для свободного скачивания по ссылке:*

<http://press.cosmos.ru/istoriya-i-praktika-kosm-deyat-kurs-payson>

**Лекция 1.** Начало. Зарождение ракетно-космической техники в XX веке. Первые спутники Земли.

**Лекция 2.** Первые люди. Полеты первых космонавтов и астронавтов. Начало космической гонки.

**Лекция 3.** Золотой век. Достижения мировой космонавтики в 1960-х годах. Развитие российской ракетно-космической промышленности.

**Лекция 4.** Лунная гонка. Освоение Луны и первые люди на Луне.

**Лекция 5.** Заселение космоса. Первые советские и американские орбитальные станции.

**Лекция 6.** Большая “развилка”. Советские орбитальные станции второго поколения. Программа “Спейс Шаттл”.

**Лекция 7.** Золотая осень. Программы “Буран” и “Мир” – пик развития советской космонавтики

**Лекция 8.** Большая космическая наука. Исследование Солнечной системы с помощью автоматических межпланетных станций.

**Лекция 9.** Наука и практика на околоземной орбите. Прикладные и научные спутники и коммерческое использование космоса.

**Лекция 10.** Международная космическая станция. Крупнейший инженерный проект человечества XX–XXI веков.

**Лекция 11.** Будущее. Перспективы освоения Луны и планет, развитие космических технологий и космического бизнеса.

**Лекция 12.** “Где вход?” Ведущие российские космические вузы, программы профориентации и инновационные программы развития.

*Д.Б. Пайсон,  
доктор экономических наук  
член Международной академии астронавтики*

## “БУДУЩИЕ КОСМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ”

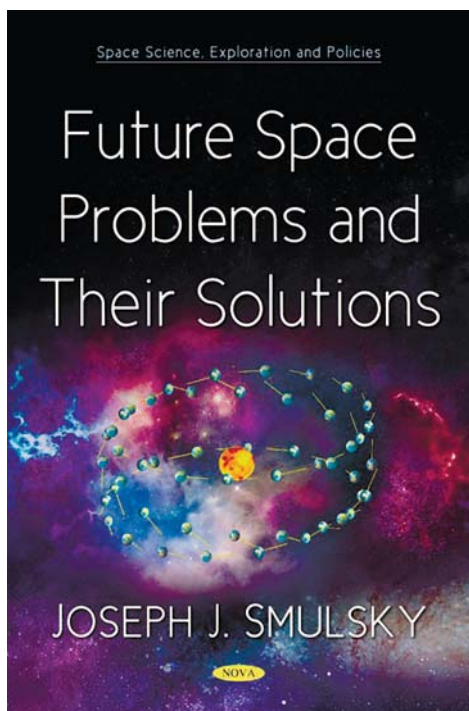
DOI: 10.7868/5004439481905013X

**А**втор книги “Future space problems and their solutions” Иосиф Иосифович Смутьский – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, профессор по кафедре теоретической и прикладной механики.

Книга опубликована на английском языке и посвящена расчету движений небесных тел в различных случаях взаимодействия, это явление рассматривается в соответствии с законом тяготения Ньютона. Для численного решения задач взаимодействия  $N$  тел автор книги разработал систему GALACTICA (она представлена в свободном доступе, через сеть интернет).

Как пишет сам автор, книга стала результатом 50-летних исследований в области механики, математики, физики, изменения климата и др. Она может быть пособием при выполнении курсовых и дипломных работ, диссертаций.

В основу монографии положены ранее опубликованные большие циклы статей, в которых изложены методы исследований в области небесной механики, и некоторые из результатов, полученных на основе практического применения этих методов. По существу, они базируются на использовании численного интегрирования уравнений движения небесных тел Солнечной системы. Как приложение, приведена система программ GALACTICA, моделирующая это движение. Сама



модель описывается достаточно подробно, приводятся некоторые вспомогательные формулы, позволяющие вычислять полезные для такого рода исследований параметры.

Материалы этой части могут рассматриваться как еще одна полезная версия соответствующих разделов небесной механики, весьма удачно изложенная для студентов и специалистов в разных областях науки и техники, интересующихся этими задачами.

То же можно сказать о прилагаемой системе программ GALACTICA. В настоящее время специалистами широко

используется хорошо себя зарекомендовавшая и проверенная система GMAT, которая использует методы численного интегрирования и позволяет применять модели движения любого требуемого уровня точности – то есть учитывать тяготение задаваемых планет и модели поля тяготения этих планет. Если же речь идет о дополнительных геометрических (или кинематических) параметрах, то в действующей практике космических полетов используется система SPICE.

Тем не менее описанная автором система (программное обеспечение) имеет некоторые преимущества относительно профессиональных программ – простоту использования и применения в обучении. Поэтому ее можно использовать как обучающее пособие для студентов, особенно с учетом того, что в книге приводится несколько любопытных примеров.

Заметим, что эти примеры – такие как, скажем, оценки эволюции перигелия Меркурия или орбитальных параметров астероида 1950 DA, – имеют самостоятельный интерес; привлекают внимание и результаты расчетов, выполненных для астероида Апофис.

Автор приводит свои оценки и объяснения изменения климата, базирующиеся на астрономических теориях. Известно, что в этих вопросах нет единого мнения среди специалистов, о чем упоминает и автор. Тем не менее автор представляет в книге целостную и достаточно аргументированную концепцию этих важнейших для человечества процессов, что, на мой взгляд, придает монографии дополнительную значимость.

Как говорил Джордж Оруэлл: “Предсказывать трудно, особенно будущее...”. Не возьмусь поэтому комментировать разделы монографии, посвященные будущему человечества, – в наши дни иногда даже прошлое становится непредсказуемым.

Что касается разделов, относящихся к методам расчетов по планетным системам и программы GALACTICA, то я бы рекомендовал их для издания на русском языке в качестве учебного пособия для студентов и аспирантов. Уверен, что такое пособие, несомненно, будет востребовано.

*Л.М. Зелёный,  
академик*



## ПЕРВАЯ КНИГА О МНОГОКАНАЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

DOI: 10.7868/50044394819050141

**М**ногоканальная астрономия окончательно “вступила в свои права” после открытия в 2015 г. гравитационных волн от слияния черных дыр и нейтронных звезд в двойных системах. Если в XX веке астрономия, по очень точному определению И.С. Шкловского, стала всеволновой, то в XXI веке астрономия превратилась в многоканальную науку: она исследует Вселенную как в канале электромагнитных волн, так и в других каналах: нейтронном, канале космических лучей и гравитационных волн. Это открывает принципиально новые возможности исследований астрофизических объектов, что приводит к выдающимся открытиям в области астрономии.

В 2019 г. в издательстве “Век-2” вышла в свет научно-популярная книга “Многоканальная астрономия”. Редактор-составитель книги – академик А.М. Черепашук, в составе авторов – 26 ведущих ученых страны. Объем книги – 40 печатных листов.

В первой половине книги изложены методы исследования Вселенной в различных каналах: электромагнитном, нейтронном, канале космических лучей, в гравитационно-волновом канале. Во второй половине кратко описаны новейшие достижения в астрономии и астрофизике, на основе которых сформирована современная “Картина Мира”. Порядок расположения глав в первой части книги соответствует трем видам известных физических взаимодействий: электро-



слабому (при низких энергиях расщепляется на электромагнитное и слабое взаимодействие), сильному и гравитационному.

Насколько нам известно, это – первая книга в нашей стране о многоканальной астрономии и, по-видимому, одна из первых в мире. Она представляет собой хорошее дополнение к популярной книге “Астрономия: век XXI”, вышедшей в третьем издании в 2015 г. в том же издательстве “Век-2”. Первая половина обсуждаемой книги состоит из 4-х частей.

Первая часть “**Электромагнитные волны**” состоит из шести глав, в которых представлены различные

диапазоны канала электромагнитных волн, описаны соответствующие инструменты и методы исследований.

Первая, “*Оптический диапазон*”, написана А.А. Белинским и С.А. Потаниным, здесь изложена история оптического телескопостроения, методы исследований в оптическом диапазоне, а также дано описание перспективных проектов, включая будущие проекты наземного 39-м экстремально большого телескопа Южной Европейской обсерватории и 6,5-м космического телескопа Джеймса Вэбба (NASA).

Во второй – “*Инфракрасная астрономия*”, написанной А.М. Татарниковым, описаны наземные и космические телескопы и приемники ИК-излучения, ИК-фотометрические системы, а также изложены специфические методы исследований в ИК-диапазоне.

В третьей, “*Радиодиапазон*”, написанной Ю.Ю. Ковалёвым, дан обзор наземных и космических радиотелескопов и радиоинтерферометров, приемников радиоизлучения. Изложена история борьбы с помехами в радиодиапазоне. Приведены выдающиеся результаты наблюдений на российском радиоинтерферометре “Радиоастрон” с угловым разрешением в 20 мкс. Приятно отметить, что впервые идея глобального наземного радиоинтерферометра с межконтинентальной базой была высказана в работе отечественных ученых Л.И. Матвеевко, Н.С. Кардашёва и Г.Б. Шоломицкого, опубликованной в 1965 г. Описаны перспективные радиоастрономические проекты, включая международный проект SKA

(решетка-интерферометр площадью квадратный километр), а также российский космический интерферометр “Миллиметр”. Отмечается перспективность размещения радиотелескопов на обратной стороне Луны.

Четвертая – “*Ультрафиолетовый диапазон*”, написанная Б.М. Шустовым, посвящена в основном космическим проектам в УФ-диапазоне, включая российский проект “Спектр-УФ”. Описаны достижения УФ-астрономии и перспективные задачи в этой области астрофизики.

В пятой главе – “*Рентгеновская астрономия*”, написанной А.А. Лутовиновым и М.Н. Павлинским, рассказывается об истории развития рентгеновской астрономии, в которую советские и российские ученые внесли весомый вклад. Изложены методы космических рентгеновских наблюдений с использованием телескопов с кодирующей апертурой и телескопов косоугольного падения. Описаны перспективные рентгеновские космические проекты, включая российский “Спектр-РГ”, который планируется реализовать в 2019 г.<sup>1</sup> Отмечается, что наблюдения на космической обсерватории ИНТЕГРАЛ, где российские ученые имеют 25% наблюдательного времени, наряду с наблюдениями с борта обсерватории Ферми, обнаружили всплеск электромагнитного гамма-излучения, сопутствующий гравитационно-волновому всплеску от

*В книге описаны перспективные радиоастрономические проекты, включая международный проект SKA (решетка-интерферометр площадью квадратный километр), а также российский космический интерферометр “Миллиметр”. Отмечается перспективность размещения радиотелескопов на обратной стороне Луны*

<sup>1</sup> 13 июля 2019 года был осуществлен успешный запуск космической рентгеновской обсерватории “Спектр-РГ”.

слияния нейтронных звезд в двойной системе GW170817.

В шестой главе – “Гамма-астрономия”, написанной К.А. Постновым, представлены физические условия и механизмы формирования гамма-излучения в астрофизических объектах, процессы распространения гамма-фотонов. Изложены специфические наземные и космические методы наблюдений в гамма-диапазоне, включая телескоп LAT космической обсерватории им. Ферми (NASA), а также наземные черенковские гамма-телескопы.

Вторая часть книги – “**Нейтринный канал**” – написана С.В. Троицким и посвящена описанию методов исследования в канале нейтрино. Описаны уникальные свойства этих частиц и методы их регистрации. Отмечается недавнее открытие осцилляций нейтрино, что позволило согласовать термоядерную модель внутреннего строения Солнца с результатами наблюдений солнечных нейтрино. Сформулирована так называемая новая проблема солнечных нейтрино. Изложена история регистрации нейтрино от сверхновой 1987А. Описаны результаты наблюдений астрофизических нейтрино высоких энергий. Замечательно то, что в данном случае процессы рождения нейтрино связывают потоки высокоэнергичных частиц в трех различных каналах: космические лучи, нейтрино и гамма-излучение. Подробно рассмотрено событие 22 сентября 2017 г., когда была обнаружена вспышка гамма-излучения от блазара, приблизительно совпадающая по времени и направлению с нейтринным событием.

*Вторая часть книги посвящена описанию методов исследования в канале нейтрино. Описаны уникальные свойства этих частиц и методы их регистрации. Отмечается недавнее открытие осцилляций нейтрино, что позволило согласовать термоядерную модель внутреннего строения Солнца с результатами наблюдений солнечных нейтрино*

Многоканальный характер современной астрономии особенно ярко раскрывается в таких исследованиях. Описаны перспективы дальнейших исследований в нейтринном канале, в том числе с использованием новейших детекторов Ice Cube и Байкал-GVD.

Третья часть – “**Космические лучи**”, написанная М.И. Панасюком, посвящена истории открытия и исследования космических лучей, в том числе космических лучей сверхвысоких энергий. Изложены механизмы формирования космических лучей разных энергий в астрофизических объектах – активных областях на Солнце, в остатках вспышек сверхновых, в ядрах галактик и т.п. Представлены результаты поиска эффекта Грейзена–Зацепина–Кузьмина – “обрезания” спектра космических частиц сверхвысоких энергий за счет их взаимодействия с фотонами реликтового излучения. Описаны перспективные наземные и космические проекты по исследованию космических лучей.

Четвертая часть – “**Гравитационные волны**” – состоит из 15 глав и посвящена описанию методов исследований гравитационных волн (ГВ) и новейших выдающихся открытий в этой области науки на лазерных ГВ-интерферометрах LIGO (США) и Virgo (Италия). Приятно отметить, что основополагающая идея о том, что для наблюдений гравитационных волн целесообразно использовать лазерный интерферометр, была впервые высказана в нашей стране М.Е. Герценштейном и В.И. Пустовойтом в 1962 г., а многолетние исследования группы В.Б. Брагинского (МГУ)

и группы Е.А. Хазанова (ИПФ РАН) в этом направлении внесли существенный вклад в реализацию лазерных ГВ-антенн LIGO.

Первая глава – “Открытие гравитационных волн”, написана С.П. Вятчаниным – непосредственным участником эксперимента LIGO и соавтором статьи, посвященной открытию ГВ. Автор описал историю проблемы поиска ГВ, специфические трудности регистрации ГВ-сигналов и представил детальное описание основных узлов лазерных ГВ-интерферометров. Особое внимание при этом уделено анализу влияния различных источников шумов на результаты ГВ-измерений и предложены эффективные методы борьбы с ними. Описан так называемый стандартный квантовый предел в ГВ-измерениях, а также перспективные методы преодоления этого предела.

Во второй главе – “Природа источников гравитационных волн”, написанной К.А. Постновым, дано описание свойств ГВ и их отличия от электромагнитных волн. Изложены методы интерпретации ГВ-сигналов и определения основных параметров сливающихся черных дыр и нейтронных звезд. Описаны другие источники гравитационных волн: пульсары, вспышки сверхновых, низкочастотные источники ГВ от слияния двойных сверхмассивных черных дыр, космологические гравитационные волны и т.п.

Третья глава – “Локализация источника гравитационных волн” – написана В.М. Липуновым, создателем роботизированной системы телескопов “МАСТЕР”. Приятно отметить, что важное

предсказание о том, что на ГВ-обсерватории LIGO первыми должны быть зарегистрированы сигналы от слияния черных дыр, а не от нейтронных звезд, было сделано в нашей стране в работе сотрудников ГАИШ МГУ В.М. Липунова, К.А. Постнова и М.Е. Прохорова, опубликованной в 1997 г. Автор подробно описал развитую в его группе эволюционную “машину сценариев” для тесных двойных систем, рассказал о наблюдениях с помощью системы “МАСТЕР” областей локализации ГВ-сигналов от слияния черных дыр и нейтронных звезд. Подробно изложил историю открытия килоновой в галактике NGC4993, сопутствующей ГВ-сигналу от слияния нейтронных звезд; рассказал о физике нейтронных звезд, дал

оценку частоты слияния нейтронных звезд и черных дыр в Галактике, описал будущие исследования в области гравитационно-волновой астрономии.

В четвертой главе – “Ограничения на физические теории, следующие из открытия гравитационных волн”, написанной С.О. Алексеевым, представлены наблюдения ГВ от слияния черных дыр и нейтронных звезд, которые позволяют осуществить детальное тестирование ОТО Эйнштейна в сильных полях, а также проверить различные альтернативные физические теории и обобщения ОТО. Отмечается, что главными наблюдаемыми явлениями, для объяснения которых необходим выход за пределы ОТО, являются: темная энергия, темная материя, отсутствие самосогласованной квантовой теории гравитации, отсутствие единой теории всех физических взаимодействий.

*Важное предсказание о том, что на ГВ-обсерватории LIGO первыми должны быть зарегистрированы сигналы от слияния черных дыр, а не от нейтронных звезд, было сделано в нашей стране в работе сотрудников ГАИШ МГУ В.М. Липунова, К.А. Постнова и М.Е. Прохорова, опубликованной в 1997 г.*



Автор подробно описал ряд направлений в исследованиях, которые могли бы помочь в решении этих проблем, с учетом результатов новейших гравитационно-волновых экспериментов.

Пятая глава – “Гравитационные сигналы Вселенной” – представлена В.Н. Руденко. В ней описана текущая фаза ГВ-эксперимента, реализуемая на наземных обсерваториях LIGO и Virgo, а также отражены ступени модернизации ГВ-детекторов, включая европейский проект “Телескоп Эйнштейна”. Изложены перспективы реализации космических ГВ-детекторов, работающих на низких частотах (проект eLISA). Описаны различные научные задачи, решаемые будущими ГВ наземными и космическими интерферометрами.

В большой по объему второй половине книги описана современная астрономическая картина мира, построенная на основе исследований в различных каналах.

В первой главе – “Исследование планет” – академик М.Я. Маров успешно справился с трудной задачей – описанием в небольшом объеме всего накопленного научного материала по планетам, их спутникам, кольцам, малым телам Солнечной системы, а также экзопланетам вокруг других звезд. Приятно отметить, что многие результаты космических исследований планет, в частности планеты Венеры, были впервые получены в нашей стране при участии М.Я. Марова.

Вторая глава – “Солнце – этапы познания” – написана В.Н. Обридко. Автор избрал исторический подход к описанию астрофизических исследований

нашего дневного светила. Он рассказал о внутреннем строении Солнца, источниках термоядерной энергии в его недрах, о проблеме солнечных нейтрино, о результатах гелиосейсмологии, о магнитных полях, активных областях на Солнце, о солнечной короне, о солнечно-земных связях и других проблемах, связанных с исследованием этой ближайшей к нам звезды.

В третьей главе – “Звезды и звездные населения” – А.С. Расторгуев, А.К. Дамбис и Н.Н. Самусь представили обзор методов астрометрических, фотометрических и спектральных наблюдений звезд, их классификацию и эволюционные пути. Дано также описание химического состава звезд и особенностей звездных населений, шаровых и рассеянных звездных скоплений. При-

ведены новейшие данные, полученные в результате осуществления космической миссии Гайя. Описаны различные типы переменных звезд и перспективы их классификации и каталогизирования.

В четвертой главе – “Сверхновые звезды и гамма-всплески”, написанной С.И. Блинниковым и Д.Ю. Цветковым, рассказывается о богатых наблюдательных данных о сверхновых разных типов, в том числе находящихся за пределами видимого диапазона спектра. Представлена современная классификация типов сверхновых, физика взрывов сверхновых (подчеркнута связь сверхновых с гамма-всплесками), рассмотрены варианты решения внутренней и внешней задачи физики сверхновых. Представлено описание уже изученных сверхновых типа Ia как

*В книге дано описание химического состава звезд и особенностей звездных населений, шаровых и рассеянных звездных скоплений. Приведены новейшие данные, полученные в результате осуществления космической миссии Гайя. Описаны различные типы переменных звезд и перспективы их классификации и каталогизирования*

стандартных свечей, а также коллапсирующих сверхновых. Рассмотрены различные механизмы взрыва сверхновой при коллапсе ядра звезды: взрыв под действием нейтринного потока, магниторотационный механизм, слияния и взрывы нейтронных звезд. Описаны перспективы развития теории взрыва коллапсирующих сверхновых.

Пятая глава – “Многоликие галактики”, написанная А.В. Засовым и О.К. Сильченко, посвящена истории исследований галактик и их классификации. В ней приведены данные о радиоизлучении галактик и активных ядер, а также данные о нейтральном водороде в галактиках. Описаны современные данные об ультрафиолетовых исследованиях галактик, а также данные о рентгеновских гало галактик. Рассмотрены ранние галактики с супервспышками звездообразования, изложен общий ход эволюции галактик на базе результатов новейших исследований.

В шестой главе – “Черные дыры”, написанной А.М. Черепашуком, обращено внимание на удивительные особенности черных дыр. Приведены современные наблюдательные данные о черных дырах звездных масс в рентгеновских двойных системах, а также в гравитационно-волновых двойных системах. Описаны наблюдательные данные о сверхмассивных черных дырах в ядрах галактик. Изложены результаты исследования демографии черных дыр – рождения, роста черных дыр и их связи с классическими объектами Вселенной – звездами, галактиками и т.п. Анализируются перспективы окончательного доказательства горизонта событий у черных дыр путем изучения в гравитационно-волновом канале квазинормальных мод колебаний вновь образовавшейся черной дыры, которая сформировалась при слиянии

двух менее массивных черных дыр. Автор приводит предварительные результаты наблюдений ядер галактик на коротких радиоволнах с помощью интерферометра ЕНТ (Event Horizon Telescope) с целью построения изображения темной “тени” от сверхмассивных черных дыр<sup>2</sup>.

В седьмой главе – “Космология”, написанной М.В. Сажиным и О.С. Сажинной, говорится о космологии – науке об исследовании Вселенной в целом и отмечена ее важная роль в современной структуре знаний. Сформулированы шесть основ современной наблюдательной космологии: открытие расширения Вселенной, открытие реликтового излучения, обнаружение крупномасштабной структуры Вселенной, наблюдение анизотропии реликтового излучения, открытие ускоренного расширения Вселенной, открытие гравитационных волн. Рассмотрены различные этапы эволюции Вселенной и описаны самые ранние фазы образования и развития Вселенной, включая доинфляционную эпоху.

Предисловие и Заключение написаны редактором-составителем книги А.М. Черепашуком.

Книга может быть полезна школьникам старших классов, учителям школ, студентам вузов, профессорам и преподавателям высшей школы, научным работникам, любителям астрономии, а также широкому кругу читателей, интересующихся наиболее актуальными проблемами науки.

<sup>2</sup>10 апреля 2019 г. было объявлено о действительном наблюдении темной тени от сверхмассивной черной дыры на фоне яркого аккреционного диска в центре галактики М87.

А.М. Черепашук,  
академик  
ГАИШ МГУ



Индекс 70336

## Земля и Вселенная, 5/2019

Заведующая редакцией *Л.В. Рябцева*

Зав. отделом космонавтики и геофизики *С.А. Герасютин*

Номер подготовили: *В.И. Ананьева, О.В. Закутняя*

Оператор ПК *Н.Н. Токарева*

Корректоры *А.Ю. Обод, В.П. Терехов*

Верстка макета *Н.В. Мелкова*

### Просим обращаться

**по вопросам публикации материалов:**

(495)276-77-35 (доб. 42-31), e-mail: [zevs@naukaran.com](mailto:zevs@naukaran.com)

**по вопросам сотрудничества:**

(495)276-77-35 (доб. 43-01 или 42-91),

e-mail: [journals@naukaran.com](mailto:journals@naukaran.com)

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом

Совета министров СССР по печати 28 июня 1991 г.

Свидетельство о регистрации № 2119

[www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselennaja/](http://www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselennaja/)

*Все права защищены.*

*Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.*

*Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.*

*Все иллюстрации в статьях предоставлены авторами.*

*Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели*

12+

---

Сдано в набор 22.08.2019 г. Подписано к печати 17.10.2019 г.  
Дата выхода в свет 29.10.2019 г. Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Цифровая печать Усл.печ.л. 9.75 Уч.-изд.л. 10.0 Бум.л. 3.75  
Тираж 1000 экз. Зак. 39 Цена свободная

---

Учредители: РАН, ФГУП «Издательство «Наука»  
Редакция и издатель: ФГУП «Издательство «Наука»  
Адрес: 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 90

---

Отпечатано в типографии ФГУП «Издательство «Наука»  
Адрес: 121099 Москва, Шубинский пер., 6



# АкадемКнига

Букинистический отдел осуществляет покупку и продажу научной литературы, книг по искусству, антикварных изданий, старинных открыток, гравюр и фотографий

Для оценки крупных библиотек выезжаем на дом

Принимаем заказы

Формируем библиотеки

Адрес: 101000, Москва, Б. Спасоглинишевский пер., 8, стр. 4

E-mail: [bukinist@naukaran.com](mailto:bukinist@naukaran.com)

Справки по телефону:

8 (495) 624-7219





## НОВИНКИ И АКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



[instagram.com/naukapublishers](https://www.instagram.com/naukapublishers)



[facebook.com/naukapublishers](https://www.facebook.com/naukapublishers)



[vk.com/naukapublishers](https://vk.com/naukapublishers)





- переплетные работы
- тиснение фольгой
- цифровая печать
- офсетная печать
- ламинирование
- цветоделение
- сканирование
- брошюровка
- лакирование
- цветопроба
- нумерация
- высечка
- верстка
- СТР

Типографии ФГУП "Издательство "Наука"  
[www.tnauka.ru](http://www.tnauka.ru)

- ▶ Разумная ценовая политика
- ▶ Высокое качество продукции
- ▶ Реальные сроки выполнения заказов
- ▶ Работа высококлассных профессионалов




- ◆ Удобное месторасположение
- ◆ Тиражи от 20 экземпляров

- афиши
- календари
- удостоверения
- адресные папки
- визитные карточки
- фирменные бланки
- брошюры, журналы
- эксклюзивные издания
- полноцветные плакаты
- художественные альбомы
- книги в твердом переплете
- листовки, рекламные буклеты
- наклейки на бумажных материалах

Москва

Санкт-Петербург

Новосибирск



# 40% НА КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

акция распространяется  
в сети магазинов «Академкнига»  
и в интернет-магазине [naukabooks.ru](http://naukabooks.ru)

## BOOK SALE

# ЕЩЁ БОЛЬШЕ КНИГ И БОЛЬШЕ СКИДОК

Реклама

акция распространяется  
в интернет-магазине [naukabooks.ru](http://naukabooks.ru)

