

ISSN 0044-3948

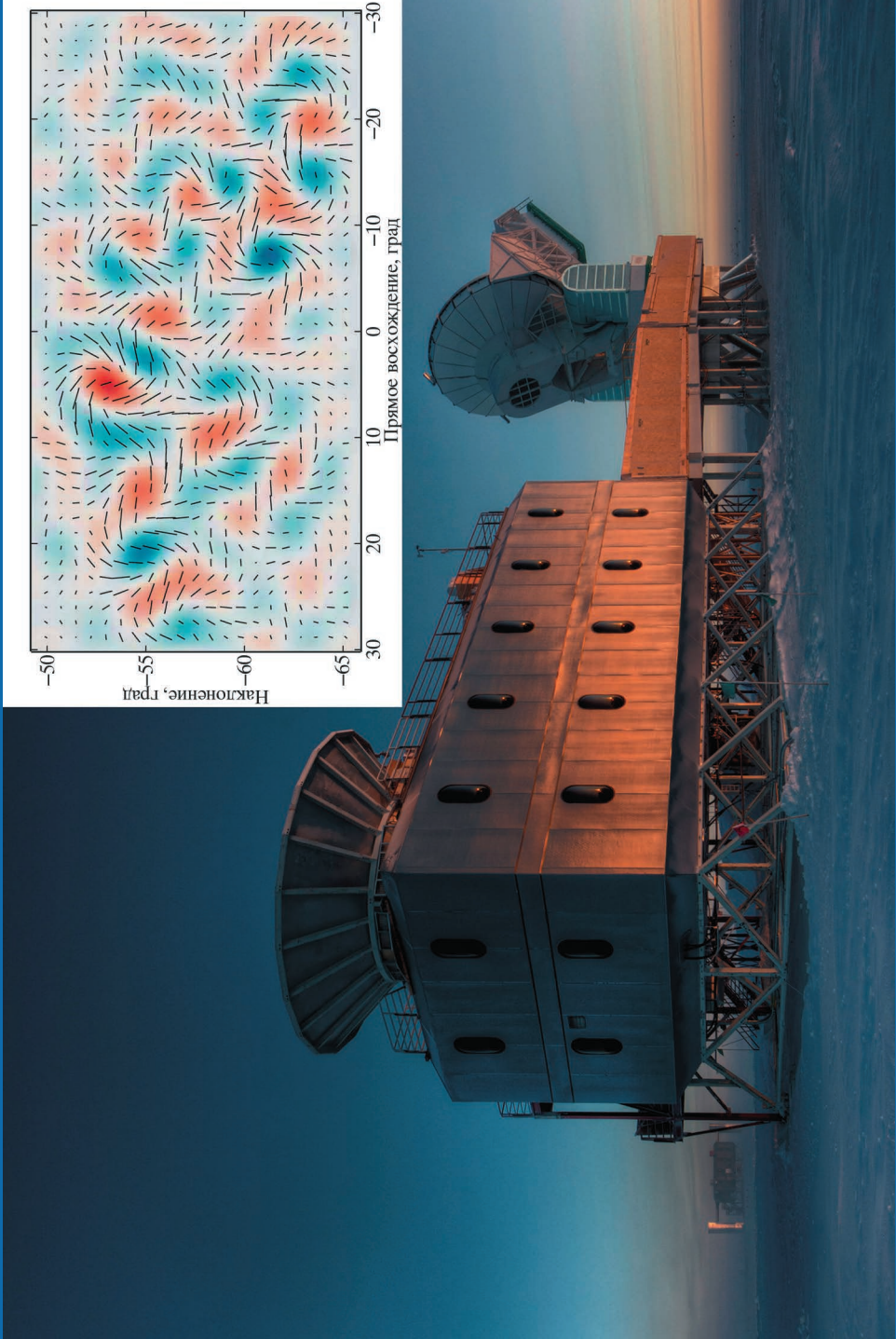
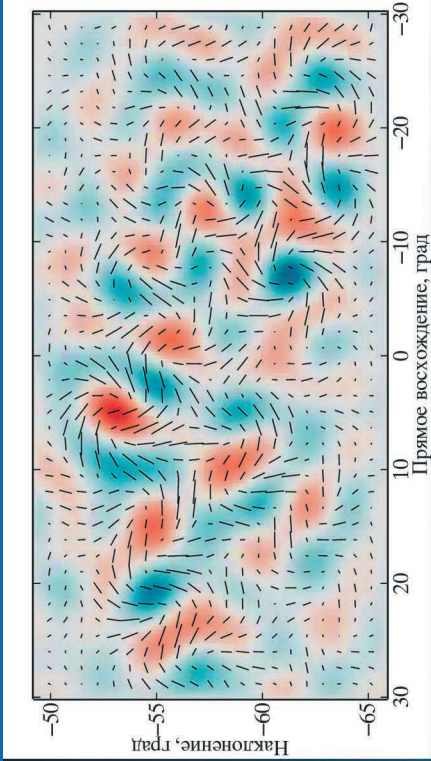
# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ-АВГУСТ

4/2014





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

# Земля и Вселенная

4/2014



## Новости науки и другая информация:

Космический мусор [30]; Солнце в феврале – марте 2014 г. [31]; Уникальный желтый гипергигант [36]; Самый далекий объект Солнечной системы [55]; Кольца вокруг астероида [68]; Двойная система сверхмассивных черных дыр [81]; Избыточное гамма-излучение в центре Галактики [108]; В ЦЕРН изучают облака [109]; Гравитационные волны открыты? [110]

**Новые книги:** Космические дневники (“Скрытый космос. Космические дневники генерала Н.П. Каманина”. Двухтомник) [96]

## В номере:

- 3 РЕВНИВЦЕВ М.Г., ЛУТОВИНОВ А.А., ПАВЛИНСКИЙ М.Н. Рентгеновская астрономия: вчера, сегодня, завтра (часть I)  
19 САМУСЬ Н.Н. Переменные звезды: куда мы идем и чем может помочь любитель астрономии

## ЛЮДИ НАУКИ

- 34 Ефрем Павлович Левитан: ученый, педагог, писатель (к 80-летию со дня рождения)  
37 ЕРЕМЕЕВА А.И. Борис Петрович Герасимович (к 125-летию со дня рождения)  
47 УРАЛЬСКАЯ В.С. Николай Дмитриевич Моисеев

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 56 ГЕРАСЮТИН С.А. Конференция по рентгеновской астрофизике

## ИСТОРИЯ НАУКИ

- 64 СМIRНОВ В.Г. М.А. Рыкачѳ – исследователь метеорных дождей  
69 ГУРИКОВ В.А. История создания оптических линз и зажигательных зеркал

## ПЛАНЕТАРИИ

- 74 САХАРОВА С.Ю. Костромской планетарий  
82 ВОЛЬФ А.В. Обзор планетария “Stellarium”

## ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 90 МЕЛЬНИКОВА О.Н., ПОКАЗЕЕВ К.В., РОЖДЕСТВЕНСКИЙ А.Е. Дамоклов меч над Крымом

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 97 ШЕЯНОВ Е., СОКОЛОВА Н., КУЗНЕЦОВ М.В. Астрономический кружок имени Е.П. Левитана

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 103 ЩИВЬѳ В.И. Небесный календарь: сентябрь – октябрь 2014 г.



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; 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; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputy Editor V.M. Kotlyakov

**На стр. 1 обложки:** Экзопланета Кеплер-69 c, находящаяся в 2700 св. годах от Земли в созвездии Лебедя. Ее диаметр на 70% больше диаметра нашей планеты, она обращается с периодом 242 сут вокруг звезды, похожей на Солнце. Рисунок ESA/NASA.

**На стр. 2 обложки:** Микроволновая обсерватория с 23-м телескопом BICEP-2, расположенная в Антарктиде вблизи Южного полюса. Во врезке – диаграмма поляризации реликтового излучения, полученная телескопом BICEP-2. Видны следы сжатия и растягивания фотонов в результате воздействия гравитационных волн. 18 марта 2014 г. Фото С. Рихтера (к стр. 10).

**На стр. 3 обложки:** Бинарная система HR 5171, находящаяся в нашей Галактике в 12 тыс. св. лет от Земли. Около одного из самых крупных желтых гипергигантов – HR 5171A (размер – 650  $R_{\odot}$ , масса – 25  $M_{\odot}$ ) – обращается меньший компонент с периодом 1300 сут. Вверху – изображение HR 5171, полученное 12 марта 2014 г. телескопом VLTI Европейской Южной Обсерватории, внизу – модель этой двойной звездной системы. Фото и рисунок ESO (к стр. 36).

**На стр. 4 обложки:** Полярное сияние в Исландии на фоне созвездия Ориона. Ионизованные молекулы кислорода излучают зеленое и красное свечение, молекулы азота – фиолетовое. Снимок сделан 24 марта 2014 г. Фото астронома-любителя Т. Арнасона.

### In this issue:

- 3 REVNIVTSEV M.G., LUTOVINOV A.A., PAVLINSKY M.N. X-ray Astronomy: Yesterday, Today and Tomorrow (Part I)  
19 SAMUS N.N. Variable Stars: Where are We Going and How Amateur Astronomer can Help

### PEOPLE OF SCIENCE

- 34 Efreim Pavlovich Levitan: Scientist, Teacher, Writer (to the 80<sup>th</sup> Anniversary of Birth)  
37 EREMEYEVA A.I. Boris Petrovich Gerasimovich (to the 125<sup>th</sup> Anniversary of Birth)  
47 URALSKAYA V.S. Nikolay Dmitrievich Moiseyev

### SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 56 GERASYUTIN S.A. Conference on X-ray Astrophysics

### HISTORY OF SCIENCE

- 64 SMIRNOV V.G. M.A. Rykachev – Researcher of Meteor Showers  
69 GURIKOV V.A. History of Making the Optical Lenses and Burning Mirrors

### PLANETARIA

- 74 SAKHAROVA S.Yu. Kostroma Planetarium  
82 WOLF A.V. Review of “Stellarium” Planetarium

### HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 90 MELNIKOVA O.N., POKAZEYEV K.V., ROZHDESTVENSKY A.E. Sword of Damocles above Krymsk

### ASTRONOMICAL EDUCATION

- 97 SHEYANOV E., SOKOLOVA N., KUZNETSOV M.V. Astronomy Class named after E.P. Levitan

### AMATEUR ASTRONOMY

- 103 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: September – October 2014

### Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН  
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ  
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ  
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,  
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,  
доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,  
кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,  
член-корр. РАН А.А. МАЛОВИЧКО, доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,  
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,  
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,  
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,  
кандидат физ.-мат. наук О.С. УГОЛЬНИКОВ, член-корр. РАН В.П. САВИНЫХ,  
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО



## Рентгеновская астрономия: вчера, сегодня, завтра

М.Г. РЕВНИВЦЕВ,  
доктор физико-математических наук  
А.А. ЛУТОВИНОВ,  
доктор физико-математических наук  
М.Н. ПАВЛИНСКИЙ,  
доктор физико-математических наук  
ИКИ РАН

---



**В статье кратко рассказывается история развития рентгеновской астрономии, начиная с первых ракетных экспериментов**

**до современных орбитальных обсерваторий. Описаны объекты исследования рентгеновской астрономии и достижения последних**

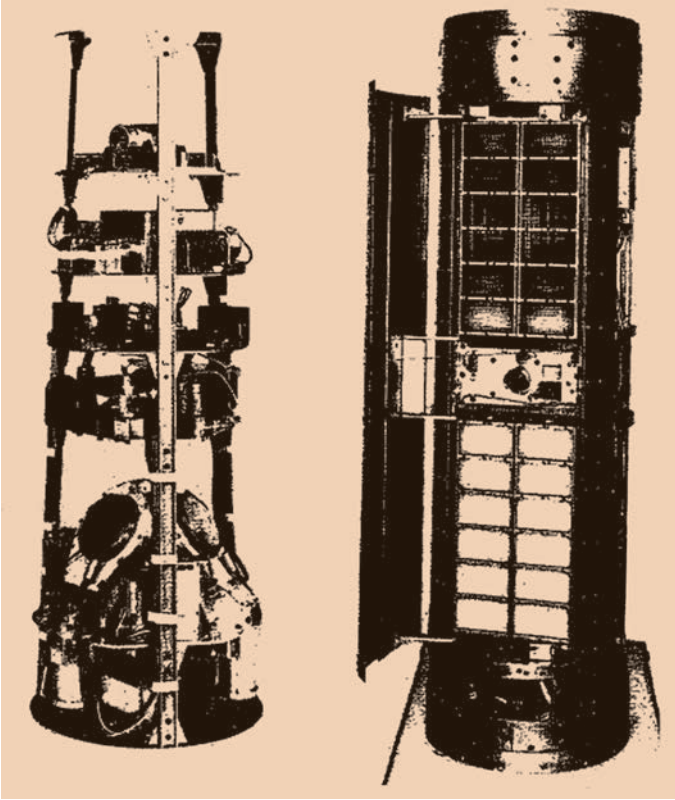
**лет. Большое внимание уделено развитию технологий формирования изображений и технологической регистрации рентгеновского излучения.**

ОТКРЫТИЕ КОСМИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рентгеновская астрофизика – уникально богатая наука. В рентгеновском диапазоне

(энергия фотонов от примерно 0,5 до 10–100 кэВ) излучает много классов объектов Вселенной – от межзвездной среды и гелиосферы, обычных

звезд, белых карликов и нейтронных звезд до черных дыр в нашей Галактике и в ядрах огромного количества других галактик, межгалакти-



*Детекторы рентгеновского излучения (пропорциональные газовые счетчики), созданные под руководством Р. Джаккони. Запускались в 1962 г. и 1964 г. на высоту до 225 км.*

ческой среды скоплений галактик.

Атмосфера Земли абсолютно непрозрачна для рентгеновского излучения. Если измерения в области энергий фотонов выше 20 кэВ возможны с высотных стратостатов (на высотах выше 20–30 км), то для того чтобы регистрировать излучение с энергией около 1 кэВ (длина волны около 12 Å) необходимо подняться на высоту не менее 100 км, поэтому первые шаги в этой области стали возможны только с развитием ракетных технологий.

Первые астрономические измерения рентге-

новского излучения начались в конце 1940-х – начале 1950-х гг. с наблюдений Солнца с помощью приборов, установленных на немецких баллистических ракетах Фау-2. В качестве регистрирующего прибора использовался модифицированный счетчик Гейгера (газоразрядная трубка), регистрирующий сигнал при прохождении через него ионизирующего фотона. Однако простое масштабирование рентгеновского потока Солнца на расстояния до других звезд показывало, что при имеющихся характеристиках рентгеновских инструментов

регистрация потока любых других звезд, кроме Солнца, невозможна. Оценки рентгеновских светимостей других астрофизических объектов (например, остатков вспышек сверхновых, вспыхивающих звезд) имели огромные неопределенности, ожидалось, что следующим по яркости объектом рентгеновского неба будет Луна (за счет флуоресценции в потоке рентгеновских лучей Солнца).

В начале 1960-х гг. были предприняты шаги по улучшению регистрирующей аппаратуры на основе пропорциональных газовых счетчиков. Улучшить чувствительность удалось с помощью антисовпадетельной защиты (существенно уменьшилась скорость счета событий, регистрирующих прохождение через счетчик заряженных частиц, не связанных с рентгеновскими фотонами) и увеличения эффективной площади прибора. Полет 18 июня 1962 г. геофизической ракеты “Аэробы” с рентгеновским детектором на борту, созданным группой Риккардо Джаккони

(США), лауреата Нобелевской премии по физике 2002 г., на высотах до 225 км (общее время работы аппаратуры за атмосферой составило 350 с), ознаменовал собой начало эры рентгеновской астрономии.

Рентгеновское излучение Луны не обнаружили (впервые его зарегистрировал ИСЛ “Луна-12” в 1966 г.), но были сделаны два важнейших открытия: обнаружено изотропное (имеющее одинаковую яркость в разных направлениях) рентгеновское излучение – космический рентгеновский фон Вселенной и ярчайший источник рентгеновского неба, названный в дальнейшем Скорпион X-1 (Sco X-1).

В течение последующих 10 лет в области рентгеновской астрономии было проведено много экспериментов с помощью регистрирующей аппаратуры на ракетах и стратостатах.

Необходимой ступенью к увеличению длительности работы рентгеновских инструментов стало размещение их на спутниках. В первых спутниковых экспериментах аппаратура рентгеновского диапазона была лишь дополнительной полезной нагрузкой, например на советских разведывательных ИСЗ: “Космос-208” (1968), “Космос-251” (1968), “Космос-264” (1969), “Космос-428” (1971), “Космос-856” (1976), “Космос-914” (1977), на АМС “Луна-10” (1966)

и “Луна-12” (1966), на малых спутниках “Космос-135” (1966), “Космос-163” (1967), “Космос-461” (1971–1979).

Практически все инструменты этих спутников, работающие в области рентгеновских лучей, представляли собой сцинтилляторы, либо обзоревающие всю доступную часть неба с целью измерения космического рентгеновского фона (например, аппаратура ИСЗ “Космос-135”, “Космос-163”, “Космос-461”), либо наблюдающие части неба, ограниченные пассивным коллиматором. В первых экспериментах сцинтилляторы не были снабжены антисовпадательной защитой, что существенно снижало их чувствительность к рентгеновским фотонам. В более поздних экспериментах сцинтилляторы снабжались антисовпадательной защитой (ИСЗ “Космос-856”, “Космос-914”).

Среди результатов необходимо отметить надежные измерения космического рентгеновского фона в области энергий 20–500 кэВ. В ходе сканирующих наблюдений обнаружили несколько рентгеновских источников, в том числе открытых незадолго до этого космической рентгеновской обсерваторией “Ухуру”. Среди существенных недостатков части этих экспериментов можно назвать малое время работы на ор-

бите (около двух недель) из-за небольших высот орбит спутников, а также сложность орбитальной калибровки инструментов. Отсутствие хорошей калибровки (полетная калибровка рентгеновских приборов, как правило, не проводилась) приводило к тому, что заявленные характеристики обнаруженных источников другими группами исследователей не подтверждались и результаты этих измерений мало использовались в научной литературе.

#### ОБЗОРЫ НЕБА В РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ

Прорывом в рентгеновской астрономии стало появление специализированных космических обсерваторий (Земля и Вселенная, 1989, № 5). Время наблюдений объектов увеличилось до месяцев и даже лет, то есть в десятки тысяч раз. Первая специализированная рентгеновская обсерватория создана на базе малых астрономических спутников (SAS-Small Astronomical Satellite) в рамках программы NASA и получила название “Ухуру” (“Uhuru”, или “SAS-A”, 1970–1973).

Обсерватория “Ухуру” предназначалась для обзора всего неба с недостижимой ранее чувствительностью. Уже до запуска обсерватории стало ясно, что, по всей видимости, рентгеновские источники имеют разную природу, поэтому



Устройство космической рентгеновской обсерватории "SAS-A" ("Ухуру"; США). Рисунок NASA.

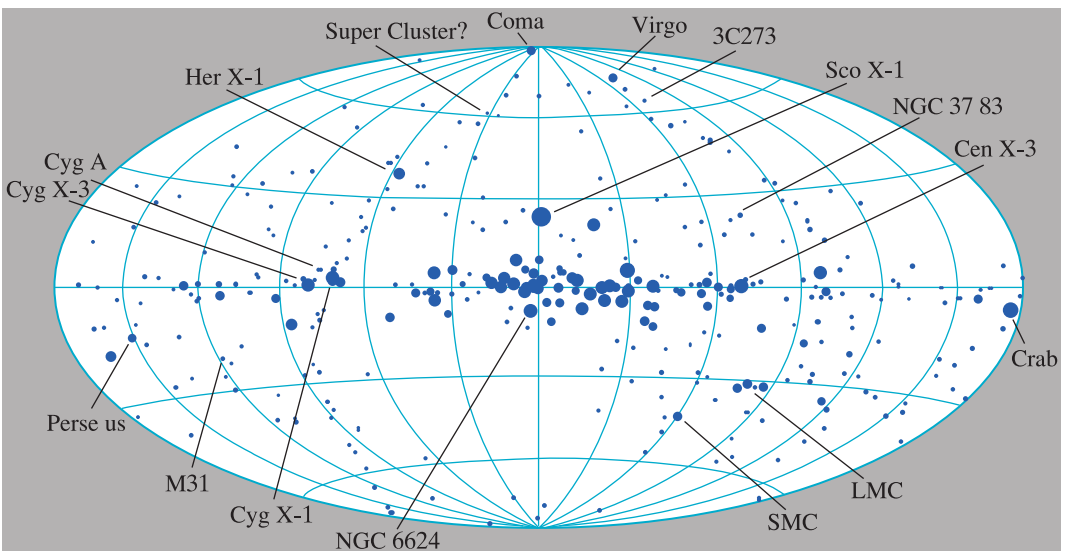
необходимо составить перепись наиболее ярких объектов неба, а также провести более детальное исследование отдельных источников. Обсерватория должна была систематически сканировать небо с помощью

двух коллимированных (имеющих поле зрения, локализованное пассивным коллиматором) пропорциональных газовых счетчиков собирающей площадью около 840 см<sup>2</sup> каждый. Скорость сканирования могла быть из-

менена по требованию программы наблюдений. В стандартном режиме оптические оси спектрометров (с полями зрения  $0,5^\circ \times 5^\circ$  и  $5^\circ \times 5^\circ$ ) сканировали небо по большим окружностям, смещаясь на  $1^\circ$  в день.

По результатам обзора неба обсерватории "Ухуру" был опубликован каталог 399 источников разной природы – от белых карликов и нейтронных звезд до галактик и скоплений галактик. Благодаря длительным

Карта положения на небе рентгеновских источников, открытых обсерваторией "Ухуру". NASA.





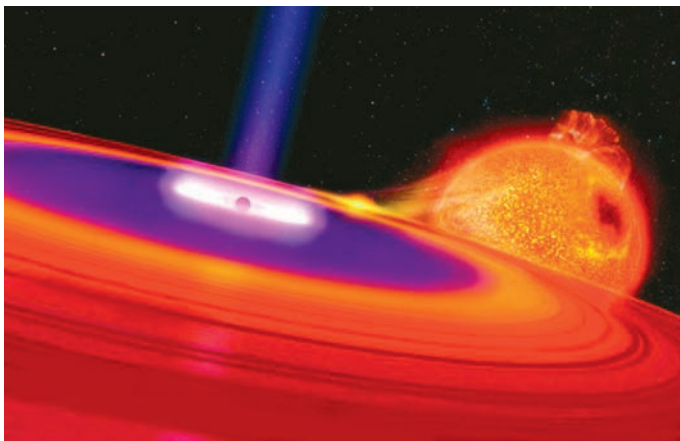
*Двойная звездная система с компактным объектом, на который перетекает вещество звезды-компаньона. Рисунок Д. Диксона.*

---

наблюдениям индивидуальных источников удалось решить проблему природы рентгеновского излучения ярких источников в нашей Галактике.

Дело в том, что, несмотря на открытие значительного количества рентгеновских источников в предыдущее десятилетие и даже оптическое отождествление ярчайшего из них – Скорпион X-1, механизм генерации такой большой светимости (рентгеновская светимость источника Скорпион X-1 приблизительно в 100 тыс. раз больше болометрической светимости Солнца) был не понятен. К началу 1970-х гг. появились идеи, что источником энергии для нее может быть выделение гравитационной энергии при падении вещества на компактный звездный остаток (Я.Б. Зельдович, Э. Салпитер, 1964), но с наблюдательной точки зрения убедительных подтверждений этим предположениям не было найдено.

Ситуация существенно изменилась в начале 1970-х гг., когда заработала обсерватория “Ухуру”. Выяснилось, что по крайней мере некоторые

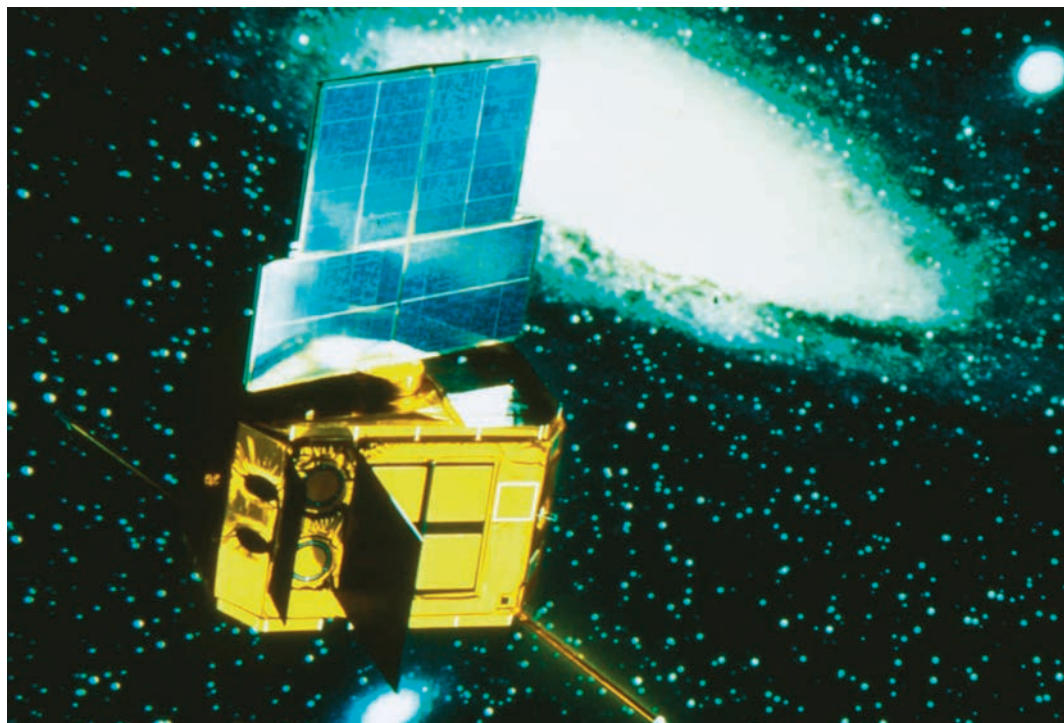


рентгеновские источники являются двойными звездными системами. Например, было обнаружено, что у одного из наиболее ярких рентгеновских источников – Центавр X-3 (Cen X-3) – частота пульсаций яркости систематически меняется из-за движения объекта вокруг центра масс двойной системы. Более того, замечено систематическое уменьшение частоты пульсаций данного источника (ускорение вращения пульсирующего объекта), показывающее, что существует взаимодействие вещества обычной звезды с пульсирующим объектом. Вместе с открытием радиопульсаров в 1967 г. это указывало на то, что пульсирующим источником является компактный объект – нейтронная звезда.

Успешная работа обсерватории “Ухуру” открыла ряд направлений в рентгеновской астрономии. Благодаря относительно лучшей точности

локализации зарегистрированных рентгеновских источников часть из них удалось связать с известными источниками радиоизлучения и впоследствии отождествить. Таким образом, например, была отождествлена первая двойная система с черной дырой Лебедь X-1.

Благодаря улучшенному угловому разрешению спектрометров обсерватории “Ухуру” впервые удалось обнаружить рентгеновское излучение скоплений галактик, причем не как суммарное излучение большого количества отдельных галактик, а как излучение межгалактической среды. Позже ИСЗ “Ариэль-5” (Великобритания, США; 1974–1980) обнаружил в спектре излучения скопления галактик эмиссионную линию высокоионизованного железа, неопровержимо показывающую, что его источником является горячий межгалактический газ.



После обсерватории “Ухуру” обзоры неба с аналогичной или с несколько лучшей чувствительностью выполнила космическая обсерватория “HEAO-1” (США, 1977–1979). Увеличение чувствительности достигалось увеличением эффективной площади детекторов.

Для определения природы рентгеновского источника критически важно отождествить его в оптическом, инфракрасном или радиодиапазоне. Однако для большей части источников, открытых этими обсерваториями, сделать это было невозможно при наличии только грубой локализации. Проблема была особенно острой в области Галактической

плоскости и Галактического балджа (центральной области Галактики), где поверхностная плотность звезд очень велика, и для надежного отождествления галактических рентгеновских источников с оптическими объектами необходима высокая точность астрометрических измерений их положения на уровне угловой секунды. Для решения этой проблемы было предложено несколько методов.

Методом затмения исследуемого объекта Лунной впервые более точно определен угловой размер рентгеновского источника в Крабовидной туманности и его положение на небе. Этот источник – остаток вспышки сверхновой – оказался

*Космическая обсерватория “EXOSAT” (ESA, 1983–1986). На ней функционировали спектрометры с самой большой в то время собирающей площадью, позволившие открыть ряд быстропеременных явлений у аккрецирующих черных дыр и нейтронных звезд. Рисунок ESA.*

не точечным, размером около 1–2'. Но затмения источников Луной происходят довольно редко, и такие исследования существенно зависят от типа орбиты космической обсерватории. Например, спутник на низкой околоземной орбите может регистрировать лишь источники в области плоскости эклип-

тики. Чтобы наблюдать большое количество рентгеновских источников методом их покрытия Луной, в конце 1960-х гг. Европейская организация по исследованию космоса (предшественник современной ESA) предложила запустить спутник на сильно вытянутую эллиптическую ор-

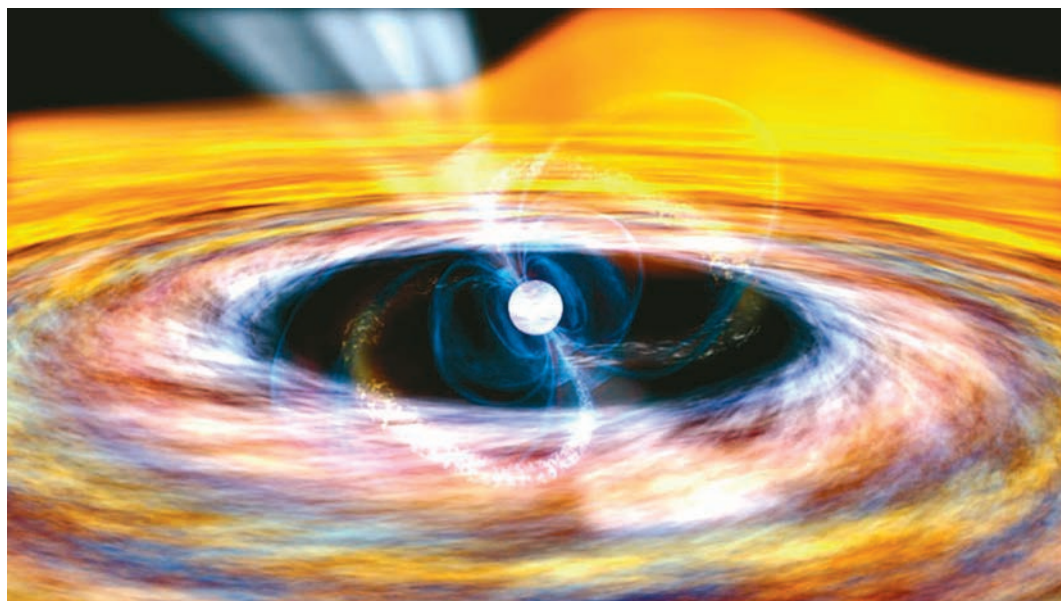
---

*Модель аккреционного потока вокруг нейтронной звезды с сильным магнитным полем. Оно разрушает аккреционный диск и канализирует поток вещества на магнитные полюса. Электроны рассеивают рентгеновское излучение при переходах между своими квантованными состояниями в сильном магнитном поле нейтронной звезды и формируют в спектрах таких объектов линии поглощения. Рисунок Д. Берри, NASA.*

биту с большим наклоном по проекту "HELOS" (Highly Eccentric Lunar Occultation Satellite). К середине 1970-х гг., ввиду появления более совершенных методов достижения высокого углового разрешения рентгеновских инструментов, проект переориентировали на долговременные наблюдения рентгеновских источников с помощью спектрометров большой собирающей площади – самой большой для спутников с трехосной стабилизацией в то время (проект реализован в 1983–1986 гг. как обсерватория "EXOSAT"). Результатом работы обсерватории стало открытие разных типов квазипериодических осцилляций яркости рентгеновских источников, по-видимому связанных с особенностями аккреционных течений вблизи компакт-

ного объекта. На основе этих открытий были разработаны новые методы диагностики поведения вещества у черных дыр и нейтронных звезд. На последующих обсерваториях удалось еще увеличить эффективную площадь основного инструмента – до 4 тыс. см<sup>2</sup> на "Ginga" (1987–1991, Япония) и до 6400 см<sup>2</sup> на "RXTE" (1995–2012, США).

Другим способом определения размеров и угловых положений источников на небе стали наблюдения с помощью модуляционных коллиматоров. Основной принцип работы такого прибора – измерение модуляции потока источников системой открытых и закрытых элементов коллиматора. Анализируя поток, можно восстановить астрометрическое положение



ние источника. Такие исследования начались еще в ракетных экспериментах, что позволило определить положение десятка ярчайших источников с точностью 0,5–1'. Существенное развитие эта методика получила на спутниках "SAS-3" (1975–1979), "HEAO-1" (1977–1979), "Ариэль-5" (1974–1980). В ходе этих экспериментов определено положение нескольких десятков объектов с точностью до 2", которую в дальнейшем смогли превзойти только рентгеновские телескопы с фокусирующей оптикой.

#### АККРЕЦИОННЫЕ ДИСКИ, ГОРЯЧАЯ ПЛАЗМА

Совершенствование рентгеновских детекторов шло по пути увеличения их эффективной площади, улучшения пространственного, спектрального и временного разрешения. С конца 1970-х гг. до 2010-х гг. сменилось несколько поколений рентгеновских обсерваторий, каждая последующая в чем-то улучшала характеристики предыдущих. Если первые инструменты имели всего несколько энергетических каналов (в особенности у советских приборов из-за ограниченного объема передачи научной информации), то к 1980-м гг. их количество превысило сотню.

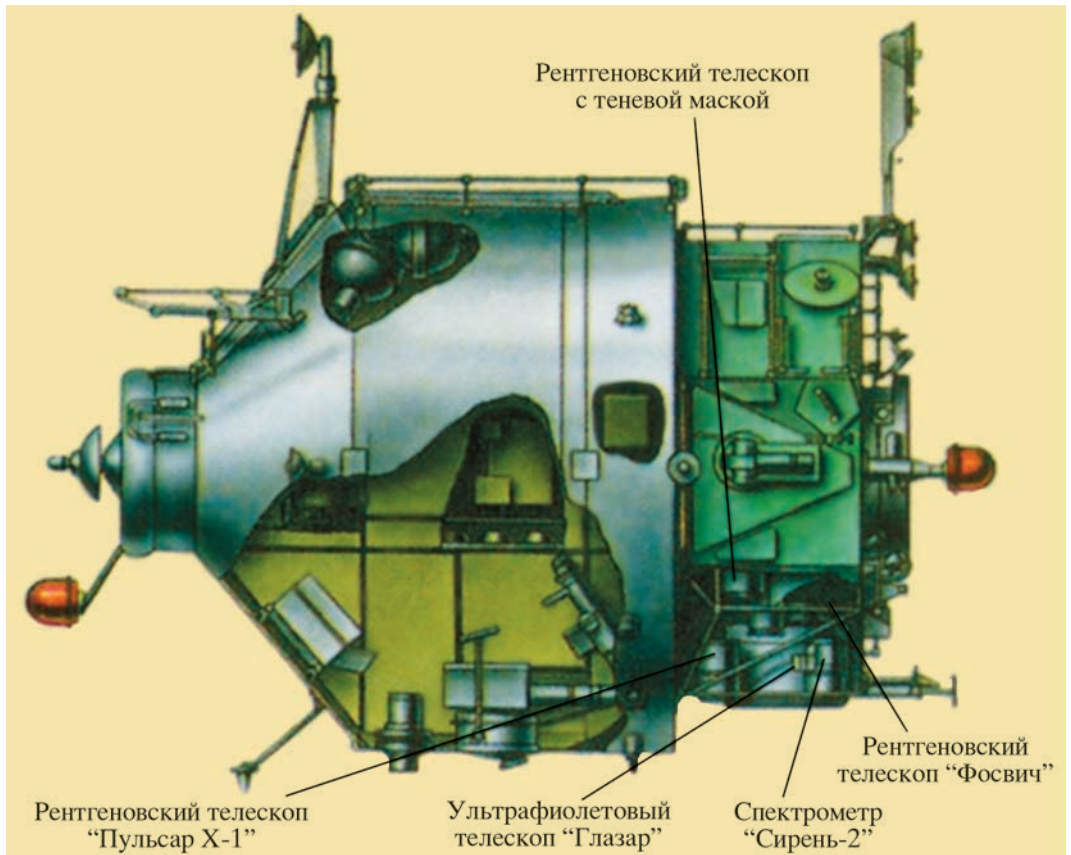
Большой комплекс наблюдений с помощью японской космической обсерватории "Тенма" ("Astro-B"; 1983–1985) позволил сравнить предсказания модели излучения аккреционных дисков вокруг компактных объектов (Н.И. Шакура, Р.А. Сюняев; 1973) и показать очень хорошее согласие с экспериментальными результатами. Модель излучения аккреционных дисков позволяла оценить размер их внутренних радиусов, что в свою очередь давало возможность оценить размер компактного источника (черной дыры, нейтронной звезды), вокруг которого сформировался аккреционный диск. Этот метод оценки параметров компактных объектов претерпел некоторые изменения в связи с учетом различных эффектов переноса излучения, но до сих пор широко используется в рентгеновской астрономии.

В жестком рентгеновском диапазоне энергий (выше 10–20 кэВ) чрезвычайно важным оказывается влияние скорости счета заряженных частиц в детекторе. Поэтому для надежного измерения потока даже самых ярких объектов рентгеновского неба (например, излучения двойной системы с черной дырой Лебедь X-1) необходимо очень точно контролировать вклад фоновой скорости сче-

та частиц в полную скорость счета детектора. Чтобы решить эту проблему в инструментах жесткого рентгеновского диапазона, был предложен метод качающегося коллиматора: измерение потока от источника систематически чередуется с измерениями потока с пустых площадок рядом с ним. В ходе экспериментов, проведенных на стратостатах в конце 1970-х гг., измерены спектры источников разных классов и обнаружено несколько особенностей в спектрах, давших важную диагностику физических параметров вещества вблизи нейтронных звезд и черных дыр.

В 1976 г. при наблюдениях со стратостатов с помощью рентгеновских спектрометров жесткого рентгеновского диапазона в спектре излучения нейтронной звезды в двойной системе Геркулес X-1 (Her X-1) ученые обнаружили эмиссионные особенности. Их практически сразу же интерпретировали как проявление циклотронного поглощения – поглощения рентгеновского излучения электронами при переходе между квантовыми уровнями Ландау в сильном магнитном поле. Этот эффект предсказали Н.А. Гнедин и Р.А. Сюняев в 1974 г., незадолго до его обнаружения. Открытие линий циклотронного поглощения впер-





*Размещение рентгеновских телескопов в обсерватории "Рентген" на модуле "Квант-1" пилотируемой станции "Мир". Рисунок ИКИ АН СССР.*

вые позволило напрямую измерить напряженность магнитного поля вблизи поверхности нейтронных звезд – около  $10^{12}$  Гс.

Наблюдения излучения черных дыр в жестком рентгеновском диапазоне энергий долгое время не давали ответа на вопрос: какой физический механизм

ответственен за его формирование? Первые эксперименты на стратостатах показывали простой степенной спектр (степенная зависимость плотности потока фотонов от их энергии) на энергиях 10–50 кэВ, что не позволяло сделать надежные выводы о механизме возникновения этого излучения. Высказывались предположения о том, что излучение в жестком рентгеновском диапазоне должно, скорее всего, рождаться не в оптически толстой среде, а в очень горячей разреженной плаз-

ме в непосредственной близости к компактно-му объекту. Собственно жесткое рентгеновское излучение в рамках этой модели должно было формироваться в результате рассеяния затравочных фотонов на горячих электронах во внутренней области компактного объекта. В таком случае в спектре излучения аккрецирующих черных дыр должен наблюдаться экспоненциальный завал на энергии, соответствующий температуре горячих электронов внутренней области. Только в конце 1970-х гг. удалось

надежно обнаружить и объяснить эту особенность в спектре излучения источника Лебедь X-1, что позволило диагностировать физические параметры плазмы вблизи черных дыр.

Следующее существенное увеличение чувствительности измерений, в особенности картографирование неба на энергиях 20–200 кэВ, стало возможным лишь после появления позиционно чувствительных детекторов этого энергетического диапазона.

#### РЕНТГЕНОВСКИЕ НОВЫЕ

При длительных наблюдениях рентгеновских источников обнаружили их новые важные свойства. Уже данные “Ухуру” показали, что источники в области галактической плоскости и галактического балджа (источники, расположенные в нашей Галактике) иногда сильно меняют светимость и характеристики своего рентгеновского излучения.

Это стало предвестником открытия рентгеновских Новых, представляющих собой объекты, излучение которых в спокойном состоянии на много порядков слабее, чем во время вспышек. Измерения рентгеновской светимости в “выключенном” состоянии обсерваториями последнего поколения (“Чандра”, “ХММ-Ньютон”) показывают, что в это время светимость этого класса

объектов не превышает  $10^{32}$ – $10^{33}$  эрг/с, в то время как во время вспышек их светимость может достигать  $10^{38}$  эрг/с и выше.

Изучение феномена рентгеновских Новых показало, что их вспышки, по всей видимости, связаны с нестационарной аккрецией в двойной системе. В “выключенном” состоянии темп аккреции (течение вещества) через диск очень мал. Постепенное накопление вещества аккреционного диска приводит к его “переключению” в “активное” состояние, при котором темп аккреции достигает  $10^{-8} M_{\odot}$  в год и наблюдается мощная вспышка излучения. После выпадения в результате аккреции большей части накопленного вещества из диска источник излучения опять может перейти в “выключенное” состояние и фактически исчезнуть с рентгеновского неба.

Оказалось, что среди рентгеновских Новых большую часть составляют двойные системы с черными дырами. Интерес к изучению таких объектов в значительной степени обусловлен их большой яркостью, что позволяет проводить измерения характеристик излучения черных дыр с точностью, невозможной для других источников.

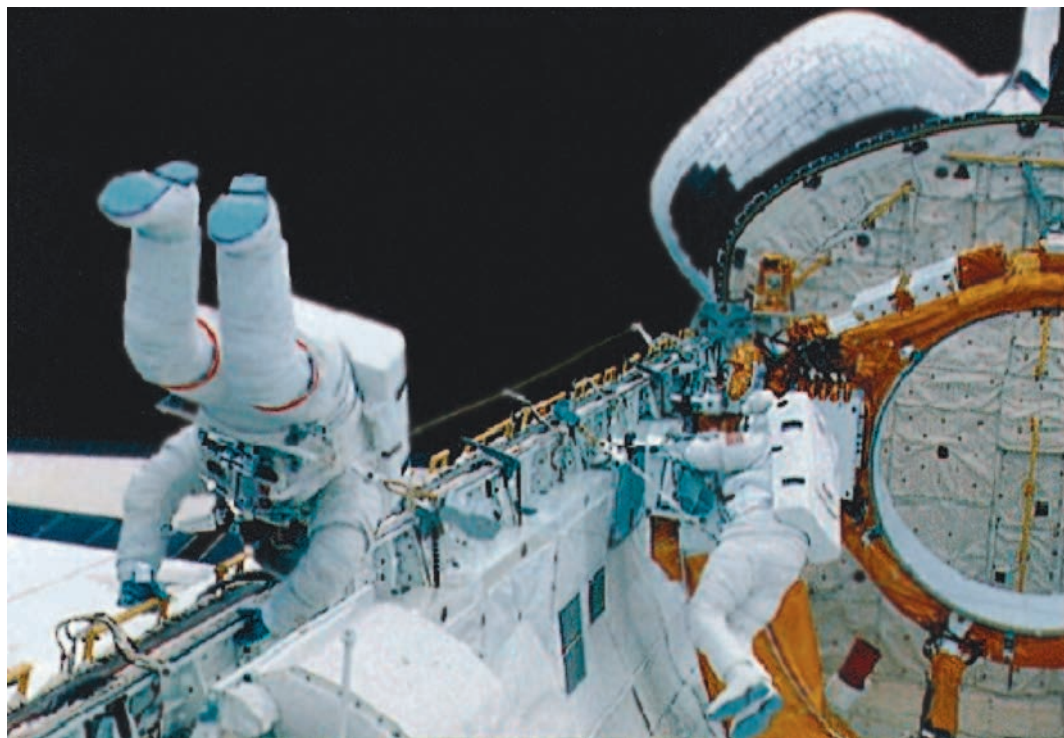
Одной из наиболее ярких вспышек рентгеновских Новых за всю историю рентгеновской астрономии стала вспыш-

ка в созвездии Единорога в 1975 г. Она была открыта ИСЗ “Ариэль-5” и получила обозначение A0620–00. Ее яркость в пике блеска в несколько десятков раз превышала яркость Крабовидной туманности (источник рентгеновского неба, часто используемый как некий стандарт яркости). Изучение этого события привело к всплеску интереса к рентгеновским Новым.

#### РЕНТГЕНОВСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ПИЛОТИРУЕМЫХ АППАРАТАХ

Рентгеновские исследования на космических аппаратах в 1970-х гг. были существенно ограничены возможностями записи и передачи информации на Землю. Проблемы возникали из-за низкой надежности записывающей и передающей аппаратуры, автоматики; пропускная способность телеметрического канала также была невысокой. Дополнительной возможностью обеспечить организацию астрофизических экспериментов и доставку результатов наблюдений на Землю стало проведение астрофизических наблюдений космонавтами.

Одним из первых опытов астрономических экспериментов на пилотируемых космических аппаратах стали обсерватории ультрафиолетового диапазона “Орион-1”



*Астронавты работают с рентгеновским спектрометром диффузного излучения DXS в грузовом отсеке КК "Индевор" (STS-54). Снимок сделан 17 января 1993 г. Фото NASA.*

(орбитальная станция "Салют", июнь 1971 г.), "Орион-2" (КК "Союз-13", декабрь 1973 г.) и рентгеновский телескоп РТ-2 ("Салют", июнь 1971 г.). В апреле 1972 г. в ходе экспедиции КК "Аполлон-16" с поверхности Луны астронавтами были сделаны фотографии ряда объектов в ультрафиолетовом диапазоне. В 1973 г. проводились наблюдения Солнца ультрафиолетовыми и первыми рентгеновскими телескопами на американской орби-

тальной станции "Скайлэб".

Астрофизические наблюдения в рентгеновском диапазоне на пилотируемых аппаратах продолжились в 1975 г. на станции "Салют-4" с помощью телескопов РТ-4 и "Филин". Телескоп РТ-4, усовершенствованный по сравнению с РТ-1 ("Луноход-1") и РТ-2 ("Салют"), представлял собой параболический концентратор мягких рентгеновских фотонов с энергией около 0,25 кэВ и пропорциональный газовый счетчик в качестве детектора. Одной из главных задач этого инструмента было обнаружение и измерение мягкого рентгеновского излучения близких звезд, ко-

торое не удалось обнаружить в эксперименте S150 на американской орбитальной станции "Скайлэб" (1973–1974). Аналогичный по параметрам и задачам телескоп был установлен на голландско-американской космической обсерватории "ANS" (1974–1976), и благодаря более длительным наблюдениям удалось зафиксировать рентгеновское излучение близких звезд.

Спектрометр "Филин" представлял собой более стандартный рентгеновский прибор (коллимированный газовый счетчик), работавший в диапазоне 0,2–10 кэВ. Несмотря на значительную эффективную площадь детекторов спек-

тросметра “Филин” (около 450 см<sup>2</sup>), с его помощью был получен очень небольшой комплекс результатов (в частности, данные о рентгеновской Новой 1975 г. в созвездии Единорога A0620-00), в основном из-за крайне ограниченного числа сеансов наблюдений. Астрофизическая программа рентгеновского диапазона была продолжена на орбитальной станции “Салют-7” с помощью телескопа РТ-4М и газового сцинтилляционного пропорционального счетчика “Сирень” (Франция).

Во время работы на пилотируемых станциях возникли существенные сложности в использовании инструментов рентгеновского диапазона. Среди них – ограниченность сеансов наблюдений при необходимости привлекать для работы с инструментами космонавтов, поглощение мягкого рентгеновского излучения в микроатмосфере вокруг орбитальной станции, оседание вещества микроатмосферы на холодные части рентгеновских инструментов. Кроме того, динамические механические нагрузки на станцию ограничивают параметры системы автономного наведения и стабилизации аппаратуры.

Увеличение надежности работы аппаратуры, усовершенствование регистрирующей техники и пропускной способности телеметрического кана-

ла спутников постепенно привели к отказу от реализации масштабных астрофизических проектов на базе пилотируемых космических кораблей.

Основным направлением использования пилотируемых кораблей для рентгеновской астрономии стали тестовые наблюдения инструментами, изготовленными с использованием новых технологий.

Так, например, в ноябре – декабре 1983 г. на КК “Колумбия” (“STS-9”) в рамках программы “Спейслэб-1” был испытан новый тип газового пропорционального счетчика, использующего принцип сцинтилляции (что позволяло в два раза повысить энергетическое разрешение прибора).

В декабре 1990 г. в ходе экспедиции космического челнока “Колумбия” (“STS-35”) впервые испытали спектрометр широкого рентгеновского диапазона BBXRT (0,3–13 кэВ), изготовленный на основе охлаждаемого кремния Si(Li). Концентратором рентгеновских лучей для спектрометра стала зеркальная система на тонких фольгах, ставшая после этих успешных испытаний основной для телескопов японских космических обсерваторий “ASCA” (1993–2000) и “Suzaku” (“Astro-E2”, 2005; Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 103–104).

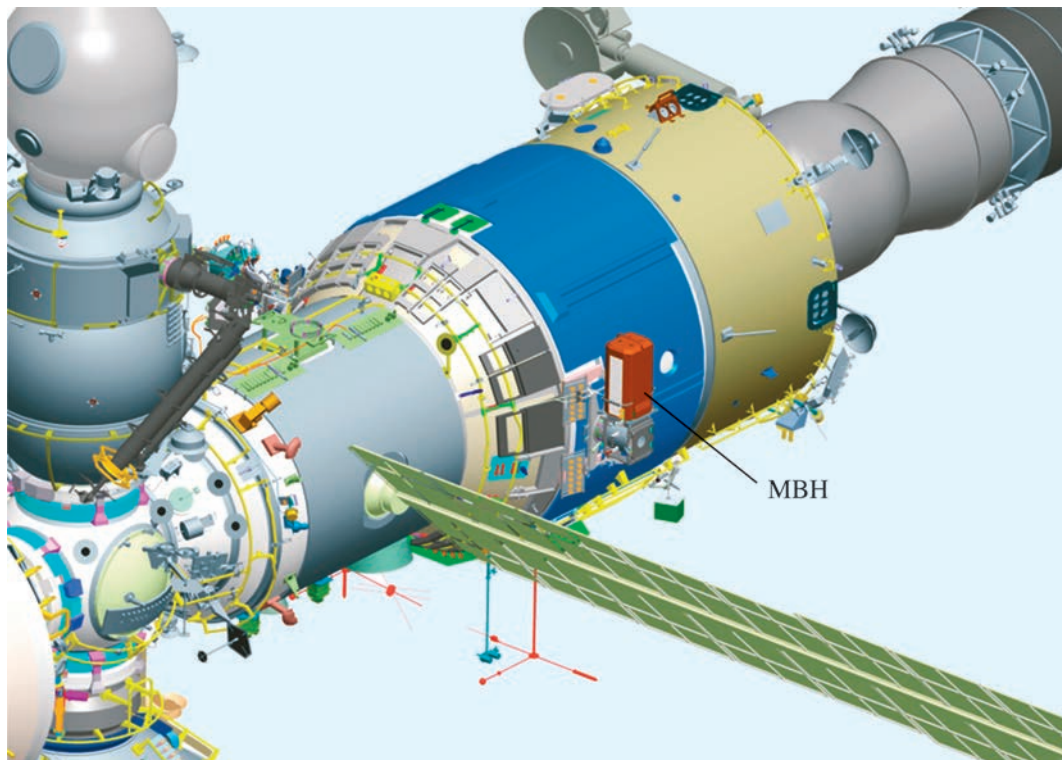
В январе 1993 г. с борта космического челнока “Индевор” (“STS-54”) были проведены измерения космического рентгеновского фона в диапазоне энергий 0,15–0,28 кэВ с помощью берегового спектрометра DXS.

Самым успешным современным опытом работы астрофизической обсерватории рентгеновского диапазона на пилотируемой станции стала обсерватория “Рентген” (1987–2001) на модуле “Квант-1” орбитальной станции “Мир” (Земля и Вселенная, 2000, № 6).

В настоящее время на модуле “Кибо” Международной космической станции работает японский монитор всего неба MAXI. С его помощью проводится систематическое сканирование неба в рентгеновских лучах.

Планируется, что в 2015–2016 гг. на российском сегменте МКС будет установлен еще один астрофизический прибор – рентгеновский спектрометр MBN (монитор всего неба; изготавливается в ИКИ РАН). Он должен измерить с высокой точностью спектр космического рентгеновского фона в энергетическом диапазоне 6–70 кэВ. Основой прибора являются четыре термостабилизированных рентгеновских детектора на полупроводниковых кристаллах теллурида кадмия (CdTe). Основное





*Планируемое размещение прибора MBN на российском сегменте Международной космической станции. Рисунок РКК "Энергия".*

преимущество MBN – система модуляции апертуры рентгеновских детекторов, позволяющая с высокой точностью учесть вклад счета заряженных частиц.

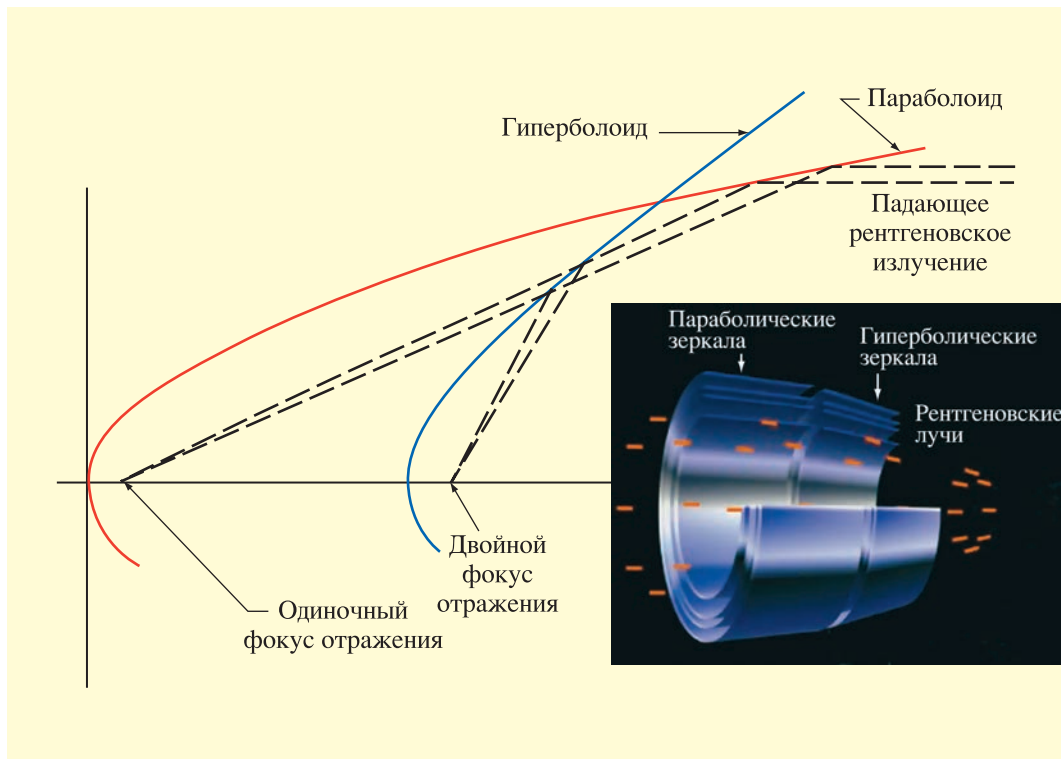
#### РЕНТГЕНОВСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ КОСОГО ПАДЕНИЯ

Обнаружение на небе протяженных источников рентгеновского излучения поставило вопрос об угловом разрешении

следующего поколения инструментов. Прогресс в этом направлении позволил бы также значительно увеличить чувствительность приборов.

Предел чувствительности большинства рентгеновских инструментов определяется шумами детекторов, среди которых важнейшую роль играет скорость счета "фоновых" событий, обусловленных не регистрацией рентгеновских фотонов, а прохождением через детектор заряженных частиц (либо первичных космических лучей, либо вторичных частиц, возникающих после взаимодействия космических лучей высоких энергий с

космическим аппаратом). Рентгеновские счетчики, снабженные коллиматорами (ограничивающими их поля зрения), собирают полезный сигнал (рентгеновские фотоны) с общей площади детектора и считают заряженные частицы. Но если научиться фокусировать рентгеновские фотоны так же, как оптические или инфракрасные, в небольшом пятно в фокальной плоскости инструмента, можно получить очень большой выигрыш. Влияние фоновой скорости счета становится малым, потому что настоящие рентгеновские фотоны будут собираться в очень небольшой части



фокального детектора, в которой скорость счета заряженных частиц может быть в сотни и тысячи раз меньше, чем во всем детекторе.

Идея телескопов, способных строить изображения в рентгеновских лучах, была предложена Р. Джиакони в 1960 г. Однако прошло около 20 лет, прежде чем эту идею реализовали на космической обсерватории "НЕАО-2" им. Эйнштейна (США). Основная проблема связана с тем, что фокусировка рентгеновских фотонов требовала новых технологий. Рентгеновские лучи нельзя отразить обычным способом (на большие углы),

но это становится возможным, если углы их падения на хорошо отполированную поверхность очень малы (менее  $1^\circ$ ). В таком случае плоскопараллельный пучок рентгеновских фотонов можно сконцентрировать в фокальной плоскости. Таким образом, рентгеновский телескоп должен представлять собой систему вложенных конусов или параболоидов и гиперboloидов, внутренние поверхности которых отполированы с точностью до нескольких ангстрем, а сама форма трубы-зеркала выдержана с точностью до нескольких микрон. Впервые такая технология была

*Принципиальная схема рентгеновского телескопа "косо́го падения". Плоскопараллельный пучок фотонов от космических источников фокусируется из-за двойного отражения в системе зеркал (во врезке – рисунок расположения зеркал).*

применена в солнечном рентгеновском телескопе S-054 (диапазон энергий 0,2–5 кэВ), который работал в 1973–1974 гг. на орбитальной станции "Скайлэб". Первой астрофизической рентгеновской обсерваторией с телескопом косо́го падения на борту стала космическая обсерватория "НЕАО-2" (1978–1980).

Космическая обсерватория “НЕАО-2” им. Эйнштейна (США; 1978–1980) с первым в мире рентгеновским телескопом косо́го падения. Качество изображения в области энергий 0,5–4 кэВ не превзойдено до запуска в 1999 г. обсерватории “Чандра”. Рисунок NASA.

---



Результаты работы обсерватории “НЕАО-2” сильно расширили границы рентгеновской астрономии. Чувствительность выросла в тысячу раз по сравнению с инструментами обсерватории “Ухуру”. Обнаружено рентгеновское излучение разнообразных объектов: от полярных областей Юпитера и обычных звезд всех типов до остатков вспышек сверхновых, белых карликов и горячего газа в эллиптических галактиках. Исследования нейтронных звезд и черных дыр в двойных систе-

мах, с которых началась рентгеновская астрономия, стали возможными во всей нашей Галактике, а также в других галактиках. Были получены удивительные по качеству изображения центральной области галактики Туманность Андромеды.

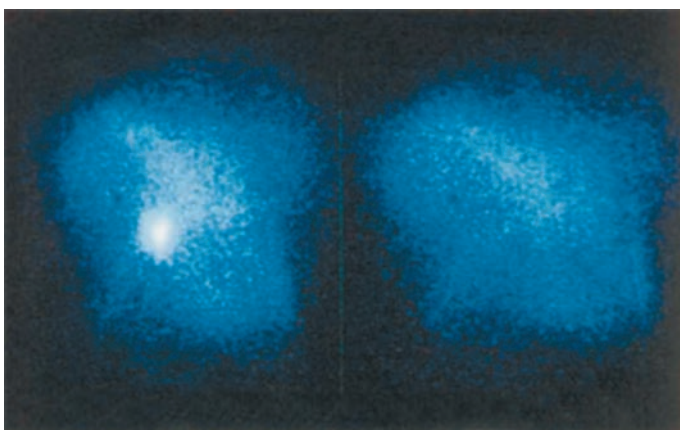
Огромный прорыв произошел в понимании природы космического рентгеновского фона, обнаруженного еще при первых ракетных экс-

периментах. Высококачественные измерения спектра, проведенные в 1977–1979 гг. обсерваторией “НЕАО-1”, показывали, что он может быть хорошо описан моделью тормозного излучения горячих электронов с температурой около 40 кэВ. Означает ли это, что вся Вселенная заполнена горячей разреженной плазмой?

Ответ на этот вопрос получен с помощью глубоких (длительных) на-

---

Крбовидная туманность. В ее центре – усредненные за разные периоды яркости нейтронной звезды – пульсара. Присутствие яркого пятна (пульсара) в центре левого изображения и его отсутствие на правом связано с импульсным характером излучения нейтронной звезды из-за ее собственного вращения с периодом приблизительно 0,033 с. Снимки получены в марте и сентябре 1979 г. космической обсерваторией “НЕАО-2”. Фото NASA.



блюдений обсерваторией "НЕАО-2". Установлено, что при увеличении чувствительности наблюдений поверхностная плотность обнаруживаемых источников все время растет. При этом суммарный поток излучения источников, обнаруженных на пределе чувствительности, достигнутой обсерваторией "НЕАО-2", позволял объяснить уже около 40% всей поверхностной яркости космического рентгеновского фона при энергиях 1–2 кэВ. Кроме того, было ясно: следует ожидать, что существуют рентгеновские источники с еще более слабыми потоками и, следовательно, еще больше отдельных объектов можно будет зарегистрировать. В настоящее время можно утверждать, согласно данным космической обсерватории "Чандра", что более 80% космическо-

го рентгеновского фона Вселенной создается суммарным вкладом отдельных источников, в основном – сверхмассивных черных дыр в ядрах далеких галактик. Обнаружение огромного количества таких источников позволило открыть направление в астрофизике – исследование космологической эволюции черных дыр.

С технической точки зрения возможности зеркальной системы "НЕАО-2" превосходили возможности фокальных приборов. Ширина пятна, в которое зеркальная система фокусировала фотоны, составляла 80–100 мкм (что соответствовало угловому размеру на небе 5–6"), в то время как газовые пропорциональные счетчики ИРС с максимальной эффективностью регистрации фотонов давали пространственное раз-

решение около 1 мм, что соответствовало примерно 1'. Таким образом, максимальное количество фотонов от источника можно было получить с помощью детекторов ИРС, в то время как для достижения максимального пространственного разрешения использовались детекторы на основе микроканальных пластин HRI, имеющих на порядок меньшую эффективность, чем детекторы ИРС. Лишь дальнейшее развитие детекторных технологий в 1980–1990-х гг. после запусков космических обсерваторий с промежуточными характеристиками "ROSAT" (1990–1999) и "ASCA" (1993–2000) позволило полностью согласовать возможности фокусирующей оптики и регистрирующей аппаратуры.

*(Окончание в следующем номере.)*



## Переменные звезды: куда мы идем и чем может помочь любитель астрономии

Н.Н. САМУСЬ,  
доктор физико-математических наук  
Институт астрономии РАН и ГАИШ МГУ

---

ЧТО ТАКОЕ ПЕРЕМЕННАЯ  
ЗВЕЗДА?

Переменные звезды – традиционная, классическая область астрофизических исследований. Речь идет о звездах, блеск которых меняется настолько, что это изменение можно обнаружить. Общепринятого строгого определения переменной звезды не существует. К сожалению, исторически так сложилось, что астрономы не выработали даже соглашения о том, какого минимального изменения блеска достаточно, чтобы объявить звезду переменной.

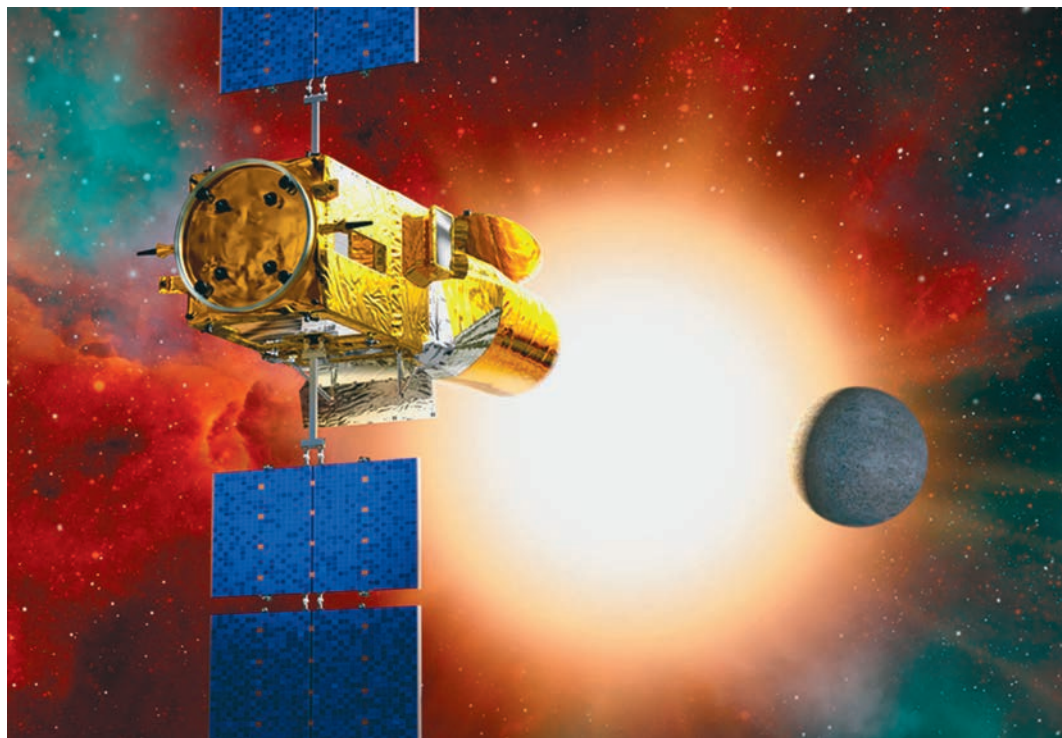
Техника наблюдений все время совершенствуется. Если на рубеже XIX и XX вв. звезда, блеск которой, выражаемый в звездных величинах, меняется на 0,1, считалась постоянной без всяких оговорок, то к на-



шему времени, в особенности при наблюдениях с борта космических аппаратов, вполне можно обнаружить изменения блеска в несколько тысячных звездной величины. Рекордом на сегодня, пожалуй, является обнаружение изменений блеска на 0,0001<sup>m</sup>. Речь, правда, идет о звезде, переменность которой около 0,02<sup>m</sup> была уже известна. Это звезда V376 Пегаса, одна из первых

звезд, у которой были зафиксированы ослабления блеска при прохождении планеты-гиганта по диску звезды. Заметить такой эффект могут даже любители астрономии, имеющие телескоп с ПЗС-фотометром. А вот эффект ослабления блеска на 0,0001<sup>m</sup>, возникающий, когда практически полностью освещенный диск планеты заходит за звезду, смогли измерить только с помощью французской космической обсерватории “Коро” (“Corot”, запущена 27 декабря 2006 г.; Земля и Вселенная, 2007, № 5, с. 61; 2012, № 6).

Если у звезды выявлена и исследована переменность, мы можем больше узнать о ней. Так, звездные пульсации могут рассказать о недрах звезды, затмения звездами друг друга – о размерах, формах, светимостях компонен-



тов звездной пары. Среди наиболее детально изученных звезд, вызывающих наибольший интерес у астрофизиков, известные переменные звезды, пожалуй, составляют большинство.

#### КАТАЛОГИ И СПИСКИ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

В 1946 г. Международный астрономический союз поручил советским астрономам составлять и публиковать Общий каталог переменных звезд (ОКПЗ). В него включают звезды нашей Галактики (по старой традиции, кроме звезд шаровых скоплений), переменность которых надежно установлена, а информации

достаточно, чтобы отнести звезду к одному из типов существующей, довольно детальной классификации звездной переменности или чтобы сказать, что звезда в систему классификации не укладывается (возможно, со временем она станет прототипом нового типа переменности). Этот проект в СССР начали П.П. Паренаго (1906–1960; Земля и Вселенная, 1976, № 5), Б.В. Кукаркин (1909–1977; Земля и Вселенная, 2009, № 6) и их сотрудники. В сегодняшней России работу продолжают специалисты из ИНАСАН и ГАИШ МГУ. К 2014 г. в ОКПЗ входит 47 811 звезд. Заметим, что строгие правила

*Французская космическая обсерватория "Коро" исследует малые колебания блеска звезд. Она обнаружила 23 экзопланеты. Рисунок ESA.*

включения звезд в Каталог не позволяют немедленно включить в него только что обнаруженные и еще не слишком изученные объекты. Кроме того, около 15 тыс. звезд входят в составленный тем же коллективом Каталог звезд, заподозренных в переменности блеска. Другая научная группа, в Канаде, составляет каталог переменных звезд в шаровых звездных скоплениях нашей Галактики. Сколько сей-



*Член-корреспондент  
АН СССР П.П. Паренаго.*

час в нем звезд, сказать трудно (из-за текущего пересмотра лишь часть каталога доступна пользователям), но их число, вероятно, приближается к 10 тыс. Стремительно возрастает количество переменных звезд, обнаруженных в других галактиках.

Самый обширный список переменных звезд сейчас предоставляет Международный реестр переменных звезд, составляемый Американской ассоциацией наблюдателей переменных звезд. По состоянию на 3 января 2014 г. в реестр входило 284 650 звезд. В основном это переменные звезды Галактики, в том числе звезды шаровых скоплений, но есть и внегалактические переменные, есть даже случаи (к счастью, немногочисленные), когда одна звезда внесена в реестр не-

сколько раз из-за ошибок в координатах. С 1946 г. количество известных человечеству переменных звезд увеличилось раз в 30.

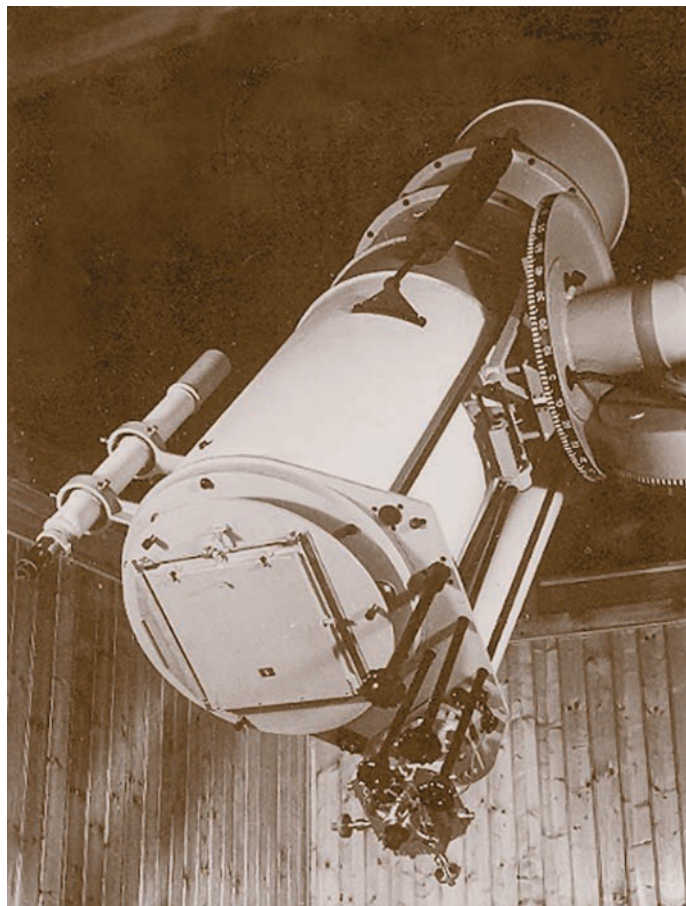
СКОЛЬКО ИХ НА СВЕТЕ?

Сколько всего переменных звезд можно открыть? Сначала ограничимся теми из них, блеск которых изменяется не менее чем на две-три сотые доли звездной величины. Опыт показывает, что при такой точности измерений, характерной для массовых наблюдений с ПЗС-фотометром, удастся выявить переменность у одной звезды из 80–100. Если теперь вспомнить, что самый большой звездный каталог, в который занесены как постоянные, так и переменные звезды, – каталог В1.0 Военно-морской обсерватории США – содержит около миллиарда звезд, получается, что в обозримом будущем не составит труда довести число известных переменных звезд до десяти миллионов! Выходит, мы знаем менее трех процентов переменных звезд. Это число даже меньше доли барионной массы во Вселенной! Мы очень далеки от полноты знаний о переменных звездах.

Почти целое столетие, календарный двадцатый век, охватила эра фотографической астрономии с использованием фото-

графических пластинок (реже – фотопленок). На многих обсерваториях накоплены богатые коллекции прямых (не спектральных) фотографий ночного звездного неба. Самая богатая из них находится в США, в Гарвардской обсерватории (Кембридж, штат Массачусетс). Там хранится около полумиллиона фотопластинок, экспонированных как в США, так и в других местах земного шара, в том числе в Южном полушарии. Богатые коллекции, также содержащие сотни тысяч снимков, накопили Зоннебергская (Германия) и Одесская (Украина) обсерватории. Десятки тысяч пластинок насчитывает московская коллекция, хранящаяся в ГАИШ МГУ. Эти пластинки были получены в Москве, Подмосковье и ряде других мест. Но самая ценная часть московской фототеки – 22,5 тыс. снимков неба, полученных 40-см астрографом, в основном в Крыму (поселок Научный). У этого телескопа интересная история. Он был изготовлен для Зоннебергской обсерватории и установлен там в середине 1930-х гг. В 1945 г., вместе с другими инструментами, он был отобран Б.В. Кукаркиным для перевозки в СССР в качестве военных репараций, так как наши обсерватории очень сильно пострадали в войну. В 1956 г. астро-





40-см астрограф Зоннебергской обсерватории и Крымской лаборатории ГАИШ МГУ.

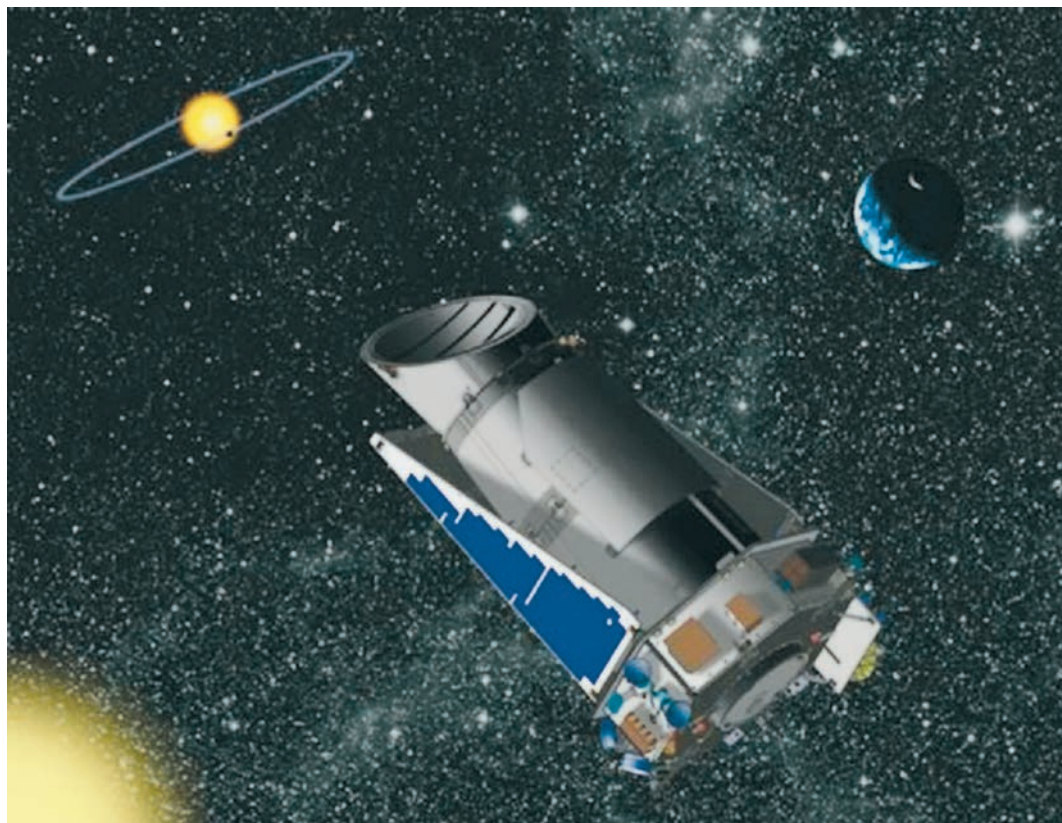
ное и эффективное программное обеспечение. Неожиданно оказалось, что, несмотря на сравнительно невысокую точность фотографической фотометрии, в каждом из исследованных полей, где было уже известно немало переменных звезд, удается отыскать множество новых объектов, меняющих блеск. Так, в поле, в центре которого находится звезда 66 Змееносца, С.В. Антипин, Д.М. Колесникова, Л.А. Сат и их соавторы нашли и изучили 500 новых переменных звезд. Сейчас близка к завершению подобная работа в более богатом звездами поле в Млечном Пути, в центре которого расположена яркая звезда  $\beta$  Кассиопеи. Здесь найдено свыше 900 новых переменных звезд. Среди них преобладают затменные системы, но попадают цефеиды и звезды других типов. Встречается больше, чем ожидалось, пульсирующих переменных звезд с очень короткими периодами (типа  $\delta$  Щита), но с не слишком малыми амплитудами изменений блеска. Их сейчас выделяют в особый тип HADS (High-Amplitude Delta Scuti – звезды типа  $\delta$  Щита с большой амплитудой). Итак, даже на-

граф, после нескольких попыток наладить его работу в разных местах, стал первым телескопом Крымской станции ГАИШ МГУ в поселке Научном, на территории, прилегающей к Крымской астрофизической обсерватории. Применялись пластинки большого размера ( $30 \times 30$  см), на которых получалось изображение звезд до  $17,5^m$  на поле  $10 \times 10^\circ$ .

В последние десятилетия многие обсерватории начали сканировать свои фотопластинки, что-

бы, переводя фототеки в цифровую форму, обеспечить надежное хранение архива, а также возможность пользоваться им с применением программного обеспечения, ранее разработанного для задач ПЗС-фотометрии. Такая работа проводится и в Москве. Параллельно со сканированием полученный цифровой материал применяется для поиска и исследования переменных звезд. К.В. Соколовский и его соавторы разработали очень удоб-





*Космическая обсерватория "Кеплер" (США) на околоземной орбите. Рисунок NASA.*

---

земные фотографические наблюдения далеко не исчерпали свои возможности с точки зрения открытия и исследования новых переменных звезд.

Посмотрим теперь на возможности космических экспериментов. В 2013 г. завершила работу американская космическая обсерватория "Кеплер" (2009–2013; Земля

и Вселенная, 2009, № 4, с. 44–45; 2011, № 6) с 95-см телескопом-рефлектором на борту. Он постоянно следил примерно за 150 тыс. звезд в поле на границе созвездий Лебедя, Лиры и Цефея. Основная задача миссии – поиск экзопланет, обнаружено 715 новых экзопланет в системах 305 звезд. Можно было открывать переменные звезды, меняющие блеск на несколько тысячных звездной величины. Пока опубликована лишь предварительная статистика открытий переменных звезд с помощью обсерватории "Кеплер".

Из всех звезд программы почти две трети оказались переменными! В свою очередь, без малого две трети из обнаруженных переменных звезд периодически изменяли блеск и лишь у трети переменных звезд период выражен плохо или отсутствует. Если считать потенциально переменными две трети звезд и исходить, как и прежде, из числа звезд, входящих в каталог V1.0 Военно-морской обсерватории США (около миллиарда), мы можем ожидать открытия нескольких сотен миллионов переменных звезд по всему небу!

Оказавшись перед таким потенциалом возможных открытий, хорошо бы сначала подумать, зачем нам нужно знать столько переменных звезд и как мы будем систематизировать сведения о них.

Во-первых, звезды по-прежнему сохраняют свою роль как опорные объекты, по которым, можно, например, сориентировать в пространстве космический аппарат. Для навигации, в общем-то, все равно, меняет звезда свой блеск на несколько сотых звездной величины или нет, но вот если амплитуда переменности составляет несколько звездных величин, мы рискуем не найти свою опорную звезду. Б.В. Кукаркин еще в 1940-е гг. полагал, что известны практически все яркие (в максимуме блеска) звезды типа Миры Кита – красные гиганты, очень сильно меняющие свой блеск с периодами от нескольких месяцев до нескольких лет, но теперь мы убедились, что дело обстоит не столь хорошо. Мирид оказалось немало среди недостаточно изученных переменных звезд, при открытии которых сообщалось об изменениях блеска на одну-две звездные величины (в то время как звезды типа Миры могут иметь в оптическом диапазоне



*Профессор Б.В. Кукаркин.*

размах изменений блеска от максимума к минимуму от двух с половиной до восьми-девяти звездных величин). Интересно, что ряд существующих алгоритмов поиска переменных звезд пасует перед случаями, когда звезда слишком слаба на большинстве имеющихся изображений и видна лишь изредка. Возможны случаи, когда мирида в максимуме блеска случайно попадает в звездный каталог без всякого упоминания непостоянства блеска. Так случилось и с самой первой звездой этого типа, Мирой Кита: в знаменитый атлас И. Байера она попала с обозначением о Кита, при том что составитель атласа о ее переменности не догадывался (Земля и Вселенная, 2007, № 4).

Во-вторых, некоторые переменные звезды сохраняют свое значение как маяки известной,

причем высокой, светимости при определении космических расстояний. Так, количество излучаемой цефеидами энергии довольно четко связано с периодом изменения блеска, благодаря чему они до сих пор не потеряли своего значения для перекидывания мостика от внутригалактических к внегалактическим расстояниям. А дальше шкала расстояний оказывается привязанной к сверхновым звездам, опять-таки принадлежащим к классу переменных звезд.

В-третьих, затменные переменные звезды при условии, что они хорошо исследованы фотометрически и спектрально, позволяют наиболее точно определить свой размер, массу, светимость, предоставляя в распоряжение астрофизиков очень нужную информацию.

Наконец, в-четвертых, сами изменения блеска, их периодичность или отсутствие периодичности, несколько одновременно существующих периодов позволяют понять процессы, происходящие на звездах. Физические условия, приводящие к изменениям блеска, весьма разнообразны: это и пульсации, и вспышки, и вращение звезд, покрытых пятнами, и экранирование околосредой, и многое другое. Соответственно, количество известных типов переменных звезд уже дав-



*Карта созвездия Кита из Атласа "Уранометрия" И. Байера. 1603 г. В центре созвездия находится переменная Мира Кита (указана стрелкой), состоящая из красного гиганта (Мира А) и белого карлика (Мира В).*

но перевалило за сотню. Не все объекты укладываются в существующую классификацию, и именно тут начинается самое интересное. Среди уникальных переменных звезд, то есть таких, которые классифицировать в рамках существующей системы не удастся, наверняка прячется информация о еще не понятых нами физических

процессах в звездном мире. Именно массовые исследования переменных звезд позволяют выявлять несовершенство классификационной схемы, отождествлять прототипы будущих новых классов переменных звезд, выявлять неполноту наших знаний о звездной физике. Вспомним, что В.В. Маяковский в стихотворении "Поэзия" писал: "Изводишь единого слова ради тысячи тонн словесной руды". Точно так же нужно изучить тысячи переменных звезд, чтобы обнаружить такой удивительный объект, который потом станут исследовать десятки астрономов

разных стран, получая новое важное знание.

Традиционные каталоги переменных звезд вряд ли будут актуальны долго. Их существование оправдано прежде всего как источник информации не только о самом факте изменений блеска, но и о его характере. Когда счет переменных звезд пойдет на миллионы, большинство звезд каталога неизбежно останутся неклассифицированными, периоды изменений блеска будут известны лишь для малой доли звезд. В мире нет такой команды экспертов, которая окажется в состоянии просмотреть и осмыслить всю





*Последнее, четвертое, издание Общего каталога переменных звезд, опубликованное в пяти томах в 1985–1995 гг. и Нового каталога звезд, заподозренных в переменности блеска (1982). Теперь каталоги поддерживаются в электронной форме.*

---

имеющуюся информацию. Есть надежда, что удастся создать эффективные алгоритмы классификации переменных звезд по фотометрическим данным. Пока же количество ошибок при автоматической классификации остается неприемлемо большим. Да и давно известно, что в сложных случаях одной фотометрии для отнесения переменной звезды к тому или иному типу мало, нужна информация о спектре звезды, ассоциированном с ней рентгеновском источнике, оптических и инфракрасных показателях цвета...

Но ведь информация, рассыпанная по текущей научной периодике, может быть упущена из виду исследователями! Начнутся повторные открытия одних и тех же объектов, разноразличными в классификационных схемах, ошибочные суждения относительно возможности использовать

звезду в качестве фотометрического стандарта и прочие проблемы. Что делать? Я не стану утверждать, что мне известен четкий ответ на этот вопрос. Как представляется, в будущем данные о характере переменности звезды, пределах изменения блеска в различных диапазонах длин волн, выявленных периодичностях должны войти как часть информации в универсальные каталоги или базы данных, посвященные звездам вообще, без изначального разделения на постоянные и переменные. В команды составителей таких каталогов и баз данных следует включать специалистов по звездной фотометрической переменности.

ЧТО МОГУТ ЛЮБИТЕЛИ?

Боюсь, что из сказанного может возникнуть впечатление, что времена, когда любители аст-

рономии приносили реальную пользу науке, изучая переменные звезды, ушли в прошлое. Это не так. Небо едино для всех, у профессиональных астрономов на все звезды сил не хватает, а квалифицированным астрономам-любителям сейчас доступны и достаточно совершенная аппаратура, и огромный массив уже накопленных, но еще не осмысленных результатов измерений блеска звезд в ходе автоматических обзоров неба с ПЗС-приемниками излучения.

Даже человеческий глаз в качестве приемника излучения не исчерпал своих возможностей. Португальский любитель астрономии А. Перейра использует для своих наблюдений бинокль. Он сумел выучить, как выглядят звездные поля, которые он регулярно разглядывал в бинокль. А ведь в этих полях было около миллиона звезд!



*Российский астроном-любитель А. Самохвалов инспектирует небольшой автоматизированный телескоп с ПЗС-фотометром на Северном Кавказе. Фото автора.*

Этот труд дал свои плоды. Замечая неожиданные изменения в звездных конфигурациях, Перейра первым открыл вспышки нескольких Новых звезд, среди них – самая яркая за последние годы Новая Орла 1999 (V1494 Aql).

Российский астроном-любитель А. Самохвалов живет и работает в Сургуте. Он входит в группу любителей астрономии, один из которых, Б. Сатовский, установил недалеко от башни 6-м телескопа БТА на Северном Кавказе небольшой автоматизированный телескоп. Инструмент оборудован ПЗС-фотометром, создана возможность удаленного доступа к оборудованию и дистанционного проведения наблюдений. Поздними вечерами после работы А. Самохвалов проводит наблюдения звездных площадок по заранее составленному плану. Ему удалось открыть и исследовать многие десятки переменных звезд, среди которых уже выявлены довольно неожиданные объекты. Сейчас Андрей думает о защите кандидатской диссертации по астрономии. Астроном-



любитель И. Сергей (Белоруссия) тоже открывает переменные звезды по результатам своих ПЗС-наблюдений. Но еще больших результатов ему удалось достичь при поиске фотометрических данных переменных звезд в архивах Интернета. Такую работу по-английски называют “data mining”, это выражение, наверное, можно перевести словами “раскопки в данных”. А. Хрулов из Тулы – музыкант и преподаватель музыки. Он достиг таких успехов в открытии переменных

звезд методами “data mining” и в их исследовании, что сменил профессию. В Тульском государственном университете он получил диплом физика, а сейчас проходит обучение в аспирантуре по астрофизике в ИНАСАН. Его любимые объекты – пульсирующие звезды с несколькими периодами изменения блеска.

источники данных

Так где же эти данные, в которых можно “проводить раскопки”? Расскажу только о тех из них,

которые наиболее доступны любителям астрономии и предлагают большое количество наблюдений; список далеко не исчерпывающий.

Польский астроном Г. Пойманский организовал фотометрический обзор звездного неба с использованием небольших телескопов. Пока наиболее удачной частью его проекта стала программа ASAS-3, осуществлявшаяся с помощью двух установленных в Чили 20-см роботов-телескопов. Инициатор проекта опубликовал каталог обнаруженных в ходе его реализации переменных звезд. В каталоге около 50 тыс. объектов, примерно 30 тыс. из них ранее не были известны в качестве переменных звезд. Но главное, он предоставил открытый доступ ко всем наблюдениям, полученным примерно за десятилетие для 15 млн звезд (<http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=aasc>). Представленная фотометрия очень хорошо соответствует полосе V системы Джонсона. Поскольку телескопы довольно маленькие, а поле зрения у них широкое, близко расположенные звезды на изображениях сливаются, поэтому измеряли суммарный блеск таких бленд. Но для большинства полей, особенно расположенных не точно в полосе Млечного Пути, серьезных проблем

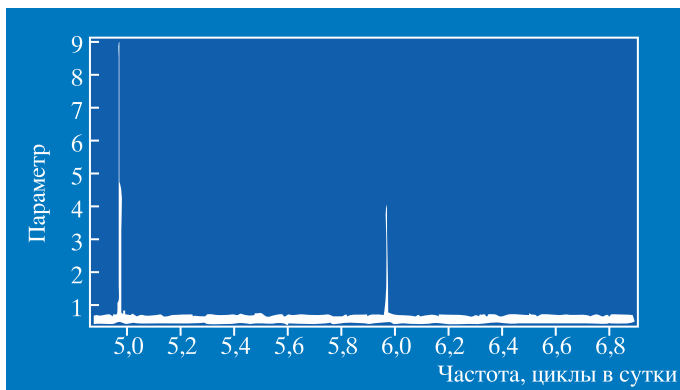
не возникает. В удачных случаях для звезд 8–13,5<sup>m</sup> в базе данных ASAS-3 можно найти от нескольких десятков до тысячи измерений. Среди этих звезд множество переменных, и большинство из них науке пока не известны (не нашел их и автор обзора). Остается внимательно ознакомиться с описанием файлов наблюдений, отбраковать помеченные некачественные измерения, научиться определять периоды переменности, строить кривые блеска. С этим справились очень многие любители астрономии.

Телескопы Г. Пойманского стоят в Чили (сейчас они начали работу и на Гавайских островах, но доступа к новым данным пока нет). Следовательно, наблюдались звезды южного неба, от Южного полюса примерно до склонения +27°. В Северном полушарии сходными характеристиками обладал обзор ROTSE-I/NSVS (<http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>), но наблюдения по времени охватывают менее года (в ASAS-3 – десятилетие), а звездные величины получены в системе ПЗС-фотометра без фильтра, что приблизительно соответствует полосе R. Покрытие по склонению – от Северного полюса примерно до склонения –38°. Несмотря на очевидные недостатки этого обзора по

сравнению с ASAS-3, любители астрономии используют его для открытия переменных звезд методами “data mining”.

Полученные на трех довольно больших телескопах Шмидта в течение семи лет данные о звездах 13–19<sup>m</sup> содержатся в обзоре Catalina ([http://nunuku.sacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb\\_release\\_img.cgi](http://nunuku.sacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb_release_img.cgi)). В нем уже не возникло серьезных проблем со сливающимися звездами, тем более что из обзора были исключены довольно широкие полосы неба, прилегающие к Млечному Пути. Фотометрическая система соответствует ПЗС-матрицам без фильтра, с чувствительностью, близкой к полосе R, однако величины калиброваны по звездам, измеренным в лучах V. По этой причине звездные величины обзора Catalina часто обозначают CV (то есть V-величины Catalina). Основной задачей обзора был поиск опасных астероидов, однако желающие могут воспользоваться им для исследования переменных звезд. Поскольку телескопы использовались не слишком маленькие, рабочий диапазон здесь другой – от 13<sup>m</sup> до 19<sup>m</sup>. Формат файлов получается немного более сложный, чем в случае обзоров ASAS-3 или ROTSE-I/NSVS, но и с ним без труда справляются любители астрономии.

Программа “Эффект” В.П. Горанского ищет период пульсирующей переменной звезды V337 Ориона. Более высокий пик соответствует периоду 0,20 сут. А. Хруслов обнаружил у звезды второй период пульсаций.



Еще сложнее формат данных, содержащихся в обзоре SuperWASP по поиску экзопланет (<http://wasp.cerit-sc.cz/form>), где использовались телескопы на Канарских островах и в ЮАР. Диапазон звездных величин и проблемы со сливающимися звездами примерно те же, что и в ASAS-3, зато количество наблюдений нередко очень велико.

#### КАК ОБРАБОТАТЬ НАБЛЮДЕНИЯ

Трудно дать подробную инструкцию о том, как отбирать переменные звезды в архивах данных, тем более что у каждого архива свои особенности. Многие любители астрономии придумывают свои способы повышения эффективности отбора кандидатов, пишут облегчающие работу компьютерные программы. Коротко расскажу том, что делать дальше, когда список кандидатов в новые переменные звезды, составленный вами, уже существует.

Сначала советую воспользоваться интерактивным атласом неба “Aladin” (<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>), найти в нем свои звезды, отождествить их с каким-нибудь хорошим каталогом (например, 2MASS), в результате чего вы будете знать точные небесные координаты найденных звезд и иметь представление о том, какой у них цвет. Это очень поможет разобраться с типом переменности. Между прочим, если звезда, на которую вы навели стрелку-курсор в атласе “Aladin”, есть в ОКПЗ, атлас вам это подскажет. Зная координаты, проверьте, нет ли звезды в базах данных ОКПЗ (<http://www.sai.msu.ru/gcvs/cgi-bin/search.htm>) и VSX (<http://www.aavso.org/vsx/>). Если окажется, что открытый вами объект — известная переменная звезда, не расстраивайтесь. Во-первых, вы действительно сумели отыскать переменную звезду, во-вторых, совсем не ис-

ключено, что по данным архивов обзоров неба вы сумеете получить о ней новую информацию, еще не известную науке.

Дальше следует разобратся, каковы характеристики переменной звезды, которую вы обнаружили. Очень полезно узнать, меняет ли она блеск периодическим образом, и если да — определить период. Поиск периода по наблюдениям, отягощенным, конечно же, ошибками, — дело непростое. Для решения этой задачи существует несколько очень удачных компьютерных программ, например PERANSO (<http://www.peranso.com/>). Это коммерческий продукт, за его систематическое использование придется заплатить. Российский астроном В.П. Горанский разработал весьма совершенную некоммерческую программу “Эффект”, которую можно найти в разделе “Программные продукты” (<http://vgoray.front.ru/goray-r.htm>), ее приме-

няют многие профессиональные исследователи переменных звезд. Затем надо определить тип переменности (<http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/iii/vartype.txt>).

Если вам удалось открыть и исследовать переменную звезду, то вы по праву считаетесь первооткрывателем, когда объявите о своем результате одним из возможных способов. Короткую заметку об открытии переменной звезды на русском или английском языках можно направить в электронный журнал “Астрономический циркуляр” ([http://comet.sai.msu.ru/~gmr/AC/index\\_r.html](http://comet.sai.msu.ru/~gmr/AC/index_r.html)).

Заметки об открытии и исследовании переменных звезд принимает электронный журнал “Переменные звезды”, основанный в 1928 г. Б.В. Кукаркиным. Инструкцию для авторов можно найти и на русском языке, по адресу: <http://www.astronet.ru/db/varstars/msg/1209798?lang=1>, однако заметки в раздел “Приложение” и статьи в основной журнал принимаются только на английском языке. Среди авторов – много отечественных и зарубежных любителей астрономии. Еще один англоязычный жур-

нал, популярный среди любителей астрономии, – “Открытый европейский журнал по переменным звездам” (<http://var.astro.cz/oejv/>).

Информацию о своем открытии можно также разместить в Международном реестре переменных звезд (<http://www.aavso.org/vsx/>). Это не будет считаться публикацией, и звезда, возможно, долго не попадет в ОКПЗ, однако права первооткрывателя вы при этом за собой закрепите.

Ясного вам неба, интересных открытий, хороших публикаций!

---

## Информация

---

### Космический мусор

В отчете Отдела NASA по слежению за искусственными космическими объектами (ODPO, Orbital Debris Program Office) сказано, что к 9 апреля 2014 г. число наблюдаемых средствами контроля рукотворных тел на околоземных орбитах достигло 16 683. В общей сложности вокруг Земли вращается около 300 тыс. объектов искусственного происхождения, среди них отслеживаемых – 3784 кос-

мических аппарата (функционирующие и не работающие) и 12 899 верхних ступеней ракет-носителей, разгонных блоков, отделившихся частей. На первом месте по загрязнению околоземного космического пространства находится Россия – 6170 объектов, из них 1437 – спутники, 4733 – ступени РН и различные фрагменты. Второе место у США – 5042 (1275; 3767), третье у Китая – 3746 (158; 3588), четвертое у Франции – 503 (58; 445), пятое у Японии – 211 (130; 81), шестое у Индии – 176 (56; 120), седьмое у ESA – 94 (47; 47). Остальным странам принадлежит 741 отслеживаемый объект (623; 118). За первые три месяца 2014 г. на околоземной орбите не зафиксировано ни

одного инцидента (взрывы ступеней носителей, столкновения космических аппаратов), с борта МКС запущено 28 микроспутников.

Специалисты отметили увеличение опасности столкновения космического мусора с действующими ИСЗ, особенно с МКС. Крупные космические аппараты или опасные материалы (ядерные, токсичные) представляют прямую угрозу для Земли при их неконтролируемом сходе с орбиты. Проблема засорения околоземного космического пространства космическим мусором, возникающая сразу после запусков первых спутников, становится все более актуальной.

Пресс-релиз NASA,  
16 апреля 2014 г.



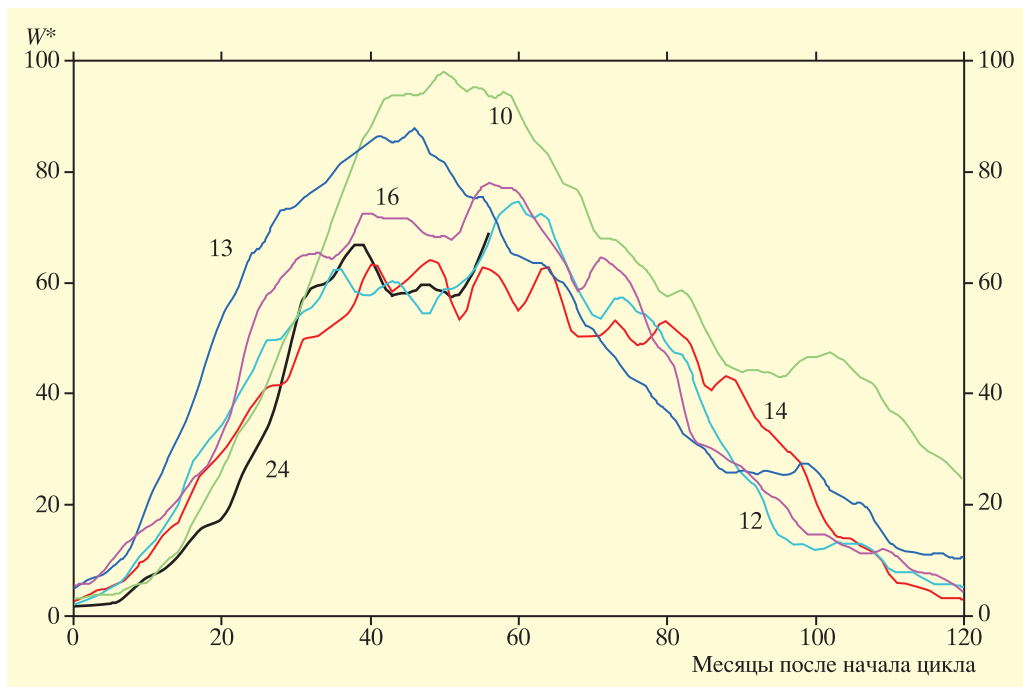
**Солнце в феврале – марте 2014 г.**

Пятнообразовательная активность Солнца в данный период достигла максимальных значений в текущем 24-м цикле. Она менялась от высокого до среднего уровня, причем в течение не менее половины этого периода держалась на высоком уровне. На видимом диске Солнца было от 3 до 10 групп пятен. В по-

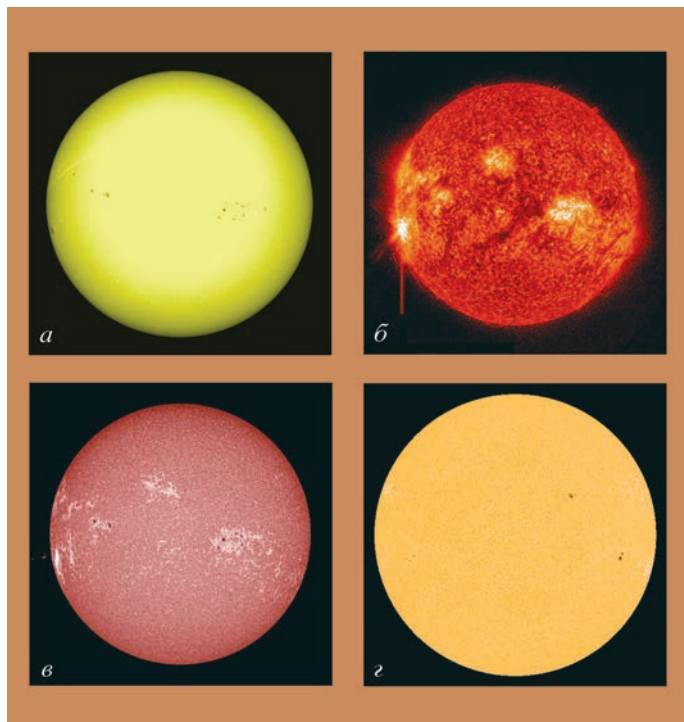
давляющем большинстве они были маленькими и спокойными, но возникали и очень большие по площади (более 1500 миллионов долей полусферы, м.д.п.), 3 крупных ( $Sp > 500$  м.д.п.) и 5 средней площади ( $300 < Sp < 500$  м.д.п.). Всего же из 50 групп солнечных пятен 34 появились в Южном полушарии, в том числе 1 крупная и 2 меньшие по размеру. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен

продолжает приближаться к максимуму текущего цикла и уже превысила значение первого пика (февраль 2012 г.). Вероятно, в ноябре 2014 г. будет второй пик. Среднемесячные значения чисел Вольфа –  $W_{\text{фев}} = 102,8$  и  $W_{\text{март}} = 92,2$ . Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен  $W^*$  в августе и сентябре 2013 г. составило 69,0 и 73,1 соответственно.

В первой половине **февраля** относительное число

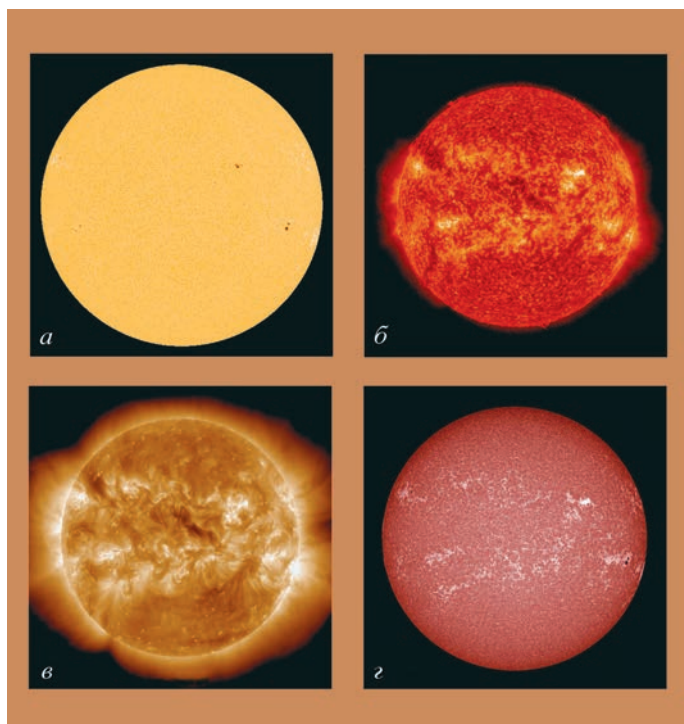


Ход развития (56 месяцев) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов.  $W^*$  – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.



Солнце 25 февраля 2014 г. во время третьей по мощности солнечной вспышки X4.9/2B, по данным солнечной космической обсерватории "SDO" (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>): а) фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4096 \text{ \AA}$ ); б, в) в линиях крайнего ультрафиолета He II ( $\lambda = 304 \text{ \AA}$ ) и Fe XII ( $\lambda = 193 \text{ \AA}$ ); г) в линии ультрафиолета ( $\lambda = 1700 \text{ \AA}$ ).

солнечных пятен держалось на высоком уровне, затем достаточно резко упало до среднего. Их минимальное значение отмечено 1 февраля ( $W = 66$ ), максимальное – 27 февраля ( $W = 154$ ). Вспышечная активность находилась на высоком уровне 4 и 25 февраля, вспышка 25 февраля балла X4.9/2B оказалась третьей по интенсивности мягкого рентгеновского излучения в 24-м цикле. Ее средний уровень отмечен 1, 2, 4–6, 9, 11–14, 16, 23, 24 и 26–28 февраля, в подавляющем большинстве вспышечные события среднего балла произошли в группах пятен Южного полушария. В остальные дни вспышечная активность оставалась на низком уровне.



Солнце 29 марта 2014 г. во время большой солнечной вспышки X1.0/2B: а) фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4096 \text{ \AA}$ ); б, в) в линиях крайнего ультрафиолета He II ( $\lambda = 304 \text{ \AA}$ ) и Fe XII ( $\lambda = 193 \text{ \AA}$ ); г) в линии ультрафиолета ( $\lambda = 1700 \text{ \AA}$ ). Снимки получены солнечной космической обсерваторией "SDO" (<http://www.spaceweather.com>).

не. Выбросы солнечных волокон (28 событий) наблюдались 1, 3–8, 10, 12, 13, 17–19, 21, 25 и 27 февраля. Коронографы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 223 корональных выброса вещества разной интенсивности, среди которых 3 были типа “гало”, 3 – типа “частичное гало III” (угол раствора  $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ) и 15 – типа “частичное гало II” (угол раствора  $90^{\circ}$ – $180^{\circ}$ ). Два малых солнечных протонных события и одно умеренное зарегистрированы в околоземном космическом пространстве 19, 20 и 25 февраля. Последнее связано с мощной солнечной вспышкой 25 февраля и длилось до 5 марта, вследствие этого значительно выросла геомагнитная активность: среднемесячный Ар-индекс вырос в два раза по сравнению с январем 2014 г. и составил 10,8. Три рекуррентные и две вновь образовавшиеся корональные дыры проходили по видимому диску Солнца, однако высокоскоростные потоки не вызвали в околоземном космическом пространстве значимых геомагнитных возмущений. На средних широтах Земли отмечена

одна большая (19–20 февраля), одна умеренная (27 февраля) и одна малая (8 февраля) магнитные бури, всего же 7 сут были с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечен 10, 13–15 и 21–23 февраля.

Наибольших значений относительное число солнечных пятен достигло в первую декаду **марта**. В остальную часть месяца пятнообразовательная активность держалась на среднем уровне, в отдельные дни поднималась до высокого. На видимом диске Солнца замечено от 3 до 10 групп солнечных пятен и лишь 2 из них были средней площади. Максимальное за сутки наблюдаемое число солнечных пятен отмечено **3 марта** ( $W = 115$ ), минимальное – 14 марта ( $W = 78$ ). Высокий уровень вспышечной активности отмечен 12 марта (вспышка балла M9.3/SB у западного лимба Солнца) и 29 марта (X1.0/2B). Последняя вспышка стала причиной малого солнечного протонного события в околоземном космическом пространстве. Вспышки средне-

го балла наблюдались 1–3, 5, 8–11, 20, 22, 28 и 30 марта. Выбросы солнечных волокон произошли 6, 7, 10 (2), 12, 13 (3), 14 (2), 16 (2), 17 (2), 20, 25, 27 и 28 марта. Коронографы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали более 219 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди них 1 был типа “гало”, 2 – типа “частичное гало III” (угол раствора  $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ) и 22 – типа “частичное гало II” (угол раствора  $90^{\circ}$ – $180^{\circ}$ ). В марте зарегистрированы 3 рекуррентные и 3 вновь образовавшиеся корональные дыры, но их геоэффективность оказалась незначительной. Всего же в марте в течение только одних суток было зарегистрировано возмущенное геомагнитное поле. На геостационарных орбитах поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ не наблюдался.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. ИШКОВ  
ИЗМИРАН*

## **Ефрем Павлович Левитан: ученый, педагог, писатель**

*(К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)*

12 июля 2014 г. Ефрему Павловичу Левитану исполнилось бы 80 лет. С 1964 г. до своего ухода из жизни он бесменно руководил коллективом редакции научно-популярного журнала Президиума РАН "Земля и Вселенная". Благодаря Ефрему Павловичу журнал стал интересным, увлекательным

и пользуется неизменным спросом не только среди ученых и специалистов, но и среди молодых энтузиастов астрономии в школах, вузах, астрономических кружках. Е.П. Левитан был общепризнанным специалистом в области школьного астрономического образования и одним из самых ярких популя-



*Е.П. Левитан. 2000 г.*



ризаторов астрономии в нашей стране.

В 1954 г. Ефрем Павлович, еще студентом, начал свою педагогическую деятельность в школе № 125 г. Москвы, где работал учителем физики и астрономии. В 1960–1970-х гг. он преподавал методику астрономии в Московском городском институте усовершенствования учителей. По книге Е.П. Левитана “Методика преподавания астрономии в средней школе” (Просвещение, 1965) более 25 лет обучались студенты ведущих педагогических институтов нашей страны и работали учителя. По инициативе Е.П. Левитана было организовано преподавание астрономии и в средних профессионально-технических училищах (СПТУ). Он написал оригинальный учебник “Астрономия” (Высшая школа, 1979, 1983, 1988), который в 2003 г. переиздали в виде пособия по самообразованию (“Краткая астрономия”), и книги “Преподавание астрономии в средних ПТУ” (Высшая школа, 1974, 1977) и “Основы обучения астрономии” (Высшая школа, 1987).

Е.П. Левитан был членом Совета по подготовке астрономических кадров (СПАК) при АН СССР (председатель – академик В.В. Соболев).

В 1949 г., еще до окончания средней школы (1951), Е.П. Левитан организовал астрономический кружок, ставший филиалом № 1 широко известного Астрономического кружка при Московском планетарии. Другой астрономический кружок Ефрем Павлович создал в 1950 г. в Пятигорске (этот кружок существовал несколько лет и надолго заинтересовал астрономией тех, кто в нем занимался). Руководить этими кружками старшекласснику, а затем студенту Е.П. Левитану помогли известные московские астрономы, преподаватели и популяризаторы науки М.Е. Набоков, В.А. Шишаков, Ф.Ю. Зигель, К.А. Порцевский. Во время действительной службы в Советской Армии он читал лекции по астрономии.

В 1955 г. Ефрем Павлович с отличием окончил физико-математический

факультет Московского городского педагогического института им. В.П. Потемкина, где был студентом у Б.А. Воронцова-Вельяминова и М.М. Дагаева; в 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию в МГПИ им. Ленина (научный руководитель – профессор Р.В. Куницкий), а в 1991 г. – докторскую по проблемам школьного астрономического образования в НИИ средств обучения и учебной книги АПН СССР, первую в нашей стране докторскую на эту тему. Е.П. Левитан до конца своих дней оставался ведущим российским специалистом в данной области.

Огромную роль сыграл Е.П. Левитан в развитии любительской астрономии. В 1960–1964 гг. он был штатным Ученым секретарем Центрального совета одной из самых авторитетных научных организаций – Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) при АН СССР и уделял особое внимание развитию учебно-методической работы.

На протяжении нескольких десятилетий деятельность Е.П. Левитана была связана с Московским планетарием, где он прошел путь от экскурсовода до ведущего лектора-методиста и члена Ученого совета Планетария. В работу по реконструкции Московского планетария он включился в самом ее начале и в качестве члена Ученого совета Московского планетария принимал участие в подготовке его долгожданного – после перерыва почти в 20 лет! – открытия 12 июня 2011 г. (Земля и Вселенная, 2012, № 1).

Работу в журнале Ефрем Павлович, талантливый журналист, постоянно совмещал с научно-педагогической и писательской деятельностью. Он автор множества научно-популярных книг по астрономии для детей и юношества. Общий список собственных публикаций Е.П. Левитана включает почти 700 наименований.

Учебник Е.П. Левитана “Астрономия-11” до сих пор используется в качестве основного в тех школах, где еще преподают астрономию, изъятую

из школьной программы по непрости- тельному недомыслию чиновников. Неоценимым вкладом в дело школьно- го преподавания и общего просвеще- ния стали его монографии “Дидактика астрономии”, “Вселенная школьника XXI века”, “Физика Вселенной”. Для младших школьников Е.П. Левитан на- писал 10 книжек по астрономии, вы- шедших в серии “Астрономия для ум- неньких детей”, а также книги-сказки: “Малышам о звездах и планетах”, три- логию по занимательной астрономии (“Алька в Солнечном королевстве”, “Как Алька с друзьями планеты счи- тал”, “Странствия Альки и гномов по Млечному Пути”), переизданную в виде книги “Сказочная Вселенная”, “Путе-

шествия по Вселенной”, “Звездные сказки”. Увидели свет его своеобраз- ные детские энциклопедии – “Астроно- мия от А до Я”, “Космонавтика от А до Я”, “Как открыли Вселенную”, “Занима- тельная физика”. Именно такие умные, увлекательные и доступные понима- нию ребенка книги Ефрема Павловича служат своего рода противоядием для детских умов в нашу эпоху подогревае- мого жаждой наживы распространения книжной макулатуры.

Великолепная левитановская педа- гогическая традиция в астрономии и физике не должна пропасть. Если, ко- нечно, мы хотим, чтобы у нас появи- лись “собственные Платоны и быстрые разумом Невтоны”.

---

## Информация

---

### Уникальный желтый гипергигант

Международная груп- па астрономов под руко- водством О. Шено (Фран- ция) с помощью телескопа VLTI (Very Large Telescope Interferometer – очень боль- шой телескоп-интерферо- метр) Европейской Южной обсерватории в Чили обна- ружила гигантскую звезду HR 5171A – одну из десяти крупнейших звезд в нашей Галактике, расположен- ную на расстоянии 12 тыс. св. лет от Земли (см. стр. 3

обложки). Несмотря на то что она находится на доста- точном удалении, ее мож- но увидеть невооруженным глазом в созвездии Центав- ра. Гипергигант HR 5171A (размер –  $650 R_{\odot}$ , масса –  $25 M_{\odot}$ ) – самый большой желтый сверхгигант, от- носящийся к чрезвычайно редкому классу. Он на 50% больше, чем красный сверх- гигант Бетельгейзе и почти в миллион раз ярче Солнца. HR 5171A оказался бинар- ной системой, состоящей из центральной звезды и спут- ника – звезды меньшего раз- мера с температурой фото- сферы около 5000 К, которая обращается вокруг гиперги- ганта с периодом 1300 сут, касаясь его поверхности.

Анализ данных за 60 лет наблюдений, показал, что эта звездная система нахо- дится в фазе быстрых из-

менений – она увеличивается в размерах и остывает. Желтые гипергиганты – это чрезвычайно редкие небес- ные объекты, находящиеся в самом конце эволюции. Во время этой фазы неве- роятно мощные процессы, протекающие в ядре звез- ды, перемещают огромные количества звездного веще- ства во внешние слои. Раз- дуваясь, звезда приобретает гигантские размеры. Одна из форм этой нестабильно- сти у желтых сверхгиган- тов проявляется в выбро- се больших масс вещества, образующих вокруг звезды протяженные атмосферы. Самый известный предста- витель этого класса звезд –  $\rho$  Кассиопеи.

Пресс-релиз ESO,  
12 марта 2014 г.

## **Борис Петрович Герасимович**

**(К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

В 2014 г. исполнилось 125 лет со дня рождения Бориса Петровича Герасимовича (1889–1937), одного из тех пионеров астрофизики XX в., кто понял необходимость дальнейшего углубления связей астрономии и новейшей физики и сам попытался использовать для объяснения космических объектов и процессов физику квантов, общую теорию относительности и неравновесную термодинамику. Он был активным защитником интересов отечественной науки и вместе с тем “западником”. Поставленный во главе крупнейшей российской, Пулковской обсерватории (1933), Герасимович стремился организовать ее работу по образцу знаменитой Гарвардской обсерватории (США), где сам проработал несколько своих наиболее плодотворных лет. В Гарварде он увидел редкий для Европы пример не музейного величия “замков Урании”, а эффективного, строго организованного – доведенного до уровня промышленного конвейера и фабрики – научного центра для добывания новых знаний в избранной области – спектроскопических исследований космических объектов. Отличительными чертами Гарварда, заданными еще его первым директором Э. Пиккерингом и сохранявшимися при Х. Шепли, были коллективный характер исследований, проводившихся его небольшим штатом сотрудников, их глубокая преданность делу и непререкаемый научный авторитет директора, а потому и

добровольно принятое единоначалие в руководстве обсерваторией.

Увы, в противовес устоявшейся уже традиции американской астрономии, в СССР – государстве и обществе, находившемся и в 1930-е гг. в состоянии послереволюционного бурления, этот опыт был почти обречен на неудачу. С открытием широкой аспирантуры



*Борис Петрович Герасимович. Художник Н.Г. Ломакин. 1950. Музей Пулковской обсерватории.*

Пулково все более захватывало новое поколение – умной, порой гениальной, но столь же напористой, зубастой в делах карьеры до циничности, анархистствующей в духе эпохи научной молодежи. Привыкшая при прежнем главе пулковской астрофизики А.А. Белопольском к бесконтрольной вольности, она встретила нового директора с его четкими и твердыми правилами жизни научного коллектива в штывы. В то же время из поколения уже состоявшихся ученых, в том числе московских, многие стремились войти и вошли в штат Пулкова, где при Б.П. Герасимовиче, как писал известный, тогда еще московский астрометрист М.С. Зверев (впоследствии пулковчанин), было так спокойно и хорошо работать в атмосфере четко налаженной деятельности крупного научного центра под руководством ученого мирового уровня.

Резким диссонансом ворвалось в эту атмосферу Пулкова поведение трех “бунтарей” – приближенного (до семейных отношений) ученика А.А. Белопольского, солнечника, вольнице которого пришел конец, и двух молодых астрофизиков-теоретиков, более сильных в этой области, чем новый директор-чужак, и не пожелавших подчиняться введенным им правилам дисциплины. Между тем сам директор высоко оценил их таланты и надеялся на сотрудничество, радовался их успехам и назвал одного из них даже своим протеже в переписке с западными коллегами. Но в ответ проявилось лишь желание... сместить нового руководителя (тогда еще Астрофизического отдела обсерватории) и занять его место. И так как это не получилось, началась беспардонная травля теперь уже вновь назначенного директора, вплоть до попыток срыва ученых советов хулиганскими выходками, что получило широкую известность в наших астрономических кругах... Главный организатор группы “бунтарей” прибег к становившемуся эффективным средству – доносам на директора с обвине-

ниями его в антисоветских, прозападных настроениях и действиях. Метод сработал. Пулково попало под общий каток репрессий конца 1930-х гг. (в отличие от спасенного в те же годы московского ГАИШ, из которого его руководитель академик В.Г. Фесенков вовремя изгнал подобных доносчиков. К счастью для ГАИШ, они, в отличие от пулковских “оппонентов” директора, не блистали научными талантами). Разгром Пулкова был полным. В котле репрессий оказались и двое из группы самих “бунтарей”. Их глава и организатор, однако, сумел уцелеть и даже публично отрекся от своих бывших друзей и единомышленников... Последним после арестов всей элиты Пулкова был арестован летом 1937 г. до конца защищавший своих коллег Б.П. Герасимович.

Только после трех десятилетий полного запрета в нашей печати имени Б.П. Герасимовича автору настоящей статьи удалось, в результате упорной борьбы, упомянуть (в 1967 г.) о его трагической гибели (без указания причины!). Первое сообщение о реальной судьбе директора Пулкова было опубликовано в виде краткого доклада автора в 1969 г. к 80-летию Б.П. Герасимовича (что вызвало благодарственное письмо от его вдовы О.М. Герасимович). И только к 100-летию ученого удалось опубликовать достаточно обширную статью о его жизни, деятельности и трагическом конце. Тогда же была начата подготовка монографии о нем. Работу задерживало немало препятствий и отвлекающих обстоятельств. Несколькими годами назад появился новый стимул к ее продолжению: в распоряжении автора оказалась ксерокопия обширной переписки Герасимовича с Шепли и другими коллегами из США, хранящейся в архивах Гарвардской обсерватории, – 86 писем. В них раскрывается судьба самого Б.П. Герасимовича, судьба отечественной астрономии в 20–30-е гг. XX в., а отчасти и самой нашей страны.





*Б.П. Герасимович и Э. Герцшпрунг в Кеймбридже (США). 1926 г.*

Монография находится в стадии завершения. В настоящей же юбилейной статье мы кратко напомним о жизни и главных научных заслугах ученого.

Борис Петрович Герасимович родился 19 (31) марта 1889 г. в Полтаве и был младшим из четырех детей Петра Ивановича Герасимовича (1849–1892), земского врача-хирурга (заведующий Полтавской губернской больницы), который имел чин надворного советника и получил в 1886 г. дворянство за заслуги. Он умер, когда Борису было три года.

В гимназические годы Борис Герасимович, захваченный революционными событиями в России, стал членом боевой группы партии социалистов-революционеров и был исключен из гимназии с “волчьим билетом” (1906). Проведя затем два года в Киевской тюрьме (1908–1909), он в 1909 г. сдал экстерном

экзамены за курс гимназии и в 1910 г. поступил на физико-математический факультет Харьковского университета, избрав в качестве специализации астрономию. С политикой было покончено. В дальнейшем Б.П. Герасимович оставался беспартийным.

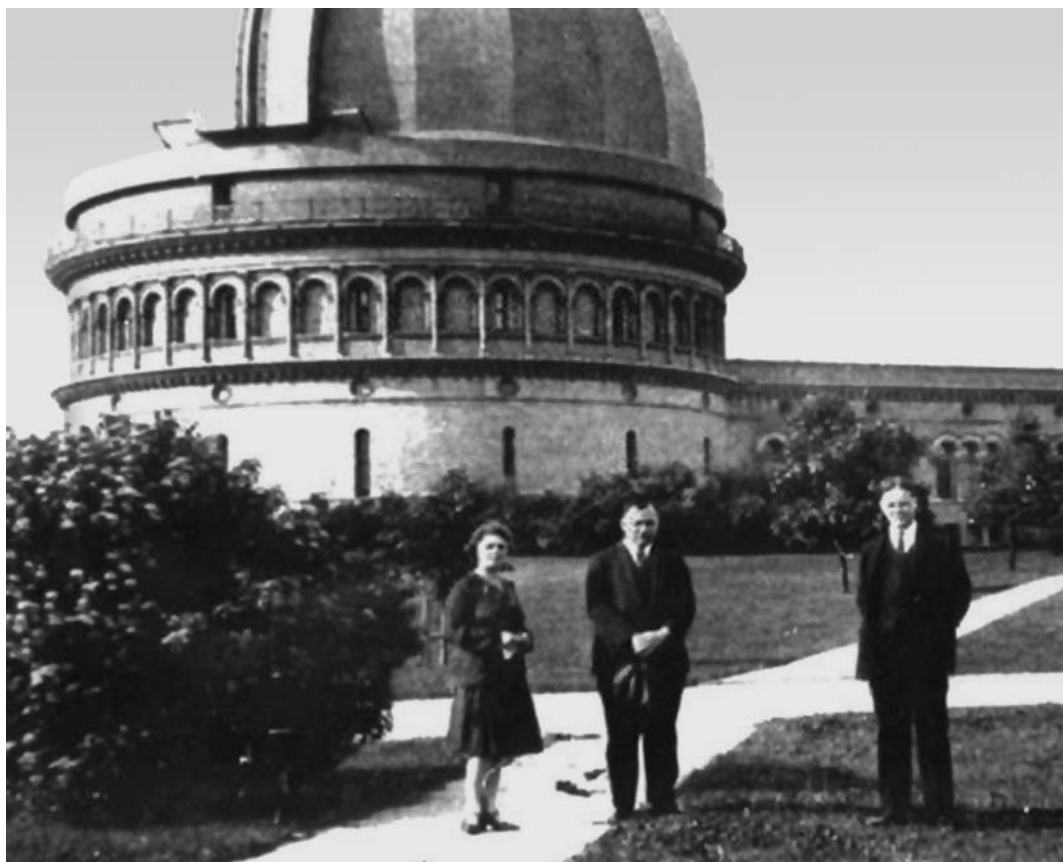
По отзыву его профессора в университете Л.О. Струве, Борис Герасимович был у него за четверть века “вторым лучшим студентом” (после его ровесника В.Г. Фесенкова, окончившего университет в 1911 г.). Позднее Б.П. Герасимович во многом определил жизненный путь последнего представителя этой знаменитой астрономической династии – американского астрофизика Отто Струве.

С 1917 г. Б.П. Герасимович – приват-доцент в Харьковском университете; с 1922 – профессор там же (заведующий секцией астрономии); с 1929 г. –

заведующий кафедрой теоретической механики. Он читал курсы астрономии, механики, аэродинамики (в 1925 г. опубликовал свой курс “Аэродинамика”), преподавал и в других вузах Харькова. Одновременно Герасимович был действительным членом Украинского математического института (1919–1931) и старшим астрономом Харьковской университетской обсерватории (1920–1933). Он занимал также многие общественные должности, вплоть до заместителя председателя секции науки Госплана УССР (1930). В Харькове Б.П. Герасимович женился на Ольге Михайловне Масловой (1898–1984), которая стала его верной помощницей и в

дальнейшем отчасти разделила трагическую судьбу мужа.

Начиная с 1924 г. Б.П. Герасимович – член ведущих международных и национальных астрономических обществ: немецкого *Astronomische Gesellschaft* (AG), выполнявшего до образования МАС роль международного; французского, американского и английского (Королевского). В 1924 г. он провел три месяца в научных командировках в Англии и во Франции, в 1926 г. выступил с докладом на съезде AG в Копенгагене. Здесь Б.П. Герасимович впервые встретился с выдающимся американским астрофизиком Х. Шепли, с которым состоял в переписке с 1919 г. и с



*Б.П. Герасимович с супругой и О. Струве на Йеркской обсерватории. 1928 г.*



Б.П. Герасимович. Харьков. 1931 г.

которым его на всю жизнь связали глубокая дружба и сотрудничество.

По приглашению Х. Шепли, тогда директора Гарвардской обсерватории, Герасимович с августа 1926 г. по август 1929 г. работал в этом знаменитом центре исследований переменных звезд и звездных спектров в качестве Research Associate (“приглашенного исследователя”). За это время он посетил и другие обсерватории США – Ликскую, Йеркскую, где директором позднее стал О. Струве. Его последняя поездка в США состоялась в 1932 г. Б.П. Герасимович успел понаблюдать почти на всех крупных европейских и на главных американских обсерваториях, снимая спектры наиболее интересных для него необычных физических переменных звезд и ядер планетарных туманностей, и проявил

себя тонким наблюдателем и проницательным интерпретатором. В Европе и США он работал в творческом контакте с крупнейшими астрофизиками мира и на личном опыте ощутил всю необходимость и плодотворность международных связей для астрономии.

После возвращения Герасимовича в 1929 г. в Харьков в его письмах в Гарвард отразились и невероятные трудности быта, и неожиданное сильное впечатление от начавшегося грандиозного строительства в стране. Там же шло обсуждение научных результатов и планов. О Крыме, который он считал “одним из лучших мест в Европе”, Герасимович писал Шепли: *“Я нанес визит в Симеиз и встречался с Д-ром Шайном, личность которого и преданность науке произвели на меня очень сильное впечатление. 40-дюймовый рефлектор и его спектрографическое оборудование превосходны. Шайн имеет программу [исследования] RV [пульсирующих физических переменных типа RV Тельца] около 200–300 звезд 6,0–6,5<sup>m</sup> никогда не наблюдавшихся спектрографически. Эта программа будет завершена в течение следующей зимы. Следующим летом в течение двух или трех месяцев инструмент будет в моих руках, и я планирую проделать некоторую работу с кварцевым спектрографом... Я работаю теперь над некоторыми теоретическими и статистическими проблемами...”*

Герасимович делится с Шепли своими мечтами и организационными проектами: *“...Это – видение большой и современной Обсерватории около Харькова. Мой проект одобрен Министерством Образования и Высшей Комиссией Планирования и должен быть рассмотрен Центральным правительством <...> Так или иначе, я настроен на успех этого предприятия и вижу постоянно растущие благоприятные шансы этого”.*

Но его надежды не оправдались. Осознав нереальность перспектив для астрономической деятельности в Харь-

кове, Б.П. Герасимович оказался на распутье. Неожиданно он получил приглашение в Пулково (где некогда проходил студенческую практику).

После потрясений и тягот Гражданской войны научный коллектив обсерватории в конце 1920-х гг. стал пополняться молодыми кадрами (ей было выделено целых 12 аспирантских мест!). Первыми аспирантами-астрофизиками были Е.Я. Перепёлкин, А.В. Марков, В.Ф. Газе, астрофизик-теоретик, выпускники ЛГУ В.А. Амбарцумян и Н.А. Козырев, а в 1930 г. геофизик и солнечник Д.И. Еропкин (ставший при А.А. Белопольском фактическим руководителем КИСО – Комиссии по исследованию Солнца).

В 1930 г. в Пулково начал насаждаться “новый порядок” – жесткая идеологизация науки и ее подчиненность партруководству. Первая “чистка” научных учреждений от “чуждых”

элементов (1929) лишила Пулковскую обсерваторию ее избранного директора – небесного механика А.А. Иванова (1867–1939). На его место в январе 1931 г. был поставлен партназначенец А.Д. Дрозд (как вспоминали позднее одесский астроном В.П. Цесевич и директор ГАИШ Д.Я. Мартынов, не только “полная бездарность”, но и производивший “впечатление чуть ли не маньяка”). Однако первый его шаг оказался вполне разумным – обновление научного руководства в Пулково. Весной 1931 г. Б.П. Герасимович занял должность заведующего Отделом астрофизики.

С появлением нового, явно “прозападного” руководителя главного, астрофизического отдела обсерватории в Пулкове повеял “ветер перемен” – в том числе и в сторону большей упорядоченности отношений, даже соблюдения определенной субординации.

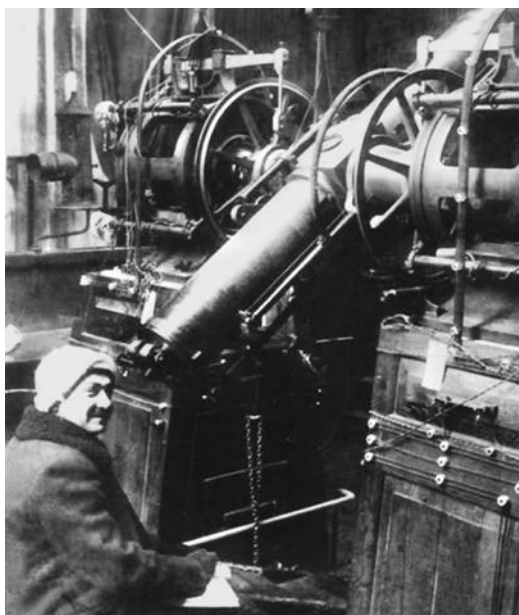


*В директорском кабинете. Пулково. 1933 г.*



Зрели новые планы. Вольностям и безответственности был положен конец. На Астрометрической конференции в 1932 г. Б.П. Герасимович и астрометрист Н.И. Днепровский выдвинули перспективный проект составления каталога слабых звезд как новой опоры в изучении строения Галактики. У Герасимовича-астрофизика были надежды на роль в Пулковке талантливых теоретиков из молодежи. Так, о своем возвращении из США через Германию и Голландию он писал Шепли (5 декабря 1932 г.): *“...В Потсдаме я встретил Профессора Милна. Милн полон восторга от Амбарцумяна – моего протеже. Его новая статья по теории планетарных туманностей (вскоре должна быть опубликована в M. N. [Monthly Notices]) чрезвычайно благоприятно прокомментирована Милном”*.

Но события развернулись совсем в ином направлении. Уже через год Б.П. Герасимович неожиданно был переведен директором в консультанты и



*Б.П. Герасимович у меридианного круга в Пулковке. Начало 1930-х гг.*

на его место назначен молодой В.А. Амбарцумян. В ответ на протест Герасимовича комиссия из Москвы восстановила справедливость. Взбалмошному директорству “залетного” Дрозда был положен конец, а Б.П. Герасимовича назначили директором Пулковской обсерватории. Но это стало и завязкой будущей пулковской трагедии... У Бориса Петровича появляется мстительный на всю жизнь противник.

На избрание Б.П. Герасимовича директором главной обсерватории страны тут же с восторгом откликнулся Х. Шепли, который по просьбе Герасимовича вскоре начал пополнять библиотеку Пулковки гарвардскими изданиями. Но и забот у Б.П. Герасимовича прибавилось. Он возглавил КИСО (сменив скончавшегося ее основателя академика А.А. Белопольского); заведовал астрономической группой Комиссии по освоению стратосферы, вошел в состав главного тогда координационного центра науки в стране – Физической группы при Президиуме АН СССР, сам принимал участие в наблюдениях. Пулково становилось притягательным центром для зарубежных астрономов. Последней заграничной командировкой Б.П. Герасимовича стало месячное пребывание в 1935 г. в Париже, где в связи с вступлением СССР в МАС он вместе с В.Г. Фесенковым и Г.А. Шайном принимал участие как член первой советской делегации в очередном съезде МАС. Герасимович был председателем московской конференции по переменным звездам (1936). Но первоочередной задачей для Б.П. Герасимовича с 1934 г. становится подготовка к полному солнечному затмению 19 июня 1936 г., полоса полной фазы которого проходила через всю нашу страну.

Наблюдение затмения 1936 г. прошло чрезвычайно успешно и было одобрено академией наук. Но плоды колоссальной организаторской деятельности Герасимовича (реально возглавившего работу по его подготовке, включая организацию целого ряда экс-



*Визит в Пулково С. Чандрасекара. Слева – Б.П. Герасимович. 1934 г.*

педиций с участием многих иностранцев) пожинали уже другие... В историю науки событие это вошло как “большое советское затмение”, приобретая смысл мрачного символа начавшейся эпохи массовых необоснованных политических репрессий по всей стране, захвативших и далекую от политики астрономию.

Тревожность обстановки зарубежных гости Герасимовича ощутили наиболее сильно в 1936 г., посетив Пулково перед затмением и имея возможность для более откровенных разговоров с директором во время самой экспедиции. Спасти своего коллегу и друга попытался Шепли. Но полученным от него приглашением (от 23 ноября 1936 г.) прочесть курс лекций в Гарвардском университете в феврале – июне 1937 г. Герасимовичу воспользоваться уже не позволили. Борис Петрович Герасимович был арестован

28 июня 1937 г. в Москве. После многих допросов “с пристрастием” в день вынесения приговора 30 ноября 1937 г. Б.П. Герасимовича расстреляли.

Возродить его память, оценить его научные результаты, значение и роль в развитии отечественной и даже мировой астрономии стало делом историков науки. Библиография научных работ Б.П. Герасимовича насчитывает свыше 170 названий. Среди них – монография “Физика Солнца”, учебные курсы или главы в коллективных учебниках (свыше 20 работ, включая знаменитый пулковский курс), работы по общим вопросам астрономии, а также ее истории. Немало написал Б.П. Герасимович и популярных книг, вплоть до астрономических сказок... Большая часть научных статей Б.П. Герасимовича была опубликована в ведущих европейских и американских научных жур-



*Б.П. Герасимович на солнечном затмении  
19 июня 1936 г. Ак-Булак, Казахстан.*

налах, а в России – в Циркулярах ГАО и журнале “Мироведение”.

Полям деятельности Герасимовича почти с самого начала стали наблюдательная и теоретическая астрофизика, а также звездная астрономия (звездная динамика и статистика). Главные объекты его исследований – самые разнообразные, особенно экзотические классы физических переменных звезд и диффузная, в основном газовая среда во всех ее проявлениях – в виде оболочек нестационарных горячих звезд, планетарных и вообще газовых эмиссионных туманностей, межзвездной среды и планетных атмосфер. В совместных исследованиях О. Струве и Б.П. Герасимович доказали существование межзвездных облаков Са и подтвердили по ним вращение Галактики. Но наиболее существенным вкладом Б.П. Герасимовича в астрономию стали расшифровка чрезвычайно сложных типов долгопериодических физических переменных звезд (богатая коллекция их спектров и кривых

блеска хранится в Гарварде) и уточнение их классификации. Особенно детально Б.П. Герасимович рассмотрел проблему цефеид, высказав глубокие идеи о внутренних процессах в таких звездах, механизме их переменности. Он показал, что в переменности не только блеска, но и спектра звезды отражаются важные этапы ее жизни и что исследование именно физических переменных звезд может раскрыть эволюцию самой Галактики. В 1936 г. Герасимович одним из первых предложил детальную классификацию новых звезд. В отечественной астрономии он был пионером исследования планетарных туманностей. Его младшим последователем стал Б.А. Воронцов-Вельяминов. Необычную природу их центральных ядер (как “белых карликов”) разгадал Д.Х. Мензел, но первые и более правильные оценки их сравнительно умеренных (а не гигантских, как думали, из-за их голубого цвета!) масс принадлежали Б.П. Герасимовичу.

Теоретическая астрофизика во времена Герасимовича была, по существу, на стадии стартовой площадки, с которой взлетали будущие теоретики-астрофизики и устремлявшиеся в астрономию крупнейшие теоретики-физики. Но времени для такого развития и взлета у самого Герасимовича не было...

Вторая половина его недолгой научной деятельности была посвящена исследованию структуры и динамики Галактики в целом с учетом нового важного фактора – окончательно доказанного в 1930 г. существования межзвездного поглощения света. Ему принадлежало уточнение расстояния Солнца от ее центра (около 30 тыс. св. лет против завышенного результата Шепли 50 тыс. св. лет). Раньше всех в отечественной астрономии Герасимович оценил роль в Галактике введенных Эддингтоном иррегулярных сил. В научных планах Пулкова он уделил особое внимание исследованию темных диффузных туманностей как существенного элемента в структуре Га-

лактики. Ближе к истине была и его “унитарная” теория Галактики как единой цельной звездной системы, тогда как в его время многие склонялись к представлению о ней в духе Шепли как о “Сверхгалактике” – совокупности самостоятельных звездных систем.

Какое же место занимает Борис Петрович Герасимович в истории отечественной науки, вернувшись в нее из небытия после десятилетий забвения? Быть может, особый трагизм не только раннего, но и насильственного ухода из жизни многих представителей нашей научной интеллигенции состоял в полном вытравливании их следов в нашей науке. Тем самым подрубались корни и засыпались ее истоки... Современный молодой астрофизик, знакомясь теперь с работами и идеями Герасимовича, может увидеть в них всего лишь незрелые попытки, ошибочные повороты и поиски, интересные разве что для историка...

Но это не так. Восстанавливая этот пласт истории, мы расчищаем истоки современной теоретической астрофизики и видим, что они уходят в значительной степени в работы Герасимовича начала 1920-х гг. Его роль – это роль одного из первопроходцев в наиболее сложных областях теоретической астрофизики и звездной астрономии. Наряду с этим Б.П. Герасимович был одним из тех представителей русской интеллигенции, которые не только словами, но и делом откликнулись на нужды родины. Вместе с тем они защищали идею всечеловечности науки и культуры, понимая, что контакты, обмен идеями и опытом, человеческие связи между людьми разных стран –

кислород для подлинного ученого и художника. Вот почему у Б.П. Герасимовича есть чему поучиться и сейчас, прислушиваясь к его размышлениям, мыслям, звучавшим со страниц журналов начала 30-х гг., сохранившимся в его переписке с Шепли. Они поражают своей актуальностью и в наши дни.

Что касается научного вклада Б.П. Герасимовича, то его четко охарактеризовал О. Струве в первой появившейся после гибели ученого статье о нем (1957): *“Герасимович работал над широким кругом проблем и обычно интересовался самыми последними теориями и гипотезами... Поскольку большинство проблем, которые он “штурмовал”, были в то время новыми, многие его результаты были превзойдены более поздними учеными, но его работы стимулировали исследования и часто становились отправными стартовыми точками для последующих работ”*. Струве оценил и его влияние на молодых ученых: *“...Герасимович ввел меня, астронома-наблюдателя, в удивительный мир теоретической интерпретации наблюдений... Он был вдохновляющим учителем, сформировавшимся на прочной почве прогрессивной культуры России...”* [там же].

В 125-ю годовщину ученого можно снова сказать, что и в наши дни, и всегда Б.П. Герасимович будет, помимо всего прочего, примером высокого человеческого достоинства, благородства и гражданского мужества.

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



## Николай Дмитриевич Моисеев

Профессор Н.Д. Моисеев – выдающийся математик, механик, астроном. Он прожил короткую, но яркую жизнь, и остался в истории как основатель Московской школы небесной механики.

Николай Дмитриевич Моисеев родился 16 (3) декабря 1902 г. в Перми. Его отец, Дмитрий Сергеевич, был капитаном парохода, затем фотографом. Мать, Лидия Павловна, вела домашнее хозяйство, она хорошо знала немецкую литературу и привила сыну любовь к ней. Коля свободно читал в подлинни-



---

*Профессор Н.Д. Моисеев.*

ке Шиллера, Гёте и других немецких авторов, даже в книгах с готическим шрифтом. После перенесенной в десятилетнем возрасте травмы колена мальчик страдал костным туберкулезом и всю жизнь вынужден был ходить на костылях. Это не помешало ему в 1919 г. окончить с отличием гимназию им. Циммермана. В том же году Николай поступил на физико-математический факультет Пермского университета, одновременно ему пришлось работать лаборантом, так как его отец к этому времени умер.

Научным руководителем Н.Д. Моисеева был профессор Сергей Владимирович Орлов (в 1923–1930 гг. – заместитель директора, в 1943–1952 – директор ГАИШ МГУ; Земля и Вселенная, 2006, № 6). После перехода в 1922 г. С.В. Орлова в Московский университет Николай Дмитриевич переводится на астрономическое отделение МГУ. Одновременно он работал в Государственном астрофизическом институте (ГАФИ) в должности младшего научного сотрудника. В 1924 г. он окончил МГУ и поступил в аспирантуру ГАФИ. Ранние работы Н.Д. Моисеева относятся к механической теории кометных форм, он вычислял силы и моменты извержения частиц из ядра комет, координаты центра конденсации частиц кометного хвоста, измеряя их по фотографиям. Однако его все более увлекают проблемы небесной механики и космогонии и в 1928 г. он переходит из отдела изучения комет в теоретический отдел ГАФИ в качест-

ве научного сотрудника и аспиранта. В 1929 г. он защитил кандидатскую диссертацию «О некоторых основных вопросах теории происхождения комет, метеоров и космической пыли».

Долгие годы Николай Дмитриевич руководил семинаром по небесной механике ГАИШ, который начал работать еще в 1925 г. в теоретическом отделе ГАФИ под руководством профессора В.А. Костицына. В различные годы этот семинар возглавляли профессора МГУ В.В. Степанов, С.А. Казаков, Г.Н. Дубошин, Е.П. Аксенов, доцент Л.Г. Лукьянов. Первое заседание семинара состоялось 12 ноября 1925 г. С того времени семинар продолжает работать в Отделе небесной механики ГАИШ. В настоящее время председатель Совета по небесной механике и руководитель семинара – доцент кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ Г.И. Ширмин. Недавно прошло 2555-е заседание этого семинара, на котором Г.И. Ширмин выступил с докладом «Космический вакуум в скоплениях галактик».

В 1935 г. Н.Д. Моисееву была присуждена докторская степень (без защиты, по совокупности работ) и присвоено звание профессора по кафедре астрономии МГУ. В результате преобразования ГАФИ и других астрономических организаций в Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ МГУ) в 1931 г. бывший теоретический отдел ГАФИ был реорганизован в Сектор космогонии и небесной механики. С 1937 г. его идейно и организационно возглавлял Николай Дмитриевич. В 1938 г. отдел переименовали в Сектор небесной механики ГАИШ МГУ.

С 1939 г. по 1943 г. Н.Д. Моисеев – директор ГАИШ. Когда началась Великая Отечественная война, он руководил эвакуацией научной аппаратуры из обсерватории на Красной Пресне в Свердловск. Это было в начале октября 1941 г., а уже 7 ноября 1941 г.



*Студент Николай Моисеев. 1920 г.*



*Н.Д. Моисеев читает лекцию в МГУ. 1930-е гг.*

Служба времени под руководством М.С. Зверева начала подачу сигналов точного времени по радио из Свердловска. За короткое время на новом месте были созданы Служба времени и Служба Солнца. Было организовано Особое вычислительное бюро под руководством С.Н. Блажко, в которое входила Наталья Федоровна Рейн, талантливая ученица Н.Д. Моисеева, в то время заместитель директора по научной части. В Бюро проводились специальные вычислительные работы для штурманской службы ВВС и Морского Флота. В годы войны кафедра не только не прерывала научную работу, но и разрабатывала специальные темы по особым заданиям.

Большая заслуга Николая Дмитриевича – сохранение института в тяжелое военное время и мобилизация коллектива ГАИШ на выполнение важнейших

задач оборонного значения. За выдающиеся успехи в работе его наградили Орденом Ленина, двумя орденами Красной Звезды, орденом Отечественной войны 2-й степени и четырьмя медалями.

В 1938 г. благодаря стараниям Н.Д. Моисеева на механико-математическом отделении МГУ наряду с пятью другими астрономическими кафедрами была образована кафедра небесной механики. Он оставался ее бессменным заведующим до своей кончины.

Замечательный лектор и оратор, Николай Дмитриевич читал на астрономическом отделении МГУ следующие курсы: теоретическая астрономия, небесная механика, качественные методы небесной механики, динамическая космогония, периодические решения, теория возмущений. После введения в число обязательных спецкурсов ис-



*Н.Д. Моисеев (в центре) с учениками и аспирантами. 1940 г.*

тории естествознания Н.Д. Моисеев в течение десяти лет читал курс истории механики для студентов факультета, который сам разработал. Он подготовил четыре варианта учебника по этому курсу. Монография «Очерки развития механики» вышла в свет только в 1961 г. стараниями его учеников. За время существования Сектора небесной механики под руководством Н.Д. Моисеева окончили аспирантуру и защитили кандидатские диссертации 42 аспиранта. Среди них – Н.Ф. Рейн, Г.К. Бадалян, В.М. Лосева, В.Т. Кондурарь, И.П. Тарасашвили, М.П. Косачевский, А.А. Орлов, Н.Б. Еленевская, М.С. Яров-Яровой. Учениками Н.Д. Моисеева являются также Е.А. Гребеников, И.А. Тюлина, А.И. Рыбаков, В.В. Петкевич, К.А. Штейнс.

В 1929–1947 гг. Николай Дмитриевич работал по совместительству в Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского (ВВИА) сначала старшим преподавателем, затем профессором кафедры математики. Несмотря на инвалидность, он состоял в армии с 1932 г. и окончил службу в звании инженера-полковника. С 1947 г. и до конца жизни он работал по совместительству в НИИ Реактивного вооружения (НИИ-88, с 1967 г. – ЦНИИмаш; Земля и Вселенная, 1996, № 6), где был научным руководителем отдела динамики полета у Главного конструктора С.П. Королёва. В 1940-х гг. профессор Н.Д. Моисеев организовал при ВВИА научно-исследовательский семинар по теории устойчивости, в работе которого принимали участие профессор мехмата МГУ, сотрудники АН СССР, ВВИА и других научно-исследовательских институтов. Доклады участников семинара изданы в виде выпусков «Записки семинара по теории устойчивости движения».

Среди работ Н.Д. Моисеева по динамической космогонии существенное место занимает цикл исследований по теории происхождения комет, метеоров и космической пыли. В его статьях



*Н.Д. Моисеев – преподаватель Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского. Начало 1940-х гг.*

был проведен тщательный критический анализ всех предшествующих исследований в области названной теории, в частности гипотез Джинса, Линдблада, Стремгрена, причем работа была доведена до сравнения с наблюдательным материалом. Ряд последующих работ Николая Дмитриевича примыкает к этому циклу. Среди них есть статья о вероятности падения кометы на Солнце, в которой автор утверждает, что вероятность падения кометы на Солнце не равна нулю. Этот результат был подтвержден в 1990-х гг., когда такие кометы – сангрейзеры, или касающиеся Солнца, – были открыты с помощью космической солнечной обсерватории “SOHO”, находящейся на орбите в точке либрации Земля – Солнце (Земля и Вселенная, 1997, № 2, с. 41–42). Заключение о возможности падения комет на Солнце, предсказанное Н.Д. Моисеевым 50 лет назад, оказалось верным.

Школа динамической космогонии, созданная и возглавляемая Н.Д. Моисеевым, ставила своей задачей ре-





*Члены кафедры небесной механики МГУ после первого совещания по космогонии в ГАИШ. Слева направо: профессора Б.М. ЩигOLEV, М.С. Зверев, П.Г. Куликовский, Н.Д. Моисеев, аспирант Б.Ю. Левин и академик О.Ю. Шмидт. Апрель 1951 г.*

визию всех космогонических теорий, создание математически точного подхода к формулировке тех упрощений и предположений, которые положены в основу теории, и сравнение с имеющимися эмпирическими данными. Так, Н.Ф. Рейн занималась методическим анализом космогонической теории Дж. Джинса и показала, что эта гипотеза несостоятельна с динамической точки зрения. Интересны ее работы "Происхождение Солнечной системы" и "Катастрофические гипотезы происхождения Солнечной системы", написанной совместно с Н.Н. Парийским. Под руководством Николая Дмитриевича Н.Ф. Рейн подготовила к печати монографию по динамической космогонии в двух томах, которая хранится

в библиотеке ГАИШ. Б.М. ЩигOLEV изучал теории происхождения и качественные характеристики эволюции некоторых замечательных типов двойных звезд. Аспирантка Лосева Валентина Михайловна выполнила работу о возрастных характеристиках бинарных систем и совместно с ЩигOLEVым "Гипотезы о происхождении кратных систем звезд". Г.Ф. Султанов занимался вопросами происхождения, структуры и эволюции кольца астероидов. Анализируя гипотезу Г.В. Ольберса о происхождении астероидов в результате распада одной планеты, он показал, что это не может объяснить деление малых планет на отдельные семейства. Развил гипотезу, согласно которой кольцо малых планет образовалось в результа-

те последовательных распадов немногочисленных более крупных первичных тел, и определил формы орбит первичных крупных тел и их положение в пространстве. Аспирант П.Б. Бабаджанов изучал структуру и происхождение метеорных потоков, характер особенностей распределения орбит метеорных тел в межпланетном пространстве. Школа динамической космогонии, возглавляемая Николаем Дмитриевичем, дала существенный импульс развитию небесной механики и звездной динамики в ГАИШ, и к концу 1930-х гг. вследствие расширения тематики в сторону «классической небесной механики» Сектор динамической космогонии и небесной механики уступил место Отделу небесной механики. Работа Н.Д. Моисеева и его школы в области динамической космогонии была положительно оценена в докладе О.Ю. Шмидта и в решении первого совещания по вопросам космогонии, проведенного в 1951 г. в ГАИШ Отделением физико-математических наук Академии наук СССР.

Только в 1980-х гг. в ГАИШ продолжились работы по космогонии. Ф.А. Цицин, занимаясь вопросами космогонии Солнечной системы, разрабатывал свою, получившую признание, концепцию происхождения комет (Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 80). Совместно с В.М. Чепуровой (Отдел небесной механики) он написал статью «Реликтовый резервуар кометных тел как источник пыли в Солнечной системе». Кроме того, они изучали динамическую эволюцию космогонически исходного ансамбля кометных тел Солнечной системы.

Широта интересов Н.Д. Моисеева сказалась и в том, что он занимался теоретической гравиметрией и получил ряд существенных результатов в этой области. Когда профессор А.А. Михайлов поставил проблему определения параметров Земли по данным гравиметрических измерений – обобщение задачи Стокса, поставленной еще в 1849 г., то Николай Дмитриевич первым



*Н.Д. Моисеев в домашней обстановке. 1950-е гг.*

принялся за ее решение. Результатом была интересная работа «Определение фигуры Земли из гравиметрических измерений без использования «регуляризации» Земли». Аспирант В.Н. Салтыков продолжил эту работу и защитил диссертацию в 1937 г., в которой решение уравнения Моисеева приведено к форме, удобной для практического применения. Другая работа Н.Д. Моисеева касалась нового вывода формулы для редукции силы тяжести на поверхности геоида.

Вычислительная станция ГАИШ выросла в недрах Отдела небесной механики и постепенно стала общегосударственной. Н.Д. Моисеев организовал и оснастил Счетную станцию, как она ранее называлась, а также на ней развернул вычислительную работу. В 1955 г. был смонтирован комплект счетно-аналитических машин и под ру-

ководством Н.Д. Моисеева проведены пробные вычисления, а затем сравнивались звездные каталоги по заказу кафедры астрометрии ГАИШ. Когда в 1955 г. кафедры небесной механики и гравиметрии объединились, Николаю Дмитриевичу пришлось заниматься и оснащением гравиметристов современными приборами. В том же году в ГАИШ была создана постоянно действующая морская гравиметрическая экспедиция. В сентябре 1955 г. ГАИШ МГУ совместно с НИИ геофизических методов разведки Министерства геологии СССР и Военно-морским флотом СССР организовал подводную гравиметрическую экспедицию для определения силы тяжести в Баренцевом, Карском и Печорском морях, в состав которой входили сотрудники кафедры небесной механики и гравиметрии М.У. Сагитов и В.Л. Пантелеев. В заключении кафедры, весьма важном для гравиметрического отдела и подписанном Н.Д. Моисеевым в 1955 г., отмечалось следующее: *“Имеющиеся в Советском Союзе гравиметры отстают в смысле их предельной точности по сравнению с лучшими образцами американских и западно-германских гравиметров. Встает вопрос о желательности приобретения в США и в Западной Германии этих гравиметров весьма высокой точности...”*

Под руководством Н.Д. Моисеева в Отделе небесной механики ГАИШ разрабатывались проблемы и методы неклассической небесной механики. Интересна его работа “О законе сопротивления движению в различных предположениях о режимах скоростей пылевой среды, в которой происходит движение”. Многочисленные исследования Николая Дмитриевича относятся к качественному исследованию траекторий небесных тел. Эта теория, созданная в основном Н.Д. Моисеевым, имеет большое значение в небесной механике, при этом общие свойства траекторий изучаются методами, не требующими интегрирования дифференциальных уравнений движения.

Он ввел метод контактных характеристик, ведущий свое начало от Пуанкаре и Адамара и позволяющий исследовать геометрические свойства интегральных кривых системы дифференциальных уравнений. Н.Д. Моисеев применил его к изучению движения в специальных случаях (ограниченная круговая и эллиптическая задачи трех тел, задачи Хилла и Фату). Ассистент кафедры Т.В. Водопьянова занималась развитием метода контактных характеристик, который позволяет определить области возможности движения небесных тел, получить ряд других ценных качественных характеристик.

Цикл работ Н.Д. Моисеева посвящен изучению вековых и долгопериодических возмущений в движениях естественных небесных тел, особенно малых планет. Под его руководством вековые характеристики комет исследовала Т.В. Водопьянова, астероидов – А.Н. Чибисов, ряд приложений разработали его ученики П.Т. Резниковский, К.А. Штейнс, Ю.А. Рябов, В.М. Лосева.

Большое количество работ Н.Д. Моисеева связано с качественным исследованием круговой и эллиптической разновидностей ограниченной задачи трех тел. Под руководством Николая Дмитриевича аспирант Г.К. Бадалян исследовал движения в задаче двух неподвижных центров, причем показал, что исследования по этой проблеме Шарлье и Тальквиста содержат ряд погрешностей. В дальнейшем эта тема оказалась очень актуальной благодаря работам Е.П. Аксёнова, Е.А. Гребеникова и В.Г. Дёмина, которые применили эту схему к построению теории движения искусственных спутников Земли, обобщая ее на область комплексных переменных. Эта механическая модель полностью учитывает влияние динамического сжатия Земли. Теория движения искусственных спутников Земли, построенная на обобщенной задаче двух неподвижных центров, изложена в монографии Е.П. Аксёнова

“Теория движения искусственных спутников Земли”.

Важные качественные результаты в небесной механике были получены с помощью впервые введенных Н.Д. Моисеевым осредненных теоретических схем. Им систематизированы ранее предложенные варианты основных задач небесной механики, более точно отражающие действительные движения. Он провел исследование и сравнение схем осреднения, не учитывающих соизмеримость в средних движениях возмущающей и возмущаемой планеты. Так, Е.А. Гребеников решил вопрос о близости решений, а его ученики использовали результаты работ Н.Д. Моисеева для построения промежуточных орбит резонансных астероидов. Результаты работ обобщены в монографии Ю.А. Рябова и Е.А. Гребеникова “Резонансы и малые знаменатели в небесной механике”.

Николай Дмитриевич развил теорию устойчивости, ввел ряд новых понятий, в частности, определил термин “техническая устойчивость”. Он применил результаты качественных методов небесной механики к баллистике и теории автоматического регулирования. Н.Д. Моисеев решал проблемы устойчивости самолета, полета артиллерийского снаряда, динамики полета баллистической ракеты и другие прикладные задачи, создав огромный потенциал для продвижения советского ракетостроения и космонавтики.

Подводя итоги по теме “Построение аналитических теорий движений небесных тел”, Николай Дмитриевич указывал, что *“практическое применение результатов этой темы лежит в создании так называемой Службы малых планет и спутников”*. Эта идея осуществилась только спустя 50 лет. В 2000-е гг. в Отделе небесной механики ГАИШ Н.В. Емельянов создал “Службу естественных спутников планет”, которая дает координаты и элементы орбит на любой момент времени всех спутников планет (сейчас известны 172 спутни-

ка). Эфемериды построены по самым точным современным теориям, пригодны для любых целей теории и наблюдений, доступны в Интернете для всех желающих (расположены на сайте ГАИШ). По точности эти эфемериды соответствуют мировым стандартам.

Еще одна область интересов Н.Д. Моисеева – история науки. Всесторонне образованный человек, Николай Дмитриевич свободно владел пятью европейскими языками – английским, французским, немецким, итальянским и польским, отлично знал латынь и греческий, читал труды античных и средневековых ученых в оригинале, был знатоком истории философии и механики. Он автор более 120 работ. В монографии “Очерки развития теории устойчивости” (1949) Н.Д. Моисеев дал детальный анализ истории развития теории устойчивости от древности до Ляпунова включительно. Его капитальный труд “Очерки развития механики” (1961) представляет историю развития механики от античных времен до первой трети XX в., и она разбивается на четыре периода:

– элементарный период (до середины XVII в.), где прокомментированы оригинальные работы Архимеда, Герона, Кардано, Леонардо да Винчи, Галилея;

– создания фундаментальных основ механики (детально разбираются работы Гюйгенса, Гука, Декарта, Лейбница, Ферма и Бернулли, Ньютона);

– аналитический (со второй трети XVIII в. до конца XIX в.) – анализ трактата Лагранжа “Аналитическая механика”, трудов Эйлера, Даламбера, Остроградского;

– физико-технический.

Ряд трудов Николая Дмитриевича посвящен биографиям выдающихся деятелей науки и техники.

По широте научных интересов Н.Д. Моисеева и его вкладу в науку – от динамической космогонии до теоретической гравиметрии, от теории устойчивости, качественной теории



небесной механики, космической баллистики до истории науки – он по праву считается основателем Московской школы небесной механики.

Н.Д. Моисеев был тонким ценителем мировой литературы, особенно поэзии, собрал богатую библиотеку, общал студентов и аспирантов к классической литературе, сам писал стихи. Некоторые из них опубликованы на сайте “Поэзия Московского университета”.

Аспирантам Николай Дмитриевич посвящал выходной день. С 8 часов утра и до сумерек к нему приходили один за другим аспиранты, иногда до десяти человек в день, и должны были ежедневно отчитываться о проделанной работе. Н.Д. Моисеев вкладывал душу в своих учеников и не оставлял их в беде. Так, в начале 1930-х гг. его аспирантка В.М. Лосева, жена знаменитого философа А.Ф. Лосева, была, как и ее муж, репрессирована. Николай Дмитриевич не прекратил переписки с

ней, хотя это было опасно в то тяжелое время, посылал ей письма и книги, что позволило ей после возвращения из лагеря в 1935 г. защитить кандидатскую диссертацию. Талантливый аспирант А.Г. Пирог, находясь в госпитале после ранения, пишет в 1944 г. в письме Н.Д. Моисееву: “Я часто вспоминал о Вас в дни горьких неудач и окрыленных успехов, вспоминал Ваши лекции и наставления нам, молодым студентам в маленькой, но навеки дорогой комнатке сектора Небесной механики ГАИШ. Какое то чудесное и невозвратимое было время!” Вот такую любовь к нашей науке – небесной механике – Н.Д. Моисеев привил своим ученикам.

Н.Д. Моисеев умер 6 декабря 1955 г. В увековечение памяти ученого Малой планете 3080 Moiseev и одному из кратеров обратной стороны Луны присвоено его имя.

*В.С. УРАЛЬСКАЯ,  
кандидат физико-математических наук  
ГАИШ МГУ*

---

## *Информация*

---

### **Самый далекий объект Солнечной системы**

Небесный объект 2012 VP113 размером около 600 км считается наиболее удаленной карликовой планетой Солнечной системы. Она находится значительно дальше от Солнца, чем Плутон. Параметры ее орбиты: афелий – 449 а.е., периге-

лий – 80,5 а.е., наклонение – 24,02°, период обращения – 4313 лет, эксцентриситет – 0,694. В 2012 г. карликовая планета 2012 VP113 была открыта с помощью камеры для поиска темной энергии DECam, установленной на 4-м телескопе Бланко Национальной оптической обсерватории (NOAO) в Чили, но лишь 24 марта 2014 г. об этом было сообщено. Ранее самой далекой известной карликовой планетой была Седна, открытая в 2003 г. Предполагается, что на границах Солнечной системы существует не менее 1000

объектов, похожих на 2012 VP113. Планета 2012 VP113 сейчас находится вблизи перигелия, а через 2000 лет она расположится в пять раз дальше. Ученые полагают, что карликовые планеты находятся на столь удаленных орбитах, потому что были разбросаны в результате гравитационного воздействия какого-то массивного небесного объекта, возможно очень далекой еще неоткрытой планеты (Земля и Вселенная, 2007, № 2, с. 23–24; 2009, № 1, с. 66–67; 2012, № 1).

Пресс-релиз NOAO,  
24 марта 2014 г.

## Конференция по рентгеновской астрофизике

С 23 по 26 декабря 2013 г. в Институте космических исследований РАН прошла очередная Всероссийская конференция **“Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2013”**. Она организована отделом астрофизики высоких энергий ИКИ РАН при финансовой поддержке Российской академии наук, Российского фонда фундаментальных исследований и благотворительного фонда “Династия”. Программный комитет Конференции возглавили доктор физико-математических наук С.Ю. Сазонов (председатель), академик Р.А. Сюняев и член-корреспондент РАН Е.М. Чуразов, Организационный комитет – доктора физико-математических наук М.Н. Павлинский (председатель) и А.В. Мещеряков (заместитель председателя). В ней участвовало более 150 ученых, работающих в России и в ведущих европейских и американских научно-исследовательских центрах.

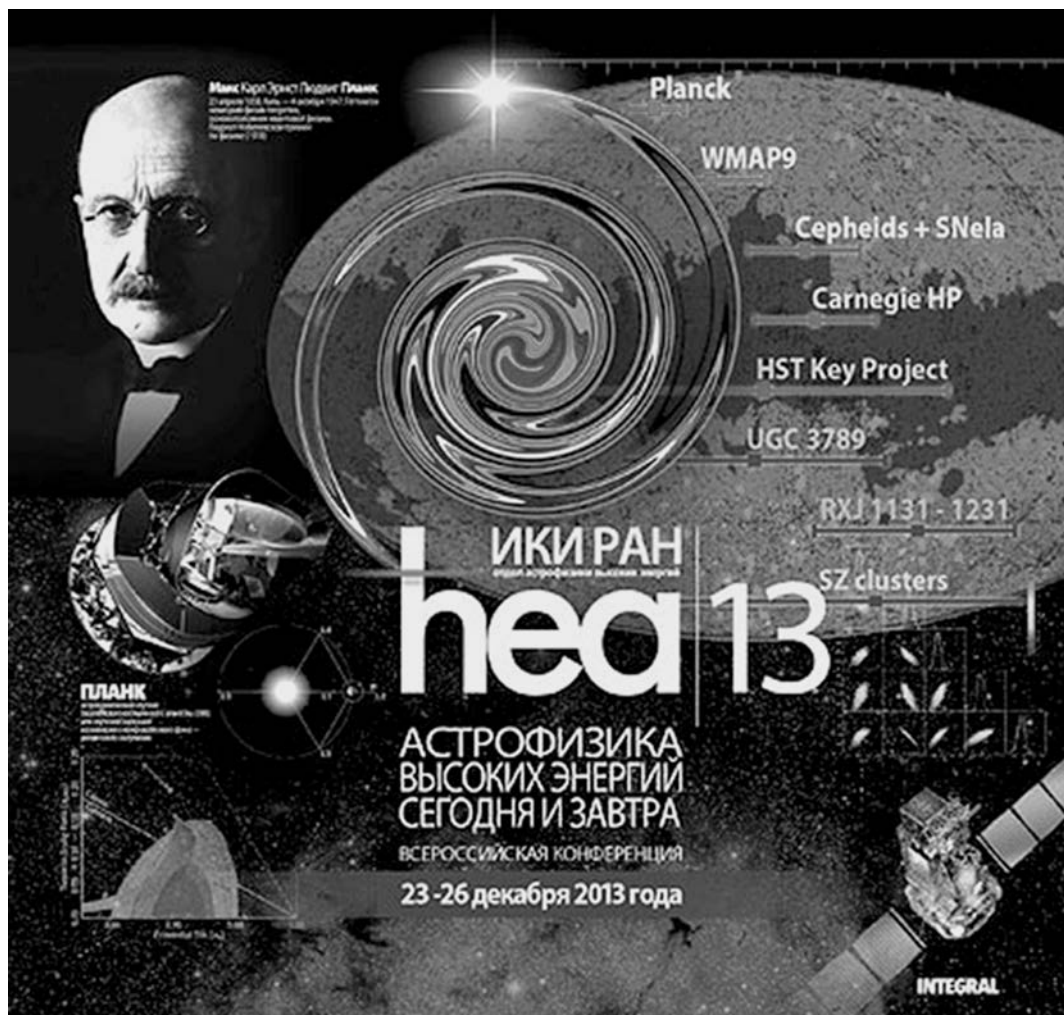
Конференции данной серии проводятся ежегодно с 2001 г. (Земля и Вселенная, 2007, № 3; 2008, № 4; 2009, № 3). Их тематика связана в первую очередь с исследованиями рентгеновского и гамма-излучения, которые сопровождают наиболее энер-

гоемкие явления во Вселенной: взрывы сверхновых, формирование скоплений галактик, падение вещества на черные дыры и нейтронные звезды. Научная программа не ограничивается только этим и включает наиболее актуальные проблемы современной астрофизики и космологии, для их решения привлекаются различные экспериментальные данные, полученные не только в космосе, но и с помощью наземных обсерваторий.

На Конференции 2013 г. состоялись сессии по следующим темам: “Космология, реликтовое излучение”, “Галактика”, “Скопление галактик, межгалактическая среда”, “Галактики, звездообразование”, “Сверхмассивные черные дыры, активные ядра галактик, микроквезары”, “Космические лучи, нейтрино”, “Нейтронные звезды, пульсары, магнитары”, “Сверхновые, гамма-всплески”, “Источники рентгеновского и гамма-излучения”, “Перспективы астрофизики высоких энергий”. Значительную часть программы отдали анализу новых результатов микроволнового обзора неба, полученных космической обсерваторией “Планк” (ESA; Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 43–45; 2010, № 6, с. 111), и наблюдений в жест-

ком рентгеновском диапазоне, проводившихся космической обсерваторией нового поколения “NuSTAR” (США; Земля и Вселенная, 2012, № 6, с. 35). Рассматривались наиболее приоритетные направления в астрофизике: космология, инфляция, открытие новых частиц и загадка темной материи и энергии, аккреция на компактные объекты (нейтронные звезды, черные дыры и белые карлики), перспективы изучения Вселенной в рентгеновском диапазоне, связанные с запусками космических обсерваторий следующего поколения, в том числе российской “Спектр-Рентген-Гамма” (Земля и Вселенная, 1997, № 2; 2001, № 4, с. 39).

С приглашенными докладами выступили известные астрофизики Р.А. Сюняев (Институт астрофизики Общества им. Макса Планка, Германия; ИКИ РАН), А.А. Старобинский (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН), И.В. Москаленко (Стэнфордский университет, США), П.Д. Насельский (Институт им. Нильса Бора, Дания), А.М. Белобородов (Колумбийский университет, США), И.Д. Караченцев (CAO РАН), В.А. Белокуров (Институт астрономии, Великобритания; ИНАСАН), Р.Р. Рафиков (Принстонский



Постер Всероссийской конференции “Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2013”.

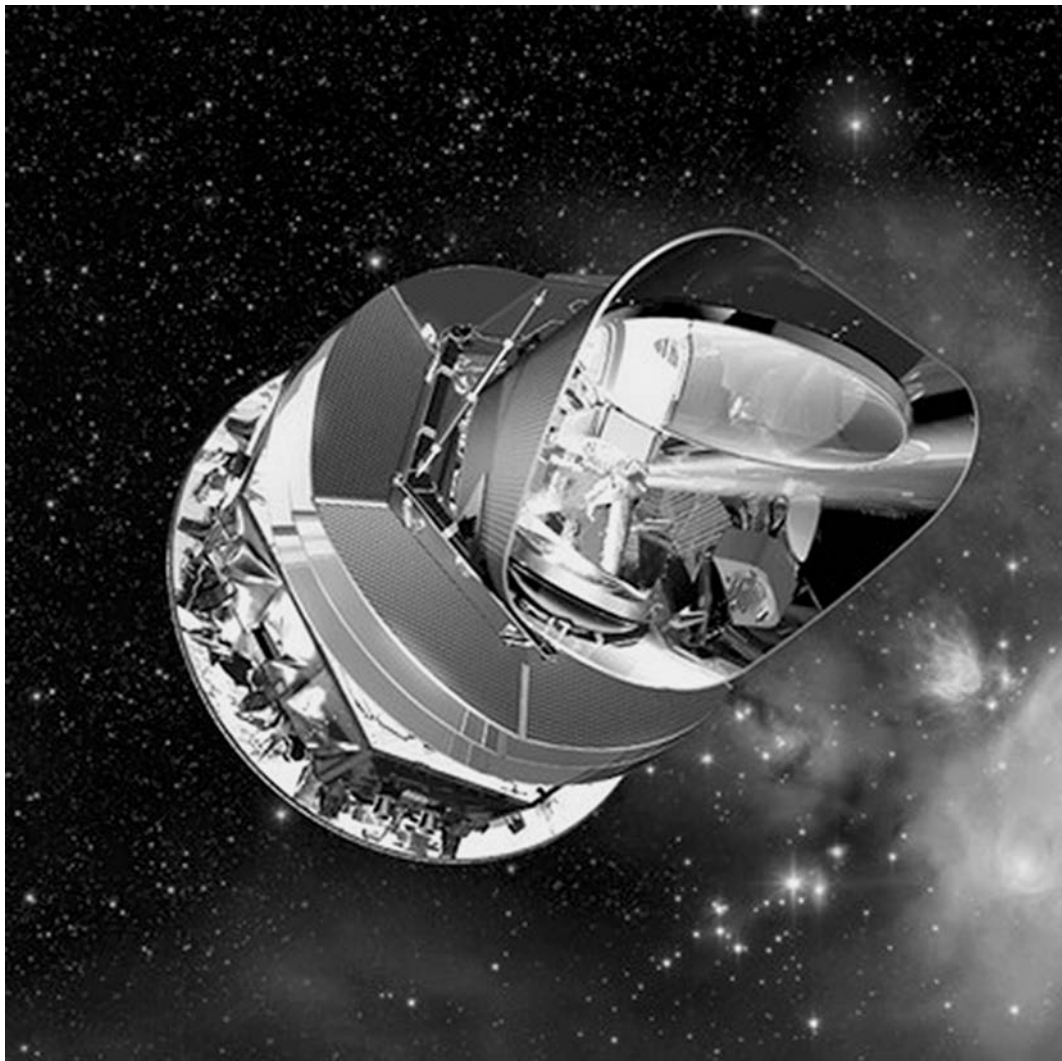
университет, США), К.А. Постнов (ГАИШ МГУ).

Первый день Конференции посвятили проблемам космологии и изучения скоплений галактик – самых массивных объектов во Вселенной. Были обсуждены результаты, полученные в 2009–2013 гг. космической обсерваторией “Планк”, выполнившей пять обзоров всего неба и измерившей на протяжении 4,5 года неоднородности космическо-

го микроволнового фонового излучения. Эти данные дали богатейший материал для изучения процессов во Вселенной не только в эпохи ее формирования, но и в более близкие к нам. Составлен каталог массивных скоплений галактик, на его основе можно делать выводы о том, какую долю в нашей Вселенной занимают обычная и темная материи.

Непосредственное участие в работе с данными об-

серватории “Планк”, касающейся поиска скоплений галактик, принимают сотрудники отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН, которые входят в сообщество проекта “Планк”. Российским вкладом стали теоретические исследования космологической рекомбинации и физики горячей плазмы в скоплениях галактик, обработка и интерпретация данных обсерватории.



*Космическая обсерватория “Планк”, работавшая в 2009–2013 гг. в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах. Рисунок ESA.*

Обзор наблюдений космической обсерватории “Планк” в области космологии сделал профессор **П.Д. Насельский** (Институт им. Нильса Бора, Дания) в докладе “Космологические параметры и аномалии статистической анизотропии сигнала”. Он объяснил отдельные обнаруженные искажения микроволнового реликтового фонового из-

лучения, хотя обсерватория завершила работу недавно и анализ ее данных только начат (Земля и Вселенная, 2014, № 2). Академик **Р.А. Сюняев** (ИКИ РАН) в докладе “Чернотельная фотосфера Вселенной и неизбежные искажения спектра реликтового излучения” представил краткий обзор процессов, в будущем доступных наблюдению по

аномалиям микроволнового спектра фонового излучения с помощью приборов нового поколения. Среди таких процессов – распад трития и бериллия в ранней Вселенной, аннигиляция темного вещества.

Одна из научных задач обсерватории “Планк” – поиск скоплений и сверхскоплений галактик по эффекту Сюняева – Зельдовича.



*Академик Р.А. Сюняев.*

Тщательно изучая вариации микроволнового фона, можно узнать многое о прошлом Вселенной. В каталог 2013 г. «Скопления галактик всего неба до расстояний, соответствующих красному смещению  $z = 1$ » (около 7 млрд лет, или половина возраста Вселенной), составленный по данным «Планка», вошло 1227 объектов, из них 861 – подтвержденные скопления галактик, в том числе 178 скоплений, не известных ранее. Одна из наиболее актуальных задач на ближайшее десятилетие – составление



*Кандидат физико-математических наук Р.А. Буренин.*

карты Вселенной, по которой можно судить о распределении массы в пространстве. Но поскольку «Планк» видит только «отпечаток» на микроволновом фоне, стало необходимым подтвердить, что его источник – именно скопления галактик. Для этого была инициирована и продолжается сегодня программа наблюдений поддержки с помощью рентгеновских, инфракрасных и оптических телескопов. Чтобы выполнить наблюдения в оптическом диапазоне, потребовалось применить наземные телескопы – российско-турецкий 1,5-м РТТ-150 и 6-м БТА САО РАН. Кандидат физико-математических наук **Р.А. Буренин** (ИКИ РАН) в докладе «Наблюдения скоплений галактик из обзора «Планка» в оптическом диапазоне» привел примеры оптического отождествления, фотометрических и спектроскопических измерений неизвестных ранее скоплений галактик, расположенных на красных смещениях. Докладчик оценил состояние дел по проблеме оптического отождествления скоплений из каталога «Планка», их основных характеристик и космологических ограничений.

На Конференции было уделено внимание одной из важных проблем современной астрофизики – определению массы скоплений галактик и галактик по наблюдениям в разных диапазонах излучения. Профессор **А.В. Финогенов** (Университет Хельсинки, Финляндия) рассказал о том, как определить массу всего скопления в зависимости от его общей температуры. В докладе представлены новые подходы по калибровке масс скоплений галактик и галактик с ис-

пользованием уникальных данных, полученных в обзоре обсерватории «Планк». Кандидат физико-математических наук **Н.С. Лыскова** (ИКИ РАН, Институт астрофизики Общества им. Макса Планка, Германия) сделала небольшой обзор методов определения массы эллиптических галактик, что особенно важно для анализа данных больших обзоров неба, включающих не только близкие, но и очень далекие объекты на разных красных смещениях. В последние десятилетия методы оценки масс эллиптических галактик и скоплений галактик совершенствовались и усложнялись. Современные методы динамического моделирования предоставляют возможность не только определить массу галактики, но и рассчитать вклад звездной и темной компонент, охарактеризовать распределение орбит звезд, оценить массу сверхмассивной черной дыры. Однако на практике даже самых детальных наблюдательных данных может оказаться недостаточно, чтобы однозначно определить все параметры модели. Оказывается, что при разумных предположениях о профилях поверхностной яркости и лучевой дисперсии скоростей достаточно для надежной локальной оценки массы галактики. Член-корреспондент РАН **Е.М. Чуразов** (ИКИ РАН) предложил модель образования филаментов (структура вещества в форме нитей из галактик длиной до 260 млн св. лет) холодного и плотного газа в ядрах скоплений галактик. Пересоединение магнитных силовых линий может концентрировать энергию пузырей релятивистской плазмы в узкие





Член-корреспондент РАН  
Е.М. Чуразов.

“хвосты”, наподобие хвоста магнитосферы Земли.

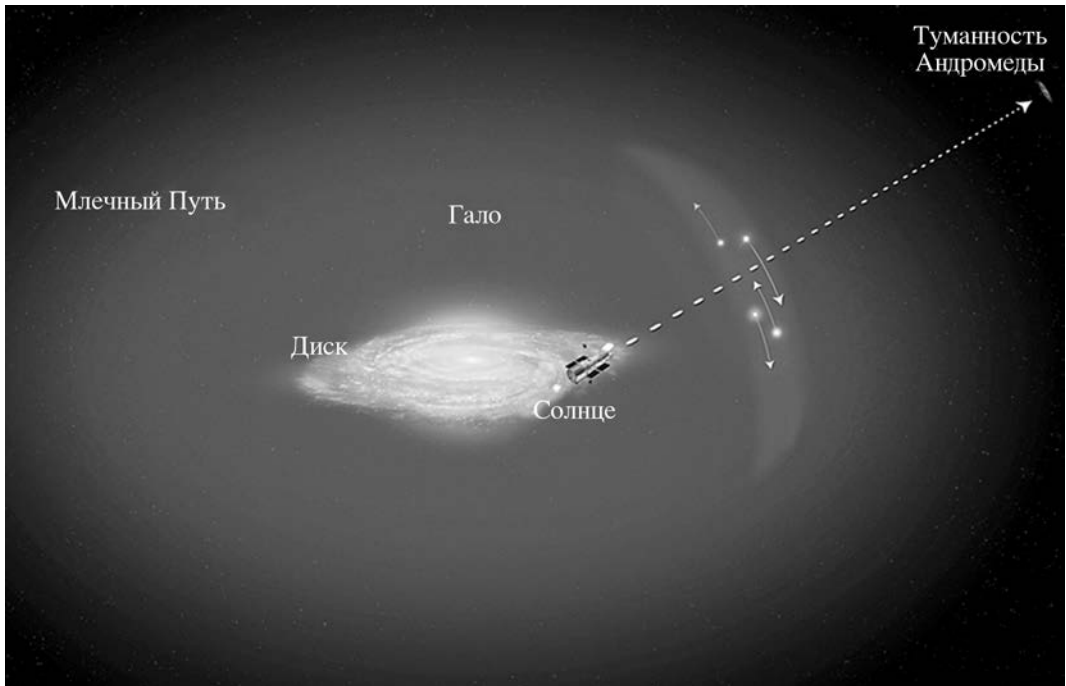
Среди докладов, посвященных галактикам, активным ядрам галактик и звездообразованию, выделяются четыре. Профессор **Р.Р. Рафиков** (Принстонский университет, США) в докладе “Слияния двойных сверхмассивных черных дыр в центрах галактик” объяснил взаимодействие двух спиральных галактик со сверхмассивными черными дырами в их центрах. С помощью компьютерной модели наблюдалось формирование диска из раскаленного газа в центре объединенных галактик. Размер этого диска может составлять несколько тысяч световых лет, масса – до  $10^{12} M_{\odot}$ . По мнению ученого, если расстояние между черными дырами достигнет критического порога (примерно 40 а.е.), они могут слиться. Однако такой исход зависит от углового момента их движения по орбите и от влияния вещества, находящегося вокруг черных дыр. Слияние произойдет в результате замедления вращения черных

дыр, дополнительным катализатором могут стать расположенные рядом звезды. Подобное событие займет всего миллион лет. Впервые построена столь подробная модель столкновения двух галактик с ядрами из сверхмассивных черных дыр, позволившая разобраться, как образуется центральный диск. Проверить правильность данной модели сможет европейская космическая обсерватория “LISA” (Laser Interferometer Space Antennae – интерферометр лазерных космических антенн), ее запустят предположительно в 2015 г. для исследования процессов в черных дырах. Кандидат физико-математических наук **Р.А. Кривонос** (ИКИ РАН) рассказал об исследованиях с помощью космического рентгеновского телескопа косого падения “NuSTAR”, получившего уникальные изображения высокого разрешения области центра Галактики на энергиях выше 10 кэВ. В его докладе «Обзор области Галактического центра обсерваторией “NuSTAR”» упомянуты открытия, сделанные с помощью “NuSTAR”: зарегистрированы вспышки от сверхмассивной черной дыры Sgr A\* и маломассивной двойной системы GRS 1742-2853, обнаружены микроквazar 1E1740.7-2942 и магнитар на расстоянии 3” от Sgr A\*. Главное внимание докладчик уделил исследованию нетеплового излучения нейтрального газа около компактного скопления Лучник (Arches cluster) в нашей Галактике, содержащего 150 горячих молодых звезд, сконцентрированных в области размером со световой год. Кандидат физико-математических наук **М.С. Пширков** (ГАИШ МГУ) рассказал об исследовании

разреженного сферического гало радиусом 50 кпк и плотностью  $10^{-4} \text{ г/см}^{-3}$ , окружающего галактику М31 Туманность Андромеды (такое же гало есть и у Млечного Пути). Столкновения протонов космических лучей, заполняющих это гало, с частицами межзвездной среды могут давать значительный вклад в изотропный диффузный фон, а его полная гамма-светимость может быть сравнима с гамма-светимостью всей Галактики. Протяженное гало с угловым размером  $4\text{--}5^{\circ}$  у галактики М31 обнаружено за пять лет наблюдений международной космической гамма-обсерваторией “Ферми”. Дальнейшее накопление статистики позволит больше узнать о тонкой структуре данного объекта. Профессор **В.А. Белокуров** (Институт астрономии, Великобритания; ИНАСАН) познакомил участников с научной программой и приборами европейской космической обсерватории “GAIA” (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics – глобальный астрометрический интерферометр астрофизиче-



Кандидат физико-математических наук Р.А. Кривонос.



*Гало вокруг нашей Галактики. Такое же облако из разреженного газа окружает нашу соседку – галактику М31 Туманность Андромеды. Рисунок NASA.*

ки), запущенной 19 декабря 2013 г. в точку либрации L2 для составления подробной трехмерной карты распределения звезд в нашей Галактике.

С докладом “Новые результаты исследований микроквazarов” выступил доктор физико-математических наук **С.А. Трушкин** (CAO РАН). Он сообщил о продолжающихся исследованиях микроквazarов SS433, GRS1915+105, Cyg X-1, Cyg X-3, LS5039, V4641 Sgr и LSI+61d303 на радиотелескопе ПАТАН-600. Выборка этих рентгеновских двойных систем с релятивистскими струями заслуживает особого внимания после открытия гамма-излучения с энергией порядка ТэВ от четырех из них (LS5039, Cyg X-1, LSI+61d303 и Cir X-1). Ученый отметил,

что во многих микроквazарах мощные релятивистские истечения возникают нерегулярно, а их лучший индикатор – вспыхивающее радиоизлучение. В 2013 г. проведены совместные наблюдения микроквazара GRS1915+105 с помощью японской обсерватории “MAXI”, установленной на модуле “Кибо” МКС. Удалось зарегистрировать несколько релятивистских вспышек, наиболее яркие – от SS433. Впервые за 200 сут измерена кривая блеска известного гамма-источника двойной системы с черной дырой LS5039.

Доктор физико-математических наук **В.Б. Петков** (Институт ядерных исследований РАН) познакомил участников Конференции с результатами поиска на Баксанском подземном

сцинтилляционном телескопе площадью 250 м<sup>2</sup> мюонных нейтрино (антинейтрино) с энергией 1 ГэВ, совпадающих по времени и направлению с космическими гамма-всплесками. С декабря 1978 г. по ноябрь 2013 г. зарегистрировано 1472 таких события (мюонов от нейтрино). В 1991–2009 гг. в различных экспериментах зарегистрировано 1440 гамма-всплесков.

В докладе “Плазменные эффекты в нейтронных звездах” доктор физико-математических наук **Д.Г. Яковлев** (Физтех им. А.Ф. Иоффе РАН) описал основные плазменные эффекты при электромагнитных взаимодействиях в нейтронных звездах. Они проявляются в кинетике вещества нейтронных звезд, в нейтринном излучении и



*Доктор физико-математических наук С.А. Трушкин.*

ядерных реакциях в оболочках нейтронных звезд, в термодинамике плазмы атомных ядер в этих оболочках и в формировании излучения в атмосферах нейтронных звезд. Многие плазменные эффекты в нейтронных звездах необходимо правильно учитывать при решении основной задачи – выделения природы сверхплотного вещества в их ядрах. Изучение свойств сверхплотного вещества (уравнение состояния, ядерный состав, сверхтекучесть частиц разных сортов) – фундаментальная задача современной физики и астрофизики, включая астрофизику высоких энергий, физику элементарных частиц и сильных взаимодействий, физику конденсированного вещества. Несмотря на исключительную важность сильного взаимодействия частиц в нейтронных звездах, важную роль играют и электромагнитные взаимодействия с заряженными частицами и сильными магнитными полями.

Профессор **А.М. Белобородов** (Колумбийский университет, США) в докладе «Магнитары и “NuSTAR”»

рассказал об открытии космическими обсерваториями “NuSTAR” и “Swift” магнитара, вспыхнувшего в апреле 2013 г. вблизи массивной черной дыры в центре нашей Галактики. Обсерватории наблюдали несколько других, ранее известных магнитаров. Анализ новых и старых наблюдений помогает понять происхождение ярких источников с жесткой компонентой в рентгеновском спектре. Форма спектра значительно меняется с фазой вращающейся нейтронной звезды и объясняется электронно-позитронным разрядом и резонансным рассеянием фотонов в ее магнитосфере.

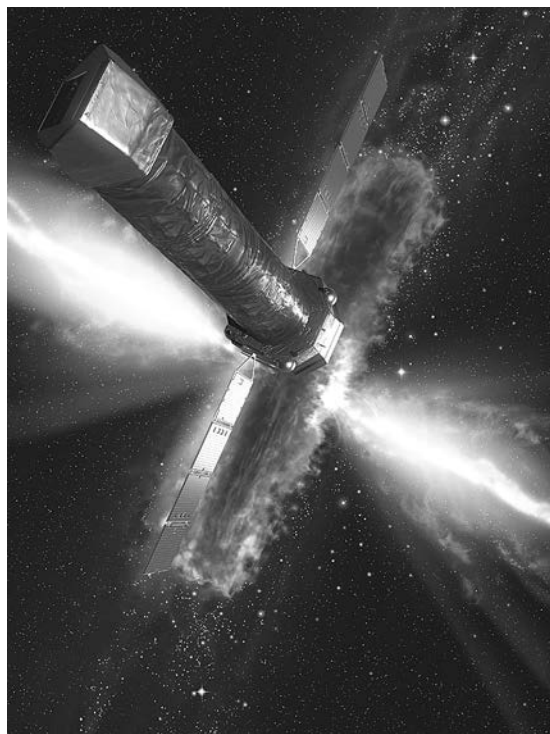
Проблемы сверхновых и источников рентгеновского излучения затронуты в докладах докторов физико-математических наук **М.Р. Гильфанова** (Институт астрофизики Общества им. Макса Планка, Германия; ИКИ РАН) и **К.А. Постнова** (ГАИШ МГУ). В первом, “Проблема предшественников Сверхновых Ia”, утверждается, что галактики раннего типа содержат заметные количества нейтрального и слабоионизованного газа. Наблюдается его излучение в рекомбинационных линиях водорода и металлов, связанное с ионизацией протяженных областей газа диффузным фоном галактики. Наиболее вероятный его источник – звезды-гиганты (post-AGB звезды). Большая популяция аккрецирующих белых карликов с термоядерным горением на поверхности значительно увеличивает ультрафиолетовый фон галактики выше порога ионизации  $H_{II}$ . Это открывает возможность принципиально нового подхода к проблеме предшественников Сверхновых Ia, эффектив-

ность ее продемонстрирована на примере анализа спектров большого числа галактик. Во втором докладе, “Эволюция маломассивных рентгеновских источников в галактиках”, проведен анализ моделирования маломассивных рентгеновских двойных (нейтронные звезды на стадии аккреции от оптической звезды или от проэволюционировавшей звезды) в Галактике. Были приведены расчеты их светимости и этапы эволюции после вспышки звездообразования, указаны начальные массы нейтронных звезд – 1,2–1,8  $M_{\odot}$ . Докладчик сравнил стационарные маломассивные рентгеновские двойные в нашей Галактике с такими же источниками ( $> 10^{37}$  эрг/с) в других галактиках.

Конференция завершилась обсуждением перспектив рентгеновской и гамма-астрономии и астрофизики в докладах члена-корреспондента РАН **Е.М. Чуразова** и доктора физико-математических наук **М.Н. Павлинского** (ИКИ РАН). Исследования в этих областях продолжат после 2014 г. новые космические обсерватории “Спектр-Рент-



*Доктор физико-математических наук К.А. Постнов.*



*Перспективные космические рентгеновские обсерватории “Astro-H” (Япония; запуск в 2014 г.) и “ATHENA+” (ESA; запуск в 2028 г.). Рисунки JAXA и ESA.*

ген-Гамма” (Россия, Германия), “Astro-H” (Япония), “ATHENA+” (ESA) и “Гамма-400” (Россия). Так, научная программа “Спектр-Рентген-Гамма” нацелена на обзор всего неба в мягком рентгеновском диапазоне. В его ходе предполагается обнаружить все наиболее массивные скоп-

ления галактик массой  $10^{14} M_{\odot}$  (скопления из обзора “Планка” в среднем в 10 раз массивнее, поэтому новый обзор станет наиболее полным, предполагается, что в него войдет около 100 тыс. объектов) и 3 млн сверхмассивных черных дыр. Кроме этого, обсерватории предстоит наблюдение отдель-

ных источников: благодаря тому, что рентгеновское излучение свободно проходит сквозь толщу пыли и газа, можно проникнуть глубже в такие области, как центр Галактики и галактические рукава.

*С.А. ГЕРАСИУТИН  
Фото Н.Л. Александровича*

## **М.А. Рыкачёв – исследователь метеорных дождей**

В.Г. СМИРНОВ,  
доктор исторических наук  
Санкт-Петербургский филиал ИИЕТ им. С.И. Вавилова  
РАН

---

В 1865–1866 гг. выпускник Академического курса морских наук (с 1877 г. Николаевская морская академия) лейтенант Михаил Александрович Рыкачёв



*Академик, генерал флота М.А. Рыкачёв.  
1909 г.*

(1841–1919), в будущем – известный русский метеоролог, академик, генерал флота, директор Главной физической обсерватории (с 1899 г. Николаевская Главная физическая обсерватория) и член Императорской академии наук, находился в научной командировке в различных странах Европы. Большую часть времени он провел в Королевской Гринвичской обсерватории, где его непосредственным наставником был директор Магнитного и метеорологического департамента Джеймс Глешер (1809–1903). Научная активность Дж. Глешера была весьма разнообразной. Он, в частности, в 1850 г. был в числе основателей Метеорологического общества, в котором в течение многих лет исполнял обязанности секретаря. В 1862–1866 гг. Дж. Глешер совместно с Г.Т. Коксвеллом изготовил несколько воздушных шаров, а в 1866 г. стал одним из учредителей Воздухоплавательного общества Великобритании.

Дж. Глешер возглавлял особый комитет Британской ассоциации распространения науки, назначенный на эту должность “для собирания и разработки наблюдений над метеорами”. В августе 1865 г., выступая на XXXV съезде ассоциации в Бирмингеме, где присут-



ствовал и М.А. Рыкачёв, Дж. Глешер просил делегатов “усилить наблюдения метеоров” ночью 13 ноября (1 ноября по ст. ст.) 1865 г., когда, по мнению особого комитета, ожидается очередной метеорный дождь. Об этом было объявлено и в газетах.

Дж. Глешер подавал пример “в служении науке”. Поскольку в период метеорного дождя Михаил Александрович находился в Гринвичской обсерватории, он стал не только свидетелем, но и участником наблюдений за падением метеоров. Вот как М.А. Рыкачёв писал об этом: *“В назначенный день, т.е. в ночь с 12-го на 13-е ноября, посреди темных аллея Гринвичского парка была ярко освещена метеорологическая обсерватория. На столе был разложен план звездного неба, посреди комнаты стоял глобус звездного неба. На дворе, на небольшом возвышении, стояли наблюдатели с хронометрами и записными книжками и смотрели на небо, ожидая увидеть метеоры. С тех пор, как небо открылось от туч, т.е. с 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ночи до 5 часов утра, наблюдатели успели записать время и место появления и исчезновения, цвет, видимую величину и блеск и пр. 279 метеоров. Я сам успел заметить с 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч. 27 метеоров. В исходе 5 часа утра наблюдатели не записывали наблюдений, но в течение нескольких минут только считали метеоры: в 12 минут они насчитали в одной половине горизонта 25 метеоров; а так как на другой половине горизонта метеоры падали в таком же количестве, то можно приблизительно считать, что число метеоров было около 250 в час”*.

По мнению Дж. Глешера, обилие метеоров в ту ночь превзошло данные всех предшествующих лет. В Кембридже за падением метеоров следил директор обсерватории профессор Джон Адамс, а в Хаукхерсте – Александр Гершель. Только в Англии было не менее 60 человек, приславших результаты своих наблюдений Дж. Глешеру. Та-



*Директор Магнитного и метеорологического департамента Гринвичской обсерватории Джеймс Глешер.*

ким образом М.А. Рыкачёв приобщился к исследованию метеоров.

Вернувшись 22 августа 1866 г. из-за границы в Петербург, Михаил Александрович занялся обработкой материалов, собранных во время командировки, и подготовкой статей о сравнении барометров и термометров в европейских обсерваториях. Кроме того, он решил провести наблюдения за метеорами в России. Как и Дж. Глешер, М.А. Рыкачёв постарался привлечь к этому делу других подданных Российской империи. 22 октября (3 ноября) 1866 г. он опубликовал в метеорологическом отделе газеты “Северная почта”, распространявшейся по всем губерниям, статью “Ожидаемое обилие падающих звезд в ночь с 31-го октября на 1-е ноября 1866 г.”. В ней Михаил Александрович отметил, что приближается “эпоха метеорного дождя”



*Королевская Гринвичская обсерватория. Гравюра. 1866 г.*

и что в Англии и ее многочисленных колониях “глаза наблюдателей будут снова обращены к небу”. Далее он писал: “Сколь большая польза была бы для науки, если бы и у нас, в различных пунктах нашего обширного отечества, было обращено внимание на это явление”. М.А. Рыкачёв обратился к читателям с просьбой “послужить на пользу науки” и регистрировать метеоры с 30 октября по 2 ноября (с 11 по 14 ноября по новому стилю) по инст-

рукции Британской ассоциации распространения науки, основные положения которой и изложил в статье. Понимая, что исполнить все, о чем упоминалось в инструкции, могли только весьма немногие лица, Михаил Александрович отметил: “...остальные пусть сделают что могут; если наблюдатель только скажет, что с такого-то по такой-то час он, глядя в разные концы неба, сосчитал столько-то метеоров, то и это уже будет материалом для исследования

явления метеорного дождя”. В заключение он просил читателей выслать свои результаты Дж. Глешеру или ему в Петербург, обещая их переслать в Англию, а отчет обо всех наблюдениях метеоров в Англии и России выслать каждому, кто их регистрировал.

Ясной ночью 12 ноября 1866 г. М.А. Рыкачёв наблюдал падение метеоров, находясь на площадке обсерватории Морского кадетского корпуса в Петербурге. При себе он имел хронометр и Атлас звездного неба, изданный Британской ассоциацией распространения науки. Поднявшись 11 ноября в 18 ч 45 мин на обсерваторию, Михаил Александрович поочередно становился на восточную, южную, западную и северную сторону от башни. Мороз и сильный ветер заставляли его часто спускаться вниз. До 20 ч он записал места и моменты появления и исчезновения 24 метеоров, их цвет и прочие характеристики. Из них два были “особенно блестящие”: один желтый, другой синий; последний оставил за собой длинный след. Каждый из этих метеоров имел диаметр значительно больший, чем у Венеры. Следующая ночь оказалась безоблачной только в течение двух часов, и он смог наблюдать лишь восемь метеоров.

Хотя в течение двух ночей М.А. Рыкачёв зафиксировал 32 метеора, в окончательный список, отправленный в Метеорологическое общество Англии, он включил только 29 из них. К списку он приложил письмо А. Вешезерова (район Устюжны, Новгородская губерния), в котором тот сообщал о метеорах, замеченных его матерью днем 14 ноября. В дополнении М.А. Рыкачёв писал о метеорах, замеченных в тот же день в “провинции Донского казачества”. Уже в ноябрьском 1866 г. выпуске “Proceedings of The Meteorological Society” (“Материалы Метеорологического общества”, редактор Дж. Глешер) были опубликованы отчет Михаила Александровича и письмо А. Вешезерова.



Подъем М.А. Рыкачёва на воздушном шаре. 1873 г. Рисунок К.К. Арцеулова.

Неизвестно, сколько человек в России отозвались на призыв М.А. Рыкачёва следить за “падающими звездами”. В Петербургском филиале Архива РАН хранится записка неизвестного любителя астрономии из Мурома, который в ночь на 1 ноября 1866 г. увидел 28 метеоров, два из которых были большими и имели “длинные блестящие хвосты”. Другая же ночь в Муроме оказалась снежной и облачной, поэтому наблюдения не производились.

Отметим и письмо М. Слюсарева из поселка Алексеевка-Городище (Донецкий округ), который в три часа ночи 2 ноября 1866 г. заметил “на небе огненное тело, имеющее вид дороги, но не более как через  $\frac{1}{4}$  часа оно изменилось и приняло форму, приложенную на фигуре (рисунке. – В.С.). По прошествии 5 минут вдруг посыпалось бесчисленное множество метеоров раз-

личной величины и цветов, они падали до самого рассвета”. М. Слюсарев сообщал, что и в Новочеркасске видели подобное явление. Мы же отметим, что им был нарисован профиль “летающей тарелки”.

Таким образом, осенью 1866 г. лейтенант М.А. Рыкачёв стал инициатором метеорных исследований в России.

Михаила Александровича и впоследствии продолжали интересоваться метеорные дожди. В 1896 г., когда генерал-майор по Адмиралтейству М.А. Рыкачёв уже был директором Главной физической обсерватории Академии наук, он при организации первого международного полета воздушных шаров для наблюдений в высоких слоях атмосферы в ночь на 2 ноября предложил своим коллегам фотографировать метеорный дождь. Ночью 2 (14) ноября 1896 г. в Петербурге был запущен первый шарзонд, одновременно шары поднялись в небо в Берлине, Страсбурге и Париже. В ту же ночь на воздушном шаре “Ванновский” совершил полет командир Воздухоплавательного парка А.М. Кованько, достигший высоты 5 тыс. м. Однако он и его спутники, летевшие выше облаков, в ясную ночь не заметили ноябрьского потока метеоров.

М.А. Рыкачёв сам четырежды поднимался на воздушных шарах и произвел научные исследования. Отчет о результатах полета в 1873 г. он опубликовал в “Записках Императорского Русского географического общества”. В 1896–1897 гг. по его инициативе с аэростатов начались наблюдения за формой и движением облаков. Когда в 1881 г. при Императорском Русском техническом обществе возник Воздухоплавательный отдел, М.А. Рыкачёв был избран его первым председателем, в 1904 г. под его руководством прошел IV Международный воздухоплавательный съезд.

В течение 20 лет М.А. Рыкачёв вел большую организаторскую работу по развитию сети метеорологических станций и Службы погоды. Исследования распределения земного магнетизма в Каспийском море в 1886 г. позволило Михаилу Александровичу построить новые магнитные карты для этого бассейна. М.А. Рыкачёв принимал участие в ряде съездов и комиссий по вопросам, связанным с метеорологией в России и за границей. Он воспитал много молодых ученых, как гражданских лиц, так и офицеров, занимавшихся при обсерватории для совершенствования своих знаний по метеорологии и физике.

---

## Информация

---

### Кольца вокруг астероида

У астероида 10 199 Чарикло (Chariklo) диаметром  $248 \pm 18$  км обнаружены два кольца шириной 3–7 км, расположенные в 396 км и 405 км от него. Это один из самых больших астероидов

группы кентавров и самый маленький среди известных объектов, имеющих кольца. Он обращается на орбите между Сатурном и Ураном: афелий – 18,66 а.е., перигелий – 13,08 а.е., наклонение –  $23,37^\circ$ , период обращения – 63,17 года. Чарикло открыт 15 февраля 1997 г. американским астрономом Дж. Скотти как объект 1997 CU<sub>26</sub>. Астероид назван в честь нимфы, жены одного из кентавров. В 2013 г. произошел транзит этой малой планеты перед звездой, то-

гда были зарегистрированы ослабления яркости звезды, свидетельствующие о существовании колец. Ученые, учитывая малую массу астероида и его сближения с другими маленькими астероидами и с Ураном, проводят компьютерное моделирование, чтобы выяснить, как могла сформироваться система колец у Чарикло, как она сохраняется и как долго просуществует.

Пресс-релиз ESO,  
26 марта 2014 г.

## История создания оптических линз и зажигательных зеркал

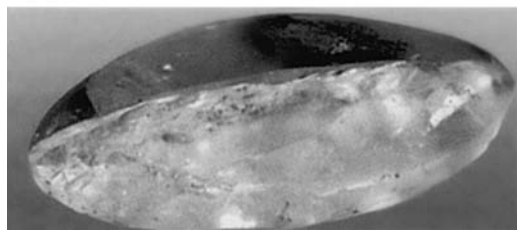
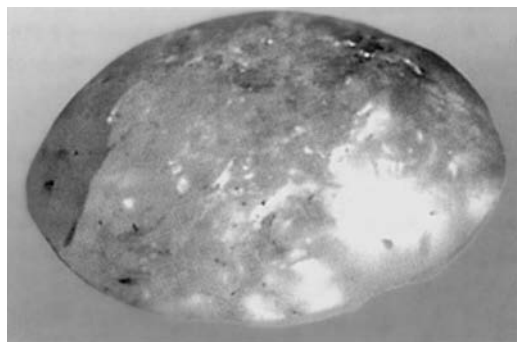
В.А. ГУРИКОВ,  
кандидат технических наук  
ИИЕиТ им. С.И. Вавилова РАН

### ТАЙНЫ ДРЕВНИХ ЛИНЗ

Сложные оптические инструменты – телескопы и микроскопы – могли, очевидно, появиться только тогда, когда стали известны свойства оптических линз и искусство их изготовления достигло определенной высоты. Именно поэтому нам необходимо прежде всего обратиться к самому начальному этапу истории линз.

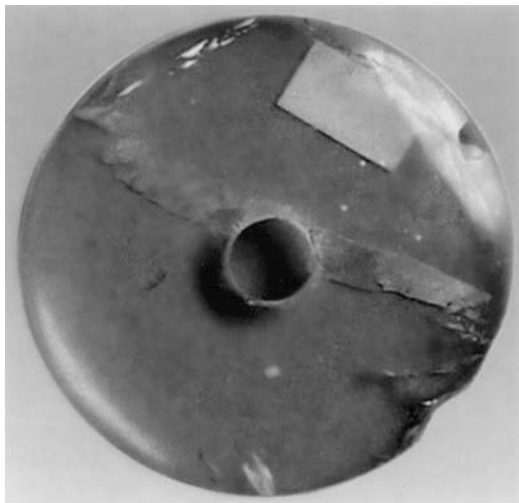
До настоящего времени нет единого мнения по вопросу о том, были ли известны линзы и их оптические свойства в классической древности. При раскопках в Месопотамии, Египте, на Крите, в Греции и Италии обнаружено довольно много линзоподобных тел из горного хрусталя и стекла, а также из берилла и других прозрачных драгоценных камней. При раскопках Генрихом Шлиманом Трои в 1890 г. были найдены линзы, датируемые приблизительно 2500 г. до н.э. В развалинах Кносского дворца на Крите обнаружили небольшую плоско-выпуклую линзу из горного хрусталя с фокусным расстоянием около 140 мм, датируемую 1200–1600 гг. до н.э. Эта линза экспонируется в музее г. Кандис на Крите. Очень интересную находку сделал археолог А. Лейдр при раскопках дворца царя Ассирии Саргона II в

Ниневии (современный Ирак, г. Мосул). Он обнаружил линзу из горного хрусталя, датируемую 725 г. до н.э. Большой интерес представляют также линзы из стекла, найденные в Саргоне (Месопотамия, современная Сирия) и датируемые 400–600 гг. до н.э. Мнения ученых



Линза, найденная Генрихом Шлиманом при раскопках Трои. 2500 г. до н.э.





Круглая линза из коллекции Г. Шлимана с отверстием. 2200 г. до н.э.

по поводу происхождения этих линз расходятся.

#### ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ЗЕРКАЛА

Зеркала известны с глубокой древности. Почти все они были металлическими. Зеркала стали материальной базой ряда наблюдений, великие греческие математики и физики смогли заложить основы оптики.

Металлические зеркала обнаружены при раскопках памятников в Египте, Греции, Этрурии и других очагах древних цивилизаций. Однако в древности были известны и зеркала из стекла. Так, например, в гробницах древних мумий в Перу найдены плоские, выпуклые и вогнутые зеркала из стекловидного камня. В Китае уже в 2000 г. до н.э. использовались зеркала из стекла. Грекам около 600 г. до н.э. стали известны металлические и стеклянные зеркала. В 1867 г. первый образец греческого зеркала археологи обнаружили при раскопках в Коринфе.

Зеркала в древности часто применялись в религиозных обрядах. Согласно

античной легенде, Персей убил горгону Медузу, взгляд которой обращал всех смотрящих на нее в камень, с помощью отполированного щита. Как сообщает афинский грамматик Аполлодор в сочинении "Библиотека" (II в. до н.э.), Персей "отвернулся и, глядя в медный щит, где видел отражение Горгоны, обезглавил Медузу".

До нашего времени сохранилось немало бесспорных свидетельств древних авторов о зажигательном действии стекол и зеркал. Таким способом, по-видимому, издревле получали священный "чистый" жертвенный огонь. Еще в V в. до н.э. о таком зажигании как о всем известном явлении упоминает Аристофан в комедии "Облака". Плиний и Сенека сообщают о зажигательных действиях стеклянных шаров.

В сочинении "О темпераментах" (II в.) римский медик Клавдий Гален писал: *"И об Архимеде говорят, что он сжигал вражеское триеры"*. Византийский филолог Иоанн Цецем (XII в.) описывает зажигательные свойства зеркал Архимеда в своем сочинении "Тысячи". У историков возникли сомнения в подлинности события, так как не нашлось более ранних свидетельств о сожжении Архимедом римских кораблей и, в частности, отсутствует упоминание об этом в "Параллельных жизнеописаниях" Плутарха, который сообщал много подробностей из жизни Архимеда.

Недавно греческий инженер Иоаннис Саккас реконструировал и проверил возможность применения зажигательных зеркал. В ноябре 1973 г. он провел серию опытов, в которых использовал в качестве зажигательных зеркал комбинацию отполированных до зеркального блеска щитов. По сигналу И. Саккаса солдаты, державшие щиты, направляли солнечные лучи от щитов на древнеримские корабли. В последнем опыте 6 ноября 1973 г. с помощью 70 зеркал с расстояния 55 м в течение двух-трех минут были подожжены древнеримские корабли.

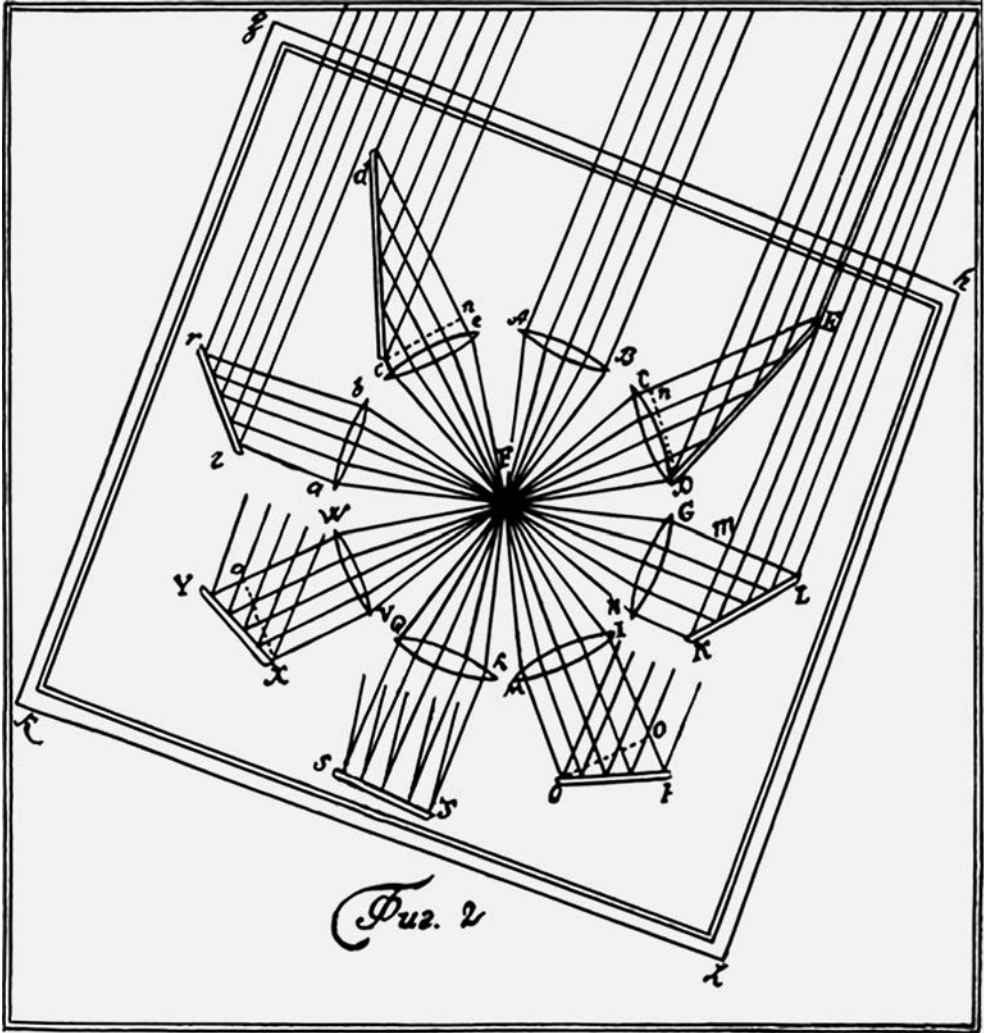


Архимед, сжигающий вражеские корабли с помощью системы зеркал. Гравюра XVI в.

Отражение от плоского зеркала, от комбинированного плоского зеркала и от "искривленного" зеркала рассматривает Тит Лукреций Кар в поэме "О природе вещей". Теория отражения света от зеркал различной формы подробно излагается в "Книге оптики" арабского ученого Ибн ал-Хайсама.

Интересно отметить, что спустя почти 300 лет (в XIII в.) английский фило-

соф и естествоиспытатель Роджер Бэкон, разбирая действие сферических зеркал, установил, что их фокус лежит на расстоянии от зеркала меньше половины его радиуса, причем для лучей, различно отстоящих от оси, он различен. Таким образом, Р. Бэкон первым измерил фокусное расстояние и открыл сферическую аберрацию. Он указывает, что наибольшей зажигательной

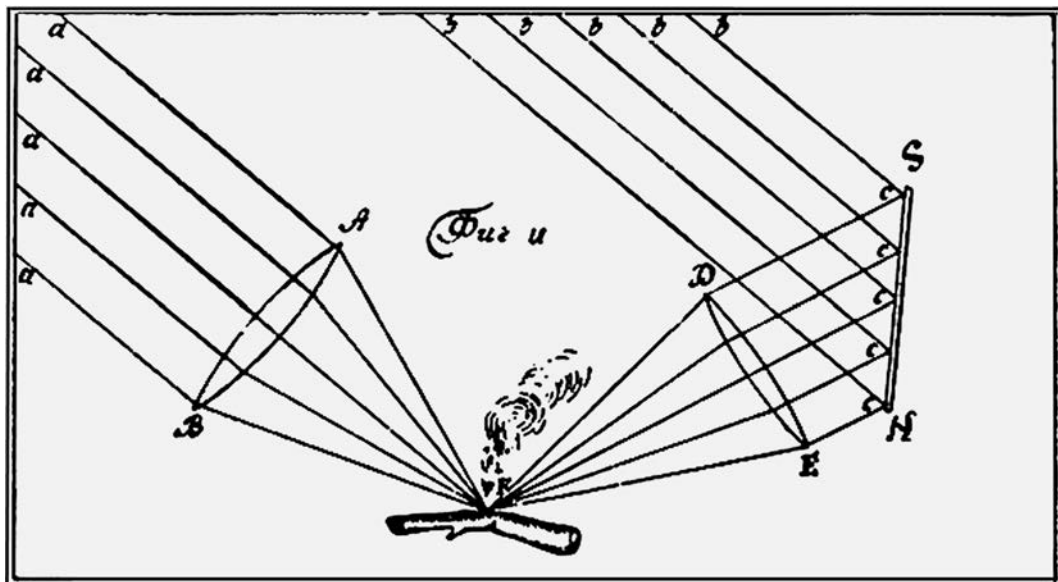


Катоптрико-диоптрический зажигающий инструмент. Рисунок М.В. Ломоносова. 1741 г.

способностью обладает параболическое зеркало, лишенное сферической aberrации, фокусное расстояние которого равно одной четверти его диаметра. Последующие исследования оптических свойств данного зеркала это подтвердили. Солнечные лучи, падающие на зеркало, Р. Бэкон считает параллельными вследствие отдаленности Солнца. Он отмечает, что действие их тем сильнее, чем отвеснее они падают на плоскость. На его рисунках изоб-

ражено множество различных комбинаций глаза и вогнутого или выпуклого зеркала. Рисунков линз (прозрачных сред, ограниченных двумя сферическими поверхностями) у Р. Бэкона не встречается.

Зажигающие оптические инструменты еще долгое время продолжают оставаться в поле зрения ученых. В XVIII в. созданием таких инструментов занимались, в частности, М.В. Ломоносов и А.Л. Лавуазье.



Собственноручный чертёж М.В. Ломоносова, иллюстрирующий принцип построения его катоптрико-диоптрического зажигательного инструмента. 1741 г.

Первой работой М.В. Ломоносова в этой области было сочинение “Рассуждение о катоптрико-диоптрическом зажигательном инструменте”, написанное в 1741 г. С принципом действия зажигательных оптических инструментов Ломоносов познакомился, прочитав статью профессора Петербургской академии наук Г.В. Крафта “О зажигательных зеркалах и зажигательных стеклах”, опубликованную в июле 1735 г. в “Примечаниях на Ведомости”. Кроме того, в самой Академии наук хранилось одно из зажигательных стекол известного английского оптика Э.В. Чирнгауза.

Многие исследователи пытались увеличить концентрируемую в фокусе зажигательного инструмента солнечную энергию. Это приводило к увеличению диаметра линз и зеркал. Ломоносов решил эту задачу совершенно оригинальным способом: *“собираем фокусов нескольких линз или зеркал в одно и то же место, где соединенными силами они и произведут жар больший, чем известный до сих пор”*. К проблеме

“сгущения света” Ломоносов впоследствии возвращался неоднократно.

К теме создания зажигательных оптических инструментов обращался и другой ученый XVIII в. – А.Л. Лавуазье. В своих мемуарах “Размышления о методе применения солнечных лучей к физическим исследованиям” он дал описание знаменитой солнечной установки для получения “сверхвысокого жара”. Эта установка, сконструированная по указаниям Лавуазье в 1772 г., имела большую двояковыпуклую линзу диаметром около 1,5 м и была собрана из двух вогнуто-выпуклых линз, пространство между которыми заполняла жидкость. Конструкция этой установки была спроектирована так, что один человек мог без труда изменять угол наклона гигантской линзы и поворачивать всю платформу в направлении на Солнце.

Зажигательные оптические инструменты и зеркала сыграли важную, прогрессивную роль в развитии оптики как науки и способствовали использованию линз в прикладных целях, в частности в создании телескопа.

## **Костромской планетарий**

Костромской областной планетарий – один из старейших планетариев России – открыт в феврале 1951 г. Он располагается в здании – памятнике архитектуры

и истории конца XVIII – начала XIX в.

Благодаря энтузиазму сотрудников Костромского планетария, пропагандирующих научные знания об окружающем

мире, достижения астрономии и космонавтики, он стал настоящим очагом культуры и науки. В Звездном зале в 1951 г. был установлен аппарат УП, его монтажом зани-



*Здание Костромского областного планетария.*





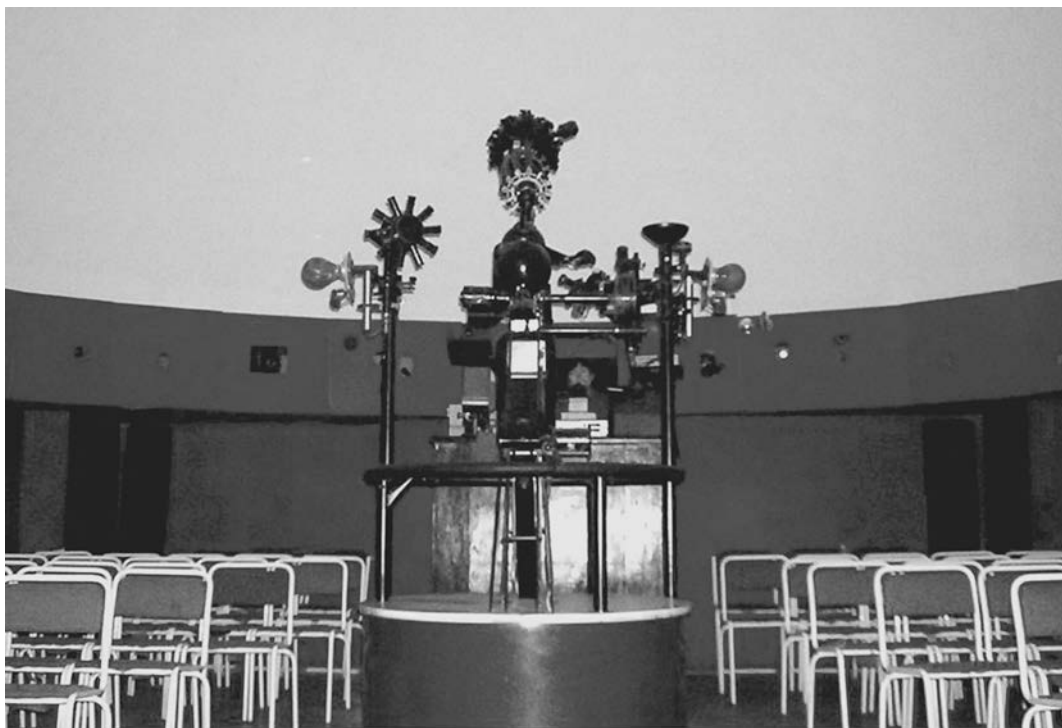
*135-мм цейсовский телескоп-рефрактор, фрагмент здания Планетария и заведующий обсерваторией А.П. Горшков.*

мались специалисты из Московского планетария. В 1962 г. Звездный зал оборудовали аппаратом “Малый Цейс”, который верно служит нам до сих пор. Техническое оснащение Планетария постоянно совершенствовалось, использовалось оборудование для воспроизведения спецэффектов, которое изготовила московская экспериментальная фабрика, пополнялся диапозитивный фонд. Кроме того, открылся еще один лекционный зал, осна-

щенный приборами и кинопроекторами для демонстрации физических опытов и учебных фильмов.

В 1958 г. на верхнем этаже здания построили обсерваторию, где установили 135-мм цейсовский телескоп-рефрактор. С началом освоения космоса интерес к изучению Вселенной повысился, поэтому увеличилось число выездных лекций – на предприятия, строительные площадки, в колхозы области.

До 1992 г. Планетарий находился в системе общества “Знание”, но в результате преобразований, происходивших в стране, он был передан в ведение Департамента образования как отдел станции юных туристов. Это позволило его сохранить. Даже в самое трудное время Планетарий ни на один день не закрыл свои двери. В 1993 г. он был выделен в отдельную структуру и стал первым среди планетариев учреждением



*Звездный зал Планетария с аппаратом "Малый Цейс".*

дополнительного образования.

Одна из основных задач работы Планетария – формирование научного мировоззрения, расширение кругозора и развитие творческого потенциала у детей разного возраста. Работают 11 творческих объединений, в их числе "Астрофизика", "Электроника для астрономии", "Увлекательная астрономия". Преподавание ведется по авторским программам, занятия проходят в группах по 15 человек. Выпускники творческих объединений нередко продолжают изучать астрономию в высших учеб-

ных заведениях Москвы и Санкт-Петербурга.

В рамках естественного направления деятельности создана программа по заочно-дистанционной форме обучения, что позволяет охватить больше учащихся, занимающихся в образовательных учреждениях Костромской области. Эту программу подготовил педагог дополнительного образования Виктор Леонидович Иванов.

В Звездном зале демонстрируются аудиовизуальные программы, разработанные с учетом возраста учащихся. Для самых маленьких это ска-

зочные истории, герои которых отправляются в космические путешествия и знакомят слушателей с Солнцем и Луной, планетами и кометами, рассказывают о звездах и созвездиях, объясняют природу различных явлений на небе. "Куда исчезло Солнышко", "Проделки Луны", "Волшебная ночь", "Почемучкин сон" – вот лишь немногие из нескольких десятков названий аудиовизуальных программ, адресованных детям от 5 до 10 лет. Посетители постарше узнают о тайнах Марса, различных процессах во Вселенной, историю названий созвездий и зна-

ков зодиака, “побывают” на планетах Солнечной системы и в далеких галактиках. В настоящее время в репертуаре Планетария более 100 аудиовизуальных программ. В течение года Планетарий посещают около 30 тыс. человек.

Только в Планетарии в любое время года и суток на любой широте Северного полушария Земли можно изучать звездное небо, наблюдать движение светил, наглядно представить положение основных координатных точек и линий на небесной сфере. Различные спецэффекты дополняют представления учащихся о природе небесных тел. Для этого используются аппараты, демонстрирующие смену лунных фаз, ход солнечного и лунного затмений, панораму лунной поверхности, метеорный дождь, движение планет на небе и многое другое. Содержание каждой программы иллюстрируется богатым видеорядом с применением современных мультимедийных возможностей, дополняется музыкальным сопровождением, научно-популярными видеофильмами. В помощь педагогам, воспитателям дошкольных образовательных учреждений и родителям создаются новые аудиовизуальные программы, например “Воздушные призраки”, “Райский сад”. Все программы – от идеи,

подбора материала и музыки, компьютерного воплощения до постановки в Звездном зале с использованием спецэффектов – созданы методистами учреждения: И.А. Евсевьевой, С.Е. Куликовой, А.В. Степаненко. В апреле 2013 г. в Звездном зале было установлено новое оборудование для демонстрации полнокупольных программ.

Астрономия как учебный предмет исключена из школьной программы, однако вопросы астрономии вошли в курсы физики и естествознания. В сложившейся обстановке роль Планетария резко возрастает, тем более что наблюдается устойчивый интерес школьников к астрономии и космонавтике. В связи с этим разработана программа интегрированного курса астрономии “Земля и небо” для учащихся 5–6 классов на основе школьного учебника А.Е. Гуревича и Д.А. Исаева “Физика – Химия”. Курс рассчитан на восемь посещений и состоит из аудиовизуальных программ, практических наблюдений, интеллектуальных игр.

Цикл программ для младшей “О чем узнал Почемучка?” рассчитан на восемь посещений Планетария, занятия могут быть и выездными.

Опыт работы со школами позволил создать также программу помо-

щи в преподавании элементов астрономии в профессиональных училищах и лицеях, которая сейчас успешно выполняется. Подготовлен цикл аудиовизуальных программ, соответствующих содержанию раздела по астрономии в курсе физики, изучаемом в этих учебных заведениях. Начиная с 2003 г. ежегодно организуются и проводятся областные астрономические олимпиады. Методисты А.В. Степаненко, И.А. Евсевьева разрабатывают положение о проведении школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, подбирают задания. Региональный этап олимпиады проходит в Планетарии. Его победители принимают участие в заключительном этапе Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, показывая неплохие результаты.

В весенние каникулы в День науки старшеклассники представляют свои научно-исследовательские работы и модели. Работы победителей направляются на региональные конкурсы, где многие из наших ребят занимают призовые места.

С 2011 г. Планетарий отвечает за организацию и проведение выездных туров Санкт-Петербургской олимпиады по аст-



*Участники астрономической олимпиады для школьников.*

рономии в Костромской области.

Одной из важнейших особенностей астрономии как науки является то, что в ее основе лежат наблюдения. В 1998 г. после долгого перерыва была восстановлена и открыта обсерватория Планетария. Заведующий обсерваторией А.П. Горшков организует наблюдения для публики, делает астрофотографии, оказывает методическую помощь в подготовке научно-исследовательских и дипломных работ. Он ежегодно готовит к изданию астрономический кален-

дарь для Костромы. Телескопические наблюдения используются не только в учебных, но и в исследовательских целях. На конкурс "Созвездие" школьники представили расчет скорости движения Луны по фотографиям лунного затмения, полученным с помощью телескопа Планетария. Число посетителей обсерватории в 2012 г. возросло в 1,5 раза по сравнению с 2011 г.

Планетарий широко использует новые формы работы, направленные на то, чтобы сделать пассивных слушателей активными участниками

творческого процесса. Это, прежде всего, интеллектуальные игры для учащихся всех возрастов. Самым маленьким предназначена игра "Цветик-семицветик": дети совершают увлекательное путешествие в страну сказок, подводное царство, лес, космическое пространство. Они отвечают на вопросы занимательной викторины, тем самым расширяя свой кругозор, коммуникативные навыки. Опыт показывает, что эта игра эмоционально воздействует даже на самых младших школьников. Учащимся сред-

него и старшего возраста предназначена игра “Звездный час”. Игра построена таким образом, что вызывает живой интерес не только у непосредственных участников, но и у зрителей, прежде всего за счет максимального использования возможностей Планетария: спецэффекты, видеоряд, музыка, игра со зрителями, викторины. Самым старшим школьникам предлагается игра “Звездный брейн-ринг”.

Учащиеся активно участвуют в ежегодных творческих конкурсах рисунков, поделок, фотографий, литературных произведений, научных рефератов. Конкурс научно-исследовательских проектов по предмету “Окружающий мир” для учащихся начальной школы стал инновационным. Работы, представляемые ребятами, радуют разнообразием, элементами настоящего исследования. Они изучают Луну и Солнце, экологию родного края.

В 2011 г. в честь 50-летия полета Ю.А. Гагарина был проведен фестиваль “Мой космос”, в его программу вошли конкурсы рисунков, поделок, стихов. Было представлено более 600 работ учащихся образовательных учреждений области, тысячи посетителей смогли увидеть лучшие работы на выставке в фойе Планетария. Огромным

успехом пользовалась выставка по итогам фотоконкурса “Мой питомец готовится к полету”, посвященного 50-летию запуска второго корабля-спутника, на котором совершили полет Белка и Стрелка. В настоящее время проходит выставка фотографий “Как прекрасен этот мир”.

В последние годы традиционными стали многие массовые мероприятия, например День знаний, День защиты детей, Звездное лето,

Звездные новогодние каникулы. Среди них – неделя космонавтики и торжественное празднование Дня космонавтики, традиционно проводимые совместно с представителями общества ветеранов космодромов Байконур и Плесецк, с которыми Планетарий много лет тесно сотрудничает.

Костромской областной планетарий сегодня – это еще и театр под звездами. В 1998 г. в Звездном зале состо-



*Егор Проничев и Вячеслав Чумичев во время защиты исследовательской работы по астрономии.*



*Поделки ребят, представленные на конкурс “Мой космос”.*

ялся первый спектакль “Времена года” с участием актеров. Увлекательный и познавательный сюжет, непосредственное общение сказочных героев с детьми, красочные декорации, видео- и аудиосопровождение делают его незабываемым и вызывают еще больший интерес к познанию мира. В настоящее время в репертуаре более 10 спектаклей, их автор и постановщик – методист Планетария С.Е. Куликова. Успехом у зрителей пользуются спектакли “О чем узнал Незнайка”, “В гостях у феи”, “Новогодний зодиак”.

Большое значение придается работе с молодежью. Возможности Планетария позволяют показать красоту Вселенной, воспетую в стихах и музыке. Для свадебного торжества подготовлена специальная программа “Благословляют звезды ваш союз”.

Планетарий – центр методической работы. На его базе систематически проходят семинары для учителей физики и естествознания, ведущие ученые Москвы и Санкт-Петербурга читают лекции. Сотрудники Планетария разрабатывают дидактические материалы, методические

пособия, такие как, например, “Математика и астрономия”, включающая сборник “Математические задачи для любителей астрономии” для учителей математики.

В Планетарии есть библиотека, в ней собраны современные книги и журналы астрономической и естественнонаучной тематики. Читальный зал принимает всех желающих, а методисты оказывают помощь в работе с литературой для написания докладов, творческих работ, рефератов, подготовке к олимпиадам. В читальном зале можно воспользоваться “Wi-Fi”.



Костромской областной планетарий – член Ассоциации планетариев России и Международной ассоциации планетариев с 1994 г. В международной конференции, посвященной 50-летию планетария, приняли участие более 30 представителей планетариев России, стран ближнего и дальнего зарубежья. Почет-

ными гостями конференции стали финансовый директор Международной ассоциации планетариев Ш. Латш и представитель этой ассоциации Д. Дейл (США). Большой друг Планетария – летчик-космонавт Г.М. Гречко.

Педагоги планетария постоянно совершенствуют свое мастерство,

повышают квалификацию, ежегодно участвуя в “Школе лекторов планетариев”, которая проводится в планетарии Культурного центра Вооруженных Сил Российской Федерации в Москве.

*С.Ю. САХАРОВА,  
директор Костромского  
областного планетария*

---

## *Информация*

---

### **Двойная система сверхмассивных чер- ных дыр**

Группа астрономов из Института радиоастрономии Общества Макса Планка во главе с Ш. Комосса обнаружила в центре обычной галактики SDSS J120136.02+300305.5, удаленной от Земли на 2 млрд св. лет, двойную систему сверхмассивных черных дыр. Их массы –  $10^6 M_{\odot}$  и  $10^7 M_{\odot}$ , расстояние между ними – 0,6 мпк (около

120 а.е.). Заметить вторую сверхмассивную черную дыру ученым удалось по вспышке, возникшей в результате захвата аккреционным диском ближайшей звезды. Столь близкое расположение двух сверхмассивных черных дыр, по мнению астрофизиков, связано с тем, что они в настоящее время находятся в стадии слияния. Предполагается, что эта бинарная система образовалась в результате взаимодействия двух галактик. Открытие сделано с помощью европейской обсерватории “ХММ-Ньютон” (Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 60–62; 2011, № 2).

На сегодняшний день известно несколько канди-

датов в двойные системы сверхмассивных черных дыр, и все они находятся в галактиках с активным звездообразованием. Однако галактика SDSS J120136.02+300305.5 оказалась неактивной. Обнаружить двойные черные дыры в неактивных галактиках сложно: из-за отсутствия газовых облаков, питающих черные дыры, центры этих галактик не светятся. В процессе падения вещества на черную дыру газ нагревается настолько сильно, что излучает в рентгеновском диапазоне, поэтому центр галактики выглядит очень ярким.

Пресс-релиз ESA –  
NASA,  
24 апреля 2014 г.

## Обзор планетария “Stellarium”

За написание данной статьи я сел из-за бытующего мнения, что “Stellarium” – это планетарий-игрушка и он не годится для серьезного использования. Поверьте, это не совсем так, а иногда и совсем

не так. Все зависит от того, в какой области предполагается применение данного планетария. В августе 2010 г. я исправил ошибки локализации и избавился от русско-английского интерфейса. За прошед-

шие три года прошел путь до одного из ведущих разработчиков этого планетария, хорошо изучил его функции и набрал статистику использования, пообщавшись с его пользователями.

### БАЗОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Родоначальник планетария французский программист Фабьен Шеро задумал “Stellarium” как хороший и при этом компактный визуализатор звездного неба с простым и понятным интерфейсом. Изначальная ориентация на ресурсы графических карт и технологию OpenGL (графическая библиотека, включающая более 250 функций для рисования сложных трехмерных изображений) позволила добиться высокой скорости рендеринга неба и его реалистичного воссоздания. Первую проблему удалось решить благодаря OpenGL, вторую – способу организации звездных каталогов

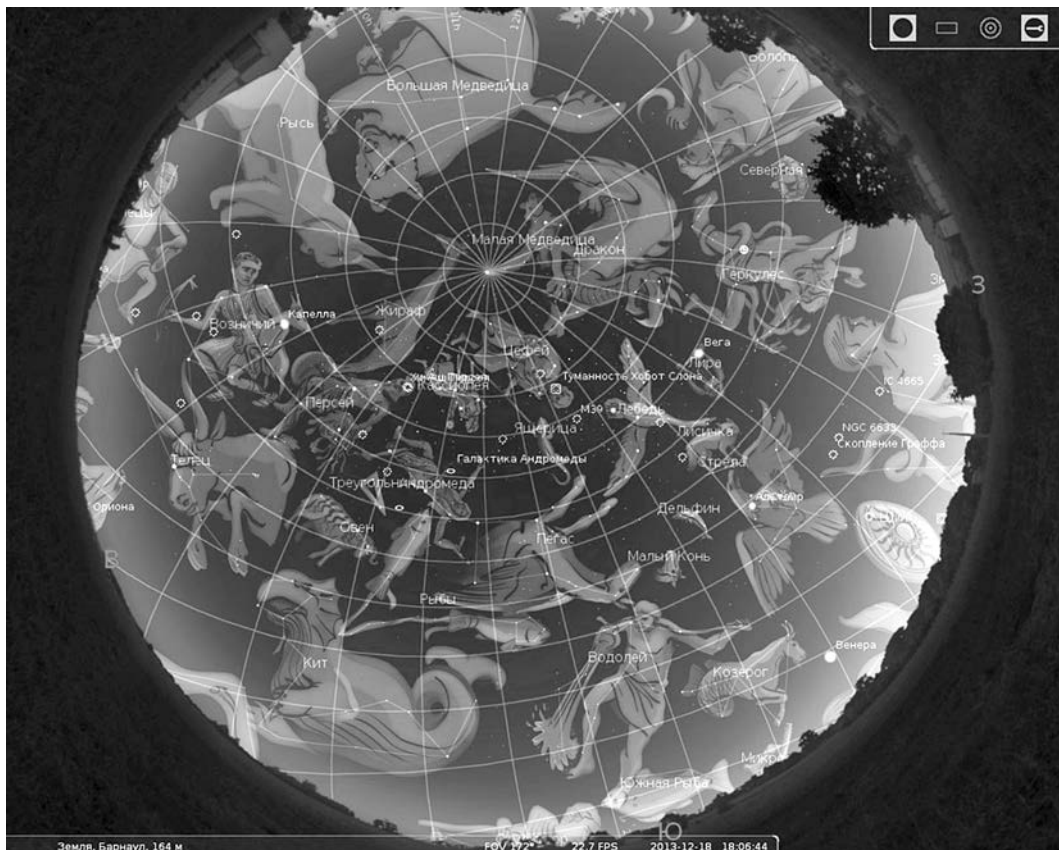
и рендеринга данных из них.

В базовый комплект планетария входит каталог из 600 тыс. звезд (составленный по данным каталогов Hipparcos и Tycho 2), чего уже достаточно для создания модели звездного неба, если смотреть на него невооруженным глазом, с помощью бинокля или подзорной трубы. При необходимости можно подключить звездный каталог NOMAD Военно-морской обсерватории США, тогда число обрабатываемых планетарием звезд достигнет 210 млн практически без снижения производительности.

Количество поддерживаемых звездных каталогов не сильная сторона “Stellarium” в отличие от картографических

планетариев (например, астрономической программы “Cartes du Ciel”), рассчитанных на работу с картами и поддержку различных каталогов. Отличительная особенность “Stellarium” – плавность прокрутки небесной сферы при большом количестве объектов на ней.

Для ряда звезд (из каталога Hipparcos) есть данные об их собственном движении, которые “Stellarium” учитывает при моделировании звездного неба. С учетом прецессии пользователь видит смещение полюса мира среди звезд. Для большей реалистичности звездного неба планетарий моделирует характерное мерцание звезд, световое загрязнение, эффекты рефракции ат-



*Северное полушарие неба после захода Солнца, проецируемое планетарием “Stellarium”.*

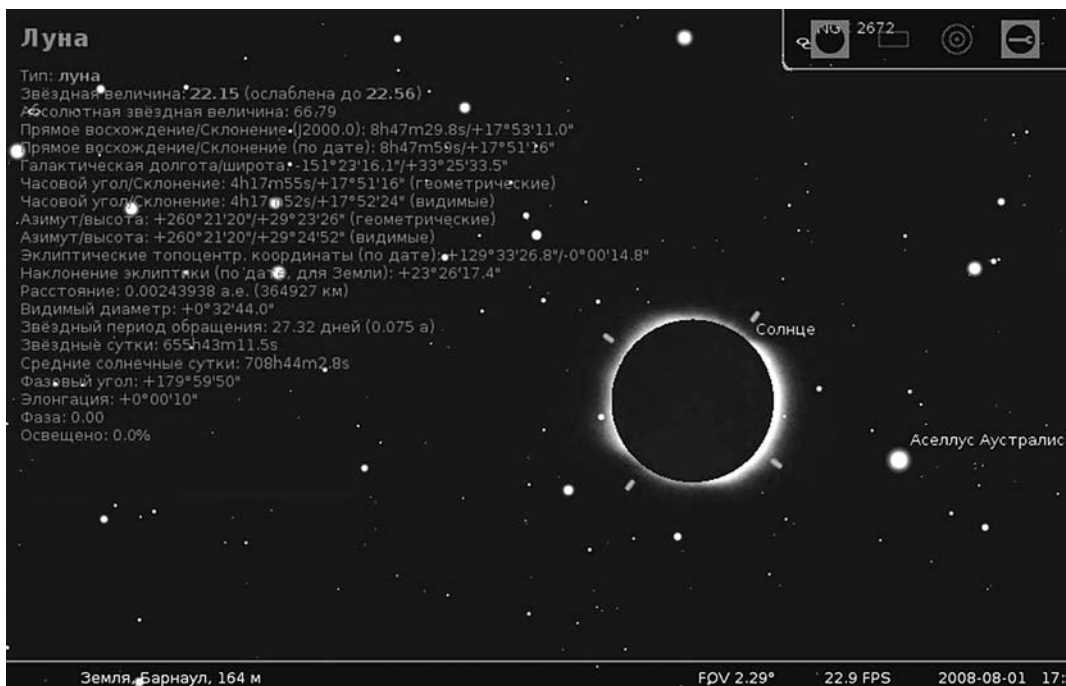
мосферы и ослабления яркости небесных светил близ горизонта.

Часть объектов глубокого космоса – Млечный Путь, некоторые галактики, звездные скопления и туманности – представлены в виде текстур (реальные изображения), “вшитых” в звездное небо. При желании пользователи могут включить отображение маркеров объектов глубокого космоса, а выделяя их, получить информацию о соответствующем объ-

екте. “Stellarium” оперирует основными любительскими каталогами объектов Вселенной – новым общим каталогом туманностей и звездных скоплений, индекс-каталогами Дж. Дреера (NGC и IC), каталогами Ш. Мессье (M) и П. Колдуэлла-Мура (C).

Для расчета положения тел Солнечной системы “Stellarium” применяет версию 1987 г. полуаналитической планетарной теории VSOP (более известной как VSOP87),

для Луны – ELP2000-82B, а для галилеевых спутников Юпитера – L2. Так, при использовании VSOP87 точность положения Меркурия, Венеры, барицентра Земля – Луна и Марса будет 1” с 2000 г. до н.э. по 6000 г. н.э., аналогичная точность достижима для Юпитера и Сатурна с начала н.э. по 4000 г., а для Урана и Нептуна – с 4000 г. до н.э. по 8000 г. ELP2000-82B дает приемлемую точность положения Луны в 1828–2047 гг.



*Солнечная корона во время полного солнечного затмения 1 августа 2008 г., моделируемого планетарием "Stellarium".*

Долгое время "Stellarium" снабжался линейной шкалой времени и не учитывал вариации вращения Земли и Луны, из-за чего моделирование солнечных и лунных затмений было сопряжено с увеличивающейся ошибкой. Начиная с версии 0.12.0, планетарий стал учитывать разницу ( $\Delta T$ ) между земным временем (TT) и Всемирным временем (UT), и к версии 0.12.4 ему известно несколько теорий, описывающих разницу между идеальным равномерно текущим временем и "временем", обусловленным действительным вращением Земли. Сейчас "Stellarium" может

оперировать 29 различными уравнениями для  $\Delta T$ , включая отключенные коррекции или задания своего собственного уравнения. Команда разработчиков посчитала, что не имеет права решать, какая из современных теорий наиболее верная, поэтому и предоставили пользователям самим определиться с выбором. По умолчанию "Stellarium" использует для  $\Delta T$  решение Ф. Эспенака и Ж. Мееса, основанное на работах Л. Моррисона и Ф. Стивенсона (2004), и полиноме, проходящем через табличные значения для 1600–2000 гг., которое в настоящее время

считается универсальным и точным для довольно продолжительного периода времени. Такой же метод описан на сайте затмений NASA (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>) и в книге Ф. Эспенака и Ж. Мееса "Пятитысячелетний канон солнечных затмений: -1900 до +3000" (2006).

Команда разработчиков ввела поддержку  $\Delta T$  при моделировании астрономических явлений, что существенно сократило ошибку в определении даты затмений. Например, для 1 января 400 г. н.э. она теперь составляет менее 3<sup>с</sup> против 1<sup>ч</sup> 44<sup>м</sup> для программы серии 0.11 и более ранних

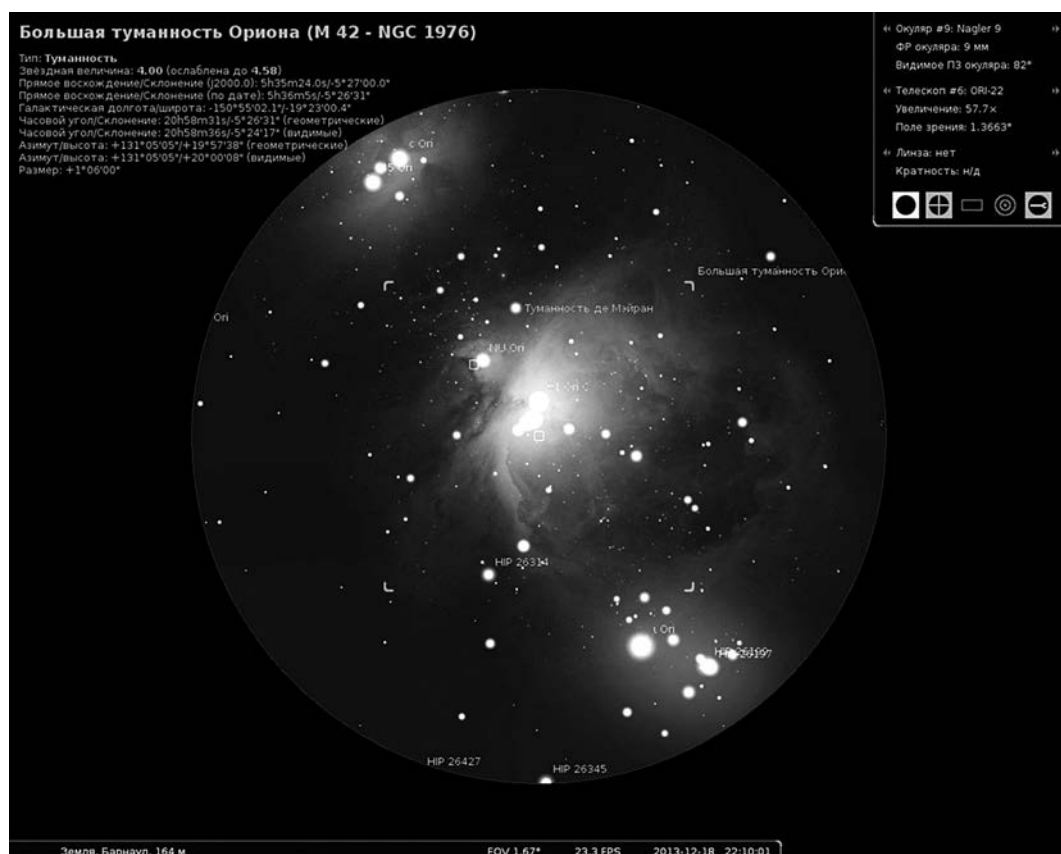
ее версий. Введение этой особенности проводилось в тесном сотрудничестве с профессионалами – археоастрономами.

Другая отличительная особенность планетария – обращение к мифологическим представлениям людей разных эпох о звездном небе. К примеру, можно переместиться во времена Древнего Египта или расцвета империи ацтеков, взглянуть на небо глазами индейцев Северной Америки или аборигенов Новой Зеландии. Пока в его

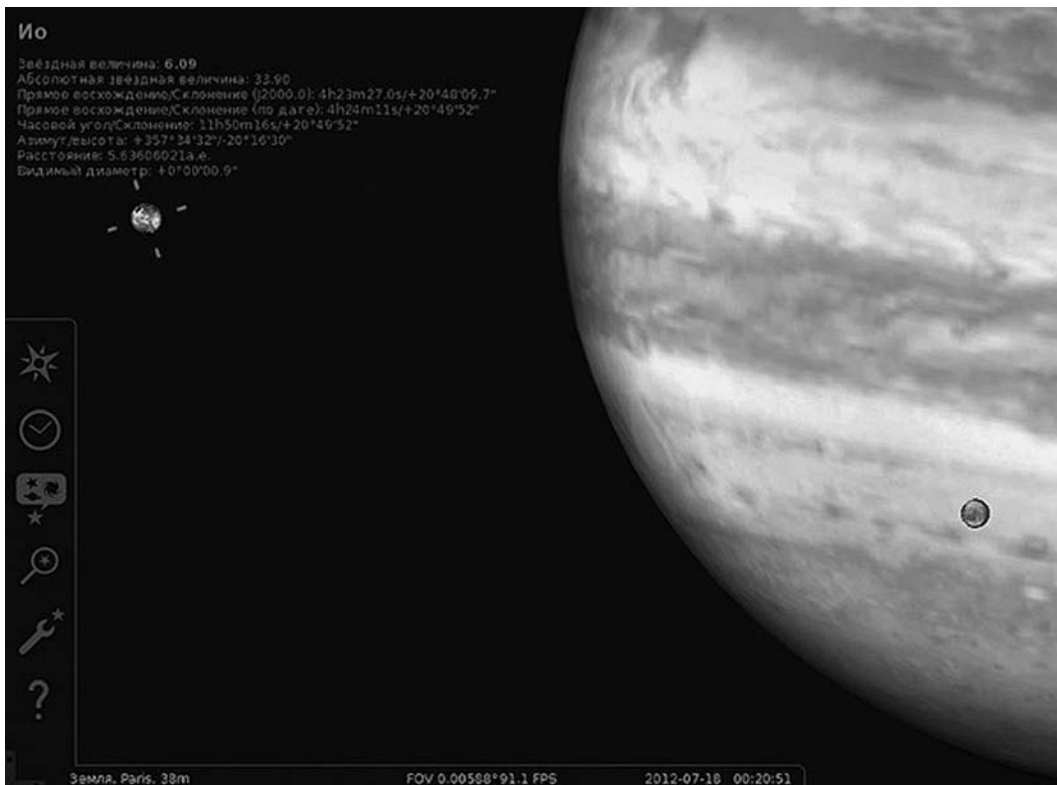
коллекции всего 15 таких программ, но даже это много больше того, что могут показать многие планетарии.

Планетарий позволяет выбрать земной пейзаж на свой вкус, а то и “переместиться” на любое небесное тело Солнечной системы и посмотреть на звездное небо с поверхности, скажем, Плутона или Цереры. Данные ландшафты не сложны в изготовлении, и пользователи планетария активно создают свои собственные.

Большинство виртуальных планетариев дают возможность пользователю включить показ основных линий и сеток небесной сферы – тут нет ничего удивительного, это считается их базовой функцией. А вот выбором проекции небесной сферы и ландшафта на экран компьютера похвастаться могут далеко не все планетарии. “Stellarium”, обладающий гибким интерфейсом и довольно мощными средствами масштабирования, позволяет проецировать



Туманность Ориона (M42, NGC 1976), проецируемая с помощью плагина “Окуляры”.



Фрагмент системы Юпитера. Плагин "Редактор Солнечной системы" позволяет узнавать положение спутников Юпитера в данный момент.

изображение не только на мониторе компьютера, но и на большие экраны, включая купола стационарных планетариев. Немаловажную помощь в демонстрации различных астрономических явлений оказывает встроенная поддержка сценариев на языке ECMAScript.

#### ПЛАГИНЫ

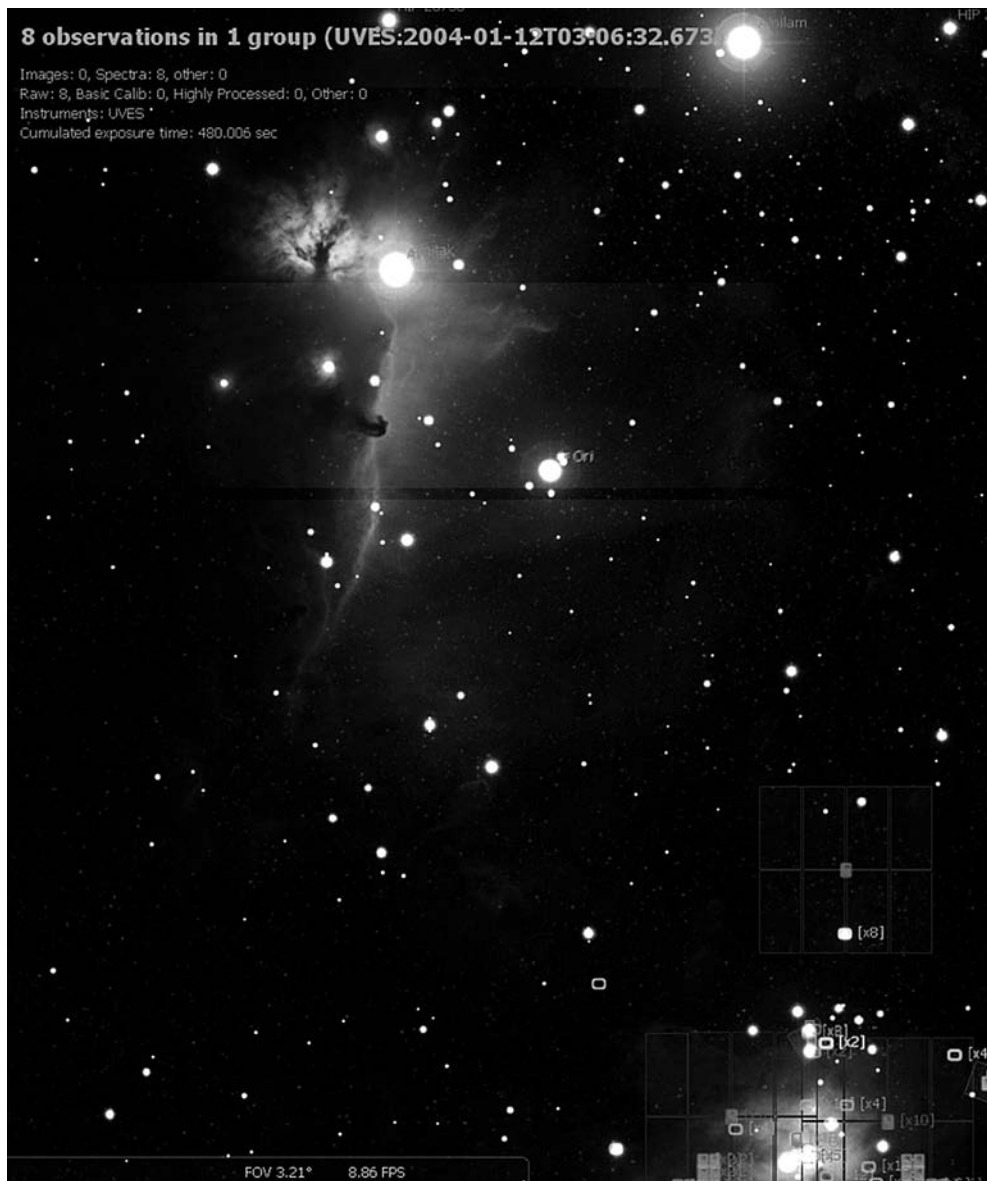
Начиная с версии 0.10.3, "Stellarium" поддерживают плагины (программный модуль, динамически подключаемый

к основной программе и предназначенный для расширения и/или использования ее возможностей). К 2009 г. появилось немало технически подкованных пользователей, которые расширили функции планетария, не переделывая его код. Зачастую расширение функций было необходимо для частных нужд, и включение его в базовую версию планетария не имело смысла. Введение системы плагинов – своеобразных дополнительных функциональных кирпичиков

в "здании" программы – помогло эффективно решить этот вопрос.

Сейчас для планетария "Stellarium" написано более двух десятков плагинов, и только часть из них создана теми, кто занимается разработкой самого планетария. У плагинов разный уровень сложности и функциональности, и они предназначены для решения разных задач. К примеру, плагины "Компас" и "Угломер" просты и решают по конкретной задаче – рисование градусной сетки по горизонту и измере-



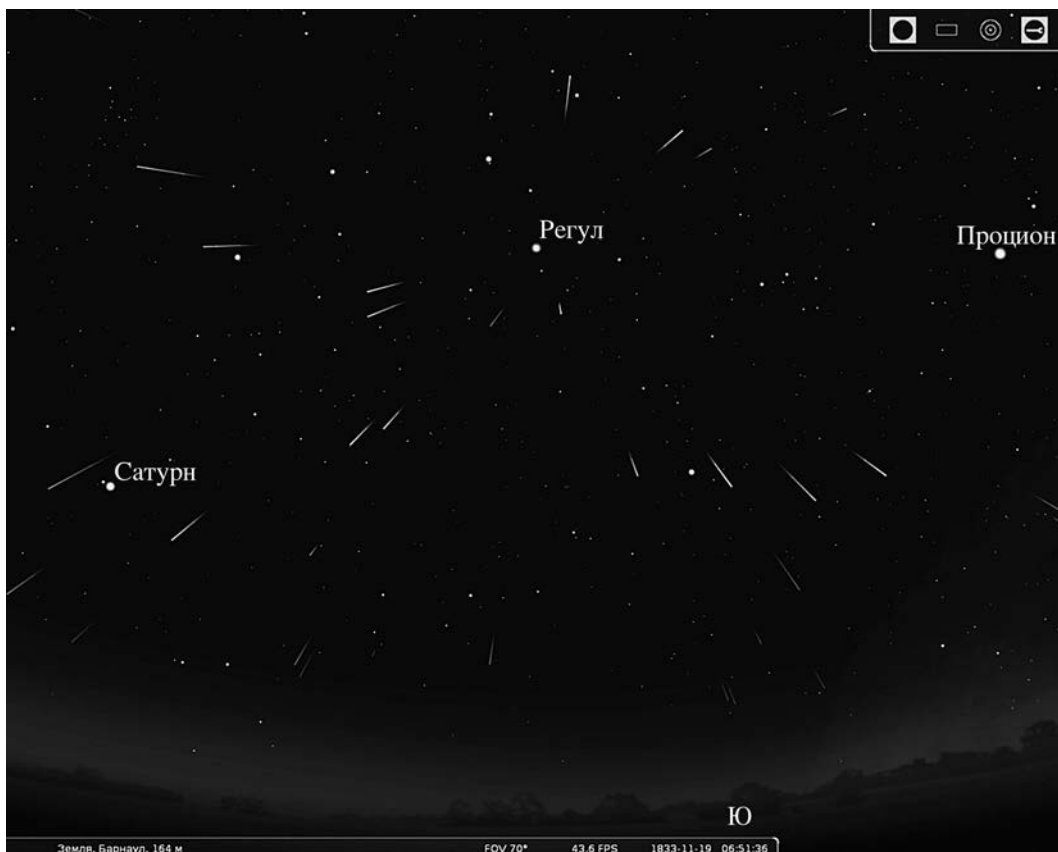


*Вид района Альнитака (Ориона) в созвездии Ориона через плагин VirGO.*

ние угловых расстояний соответственно. Намного более сложные плагины “Окуляры” и “Управление телескопом” решают комплекс задач. Первый из этих плагинов моделирует вид звездного неба

в телескоп, основываясь на характеристиках и комбинации телескопа, окуляра, цифрового приемника сигнала и линз Барлоу или Шепли. Второй – позволяет управлять монтажом

реальных телескопов. Плагин “Редактор Солнечной системы” позволяет добавлять в “Stellarium” астероиды и кометы, обновлять элементы орбит уже имеющихся в его базе данных объек-



*Метеорный дождь Леониды 1833 г. Моделирование выполнено с использованием базовых функций планетария.*

тов Солнечной системы или удалять не нужные пользователю небесные тела.

Ряд плагинов вносят поддержку объектов особого типа и моделирование их поведения. Так, плагин “Спутники” моделирует полеты ИСЗ и самостоятельно уточняет параметры их орбит благодаря обновлению TLE средствами самого плагина через Интернет. Плагин “Квезары” расставляет на звездном небе такие объекты (и ин-

формацию о них) из списка 13-й редакции каталога “Квезары и активные ядра галактик” (Верон и др.; 2010). Этот плагин также способен показать распределение квазаров по звездному небу в виде маркеров. Похожими свойствами обладает плагин “Пульсары”, он расставляет пульсары по небу на основе данных из каталога “The ATNF Pulsar Catalogue”.

С помощью плагинов “Исторические сверхновые” и “Яркие Новые”

на виртуальном небе появляется два класса нестационарных звезд – сверхновых и Новых. Оба плагина моделируют кривые блеска этих типов звезд с приемлемой точностью, несмотря на то что для настоящих физических моделей вычислительных ресурсов домашних компьютеров будет не хватать. Использование упрощенных моделей хватает для качественной визуализации вспышек сверхновых и Новых. Плагин “Экзо-

планеты” отмечает звезды с планетами, их основные характеристики и условия на поверхности для потенциально обитаемых планет. Данные для этого плагина поступают из “Энциклопедии внесолнечных планет” (<http://exoplanet.eu/>) практически ежедневно, поэтому пользователи информированы обо всех подтвержденных открытиях экзопланет.

Это далеко не полный список плагинов и вполне возможно, что прямо сейчас появляется какой-то новый и интересный “кирпичик” для планетария.

ГДЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ  
“STELLARIUM”?

Я не берусь утверждать, что мне известны все примеры использования “Stellarium”, но о некоторых расскажу.

Наш планетарий активно используется в учебном процессе по всему миру, хотя наибольшей популярностью он пользуется в Латинской Америке и Восточноази-

атском регионе. Об этом опыте в последние годы стали часто публиковаться статьи в научной периодике. Появились в продаже книги и учебные пособия о планетарии “Stellarium” или с его использованием – своеобразный признак его популярности.

В недалеком прошлом в Европейской Южной Обсерватории “Stellarium” применялся в качестве визуализатора данных для виртуальной обсерватории (плагины VirGO и SVMТ), а в той же радиоастрономической обсерватории в Нансе (Франция) и ряде университетов Австралии до сих пор употребляются в качестве визуализатора данных. В ЮАР модифицированную версию планетария используют для визуализации работы массива радиотелескопов (проект MeerKAT). Для ряда археоастрономов наш планетарий стал эффективным инструментом в исследованиях именно как визуализатор данных, включая трехмерные модели мегали-

тических сооружений (плагин Scenery3D). “Stellarium” применяется в качестве проекционного инструмента Нижегородского цифрового планетария (Земля и Вселенная, 2010, № 2).

Нашей программой пользуются многие любители астрономии в качестве визуализатора данных, а для планирования своих наблюдений и астрономы-профессионалы.

Несмотря на кажущуюся простоту и привлекательность интерфейса, “Stellarium” имеет в своем багаже серьезную функциональность, поэтому его нельзя причислить к игрушкам. По ряду параметров этот планетарий если не лидирует, то находится среди ведущих виртуальных планетариев. Конечно же, как у любого другого планетария, у него есть ряд проблем, поэтому возможно дальнейшее совершенствование.

*А.В. ВОЛЬФ*  
*Алтайская государственная*  
*педагогическая академия,*  
*Барнаул*

## **Дамоклов меч над Крымском**

О.Н. МЕЛЬНИКОВА,

доктор физико-математических наук

К.В. ПОКАЗЕЕВ,

доктор физико-математических наук

МГУ им. М.В. Ломоносова

А.Е. РОЖДЕСТВЕНСКИЙ,

кандидат физико-математических наук

Физико-техническая корпорация национальной резервной системы

---

Авторы предлагают физическую модель, объясняющую возникновение передового фронтального пятиметрового вала воды. Он прошел через город Крымск 7 июля 2012 г. и привел к наводнению, повлекшему за со-

бой катастрофические разрушения и жертвы. Возможной причиной образования вала послужил скачок расхода воды, обусловленный конструкцией нерегулируемого водосброса Неберджаевского водохранилища. Конструк-

ция не была рассчитана на изменение климата, которое вызвало критическое увеличение объема дождевого стока. Авторы пришли к выводу, что скачок расхода воды связан с изменением режима стока через трубу водосброса.

В последние годы наблюдаются экстремальные погодные явления, связанные с долговременными изменениями климата. Одно из них – наводнение в июле 2012 г. в Крымске. 4 июля начались сильные дожди, интенсивные ливни шли в течение ночи на 7 июля. Менее чем за двое суток количество осадков

превысило месячную норму в 3–5 раз. Максимальный расход воды ночью 7 июля по р. Адагум достиг 1500 м<sup>3</sup>/с и почти в два раза превысил исторический максимум 2002 г. Наводнение 2002 г. принесло значительные разрушения, но они не сопоставимы с ущербом, понесенным в 2012 г. Гибель людей (по

разным оценкам, 164–171 человек), животных и колоссальный материальный ущерб позволяют назвать это наводнение катастрофическим. С 1955 г. по 2012 г. четырежды отмечено выпадение осадков более 100 мм. Во всех случаях наблюдались метеорологические условия, характе-

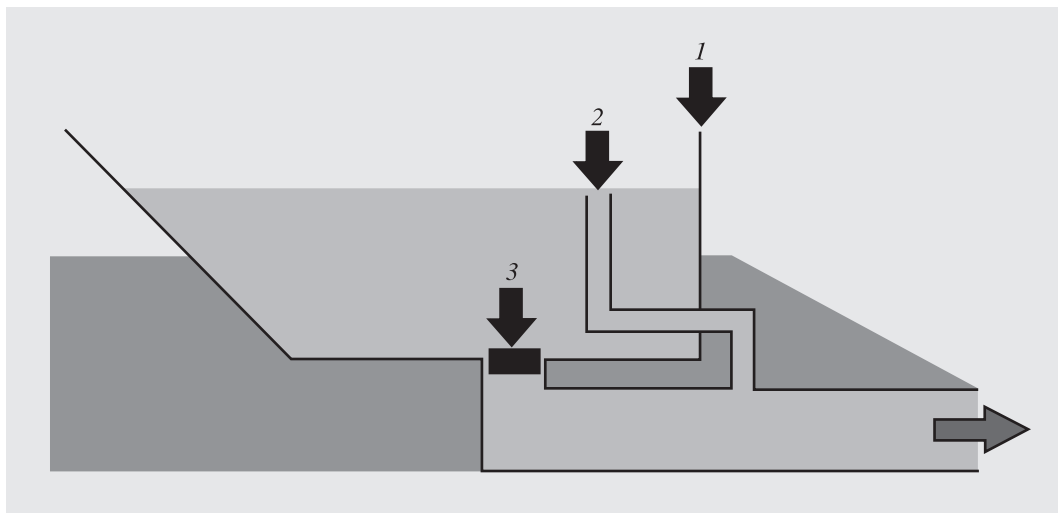


Схема плотины и водослива Неберджаевского водохранилища: 1 – слив с поверхности, 2 – водослив шахтного типа, 3 – слив через “секретную” заслонку.

ризуемые определенным положением циклона.

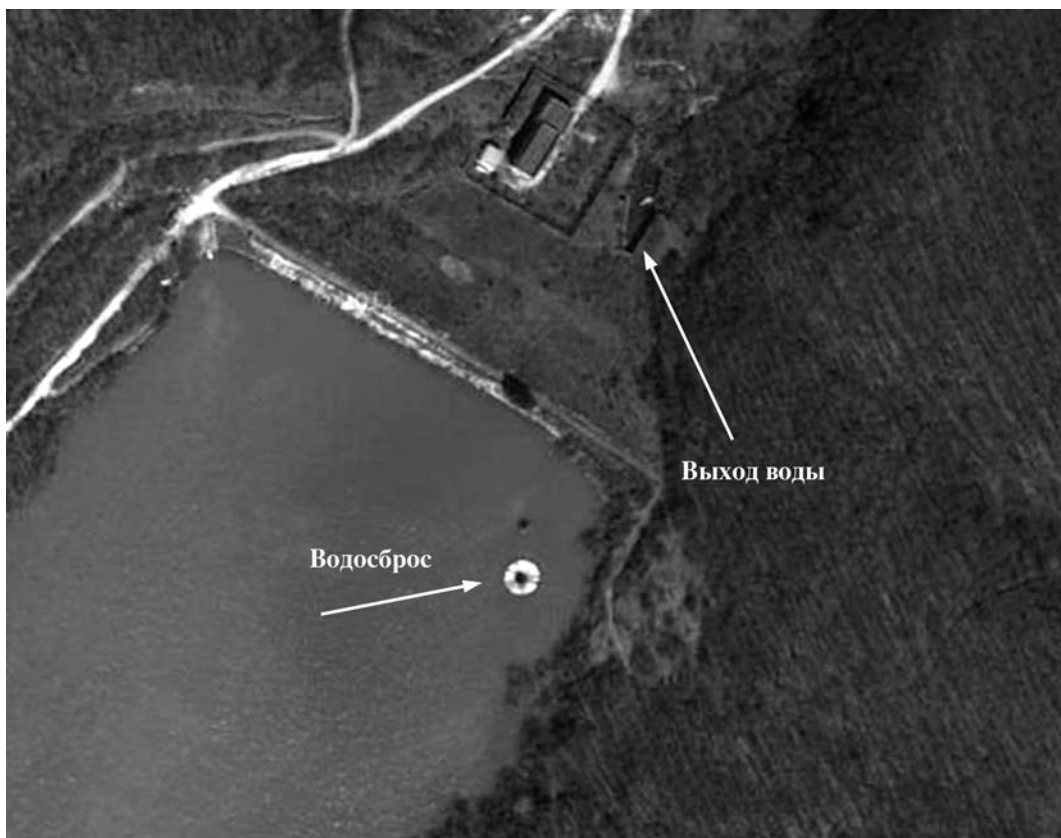
В повседневной жизни мы не задумываемся о причинах происходящих вокруг нас явлений. После стихийного бедствия создаются комиссии по чрезвычайным ситуациям. Они изучают технические особенности и сопутствующие обстоятельства, фиксируют нарушения, ликвидируют последствия. Но физическая сторона процесса часто остается без внимания, а именно ее учет важен для предотвращения повторений природных катастроф. По такой схеме работала правительственная комиссия по изучению причин и ликвидации последствий наводнения в г. Крымске Краснодарского края.

В ночь на 7 июля 2012 г. суточные осадки составили в Новороссийске 275 мм, в Геленджике – 311 мм, их максимальная интенсивность фиксировалась с 10 ч вечера до 2 ч ночи. Масса воды с горных склонов собралась в предгорное русло и понеслась вниз через г. Крымск.

Комиссия по наводнению в Крымске изучила множество материалов, включая космические снимки, определила основные русла сброса воды, идущие с горных склонов в город, и места скопления воды, образованные завалами, насыпями дорог. Вывод комиссии состоял в том, что вода в местах пропуска в дамбах после критического накопления внезапно прорвала пробки

мусора и вал воды из этих плотин обрушился на ночной город. Этот довольно примитивный технический вывод не объясняет почему высота вала в городе доходила до 7–9 м (дамбы дорог не могли создать превышения уровня больше 4–5 м) и почему прорывы на двух дамбах в разных местах над городом были почти синхронными. Что же стало спусковым механизмом прорыва пробок мусора в дамбах? Почему временной интервал между максимумом осадков и максимумом уровня воды был мал?

Пострадавшие в наводнении жители Крымска обвинили власти в том, что они дали указание на спуск воды из Неберджаевского водохранилища, находящегося



*Плотина Неберджаевского водохранилища. Указаны воронка поверхностного водосброса и место выхода воды из водосброса ниже плотины.*

в горах над г. Крымском. Выпущенная масса воды стала решающим фактором прорыва дамб и образования вала воды с ударно-динамической силой воздействия. Иных причин его усиления нет.

Местные власти отвергли обвинение вумышленном спуске воды. Они утверждали: это невозможно, в первую очередь, потому, что Неберджаевское водохранилище не имело спусковых шлюзов. Тем не менее очевидно, что без залпового

сброса воды из водохранилища нельзя объяснить все обстоятельства наводнения с высоким валом воды. Отметим, Следственный Комитет РФ сообщал, что были сделаны пуски воды. Поэтому обсуждается версия, что на дне водохранилища есть невидимая "секретная крышка", закрывающая донный сливной тоннель, который и открыли по распоряжению администрации, чтобы предотвратить перелив воды через плотину.

На самом деле в конструкции плотины есть два шлюза и нет секретного тоннеля. Проще размышлять о невидимых шлюзах, о секретных крышках, о прорыве мусорных запруд на дамбах у Крымска, чем подумать о природе происходящего события. Авторы полагают, что "залповый" выброс воды из Неберджаевского водохранилища был, и для его осуществления не обязательно иметь конструкцию из открывающихся шлюзов.



В данном случае этот залповый выброс воды был обеспечен самой конструкцией сливного устройства, через которую “лишняя” вода переливается в обходной спускной канал.

Прежде чем перейти к физике залпового выброса воды при наводнении в г. Крымске, сообщим о некоторых технических параметрах Неберджаевского водохранилища, ибо именно конструкция этого гидротехнического сооружения ответственна за мощнейший залповый выброс воды.

Отметки нормального уровня воды – 182,0 м, форсированного – 183,5 м,

высота гребня – 185,0 м, площадь зеркала при нормальном уровне – 0,75 км<sup>2</sup>, полный объем водохранилища – 8,1 млн м<sup>3</sup>. Эти количественные данные важны для понимания явления экстремального водосброса.

Что же произошло в ночь на 7 июля 2012 г. с точки зрения физики? В водосбор водохранилища площадью 36 км<sup>2</sup> попало 300 мм воды на каждый квадратный метр водосбора. При наполнении водохранилища масса воды уходит в слив, переливаясь через край воронки, расположенной на поверхности. При расчетном уровне

поверхности воды над краем сливной воронки в 1 м (режим перелива через край) расход воды в сливном канале составляет не более 130 м<sup>3</sup>/с. При интенсивном дожде скорость поступления воды в водохранилище составляла 400–600 м<sup>3</sup>/с, и уровень воды начал резко повышаться. Режим подъема уровня воды в водохранилище продолжался до тех пор, пока вода не затопила воронку и сливной канал практически без воздушных промежутков. Уровень воды превысил край воронки на 2,5 м и более. До перелива через край



Участок Неберджаевского водохранилища с плотиной и воронкой поверхностного слива (в кружке). Воронка (во врезке) окружена металлической сеткой, защищающей железобетонный туннель от мусора.



плотины еще оставалось 0,5–0,6 м.

При этом режим напорного слива включился автоматически, дополнительная масса воды ринулась вниз в предгорные русла и почти одновременно прорвала многие образовавшиеся ранее запруды и засоры в руслах на пути прочих водных потоков. Смена режимов слива воды из водохранилища произошла ночью при максимальных дождевых стоках. Почти одновременный прорыв засоров и запруд стал усилителем водяного вала и потока. Эти потоки воды обрушились на Крымск, образовав водяной вал высотой до 4–5 м с заплесками до 7 м. Напорный режим

слива в водохранилище быстро прекратился после снижения в нем уровня воды и снова стал безнапорным, при котором вода переливается через край воронки. Ночью никто не заметил перехода режима слива от штатного (безнапорного) в «катастрофический» напорный и обратно.

Отметим, что проектировщики аналогичного сооружения в Англии (водохранилище Ледибауэр в Девоншире), учитывая возможность скачкообразного роста слива, увеличили сечение сливного канала, а диаметр воронки слива увеличили до 18 м для предотвращения слива в экстремальном напорном режиме.

*Водосливное устройство на водохранилище в Англии.*

---

Чтобы выяснить, могло ли заполнение резервуара водохранилища до максимальной отметки привести к скачку расхода воды через водосброс более чем на порядок, надо оценить зависимость ее расхода от уровня воды над входным створом водослива. Такую математическую модель разработали на кафедре физики моря и вод суши физического факультета МГУ. Проверка результатов математического моделирования была проведена в серии

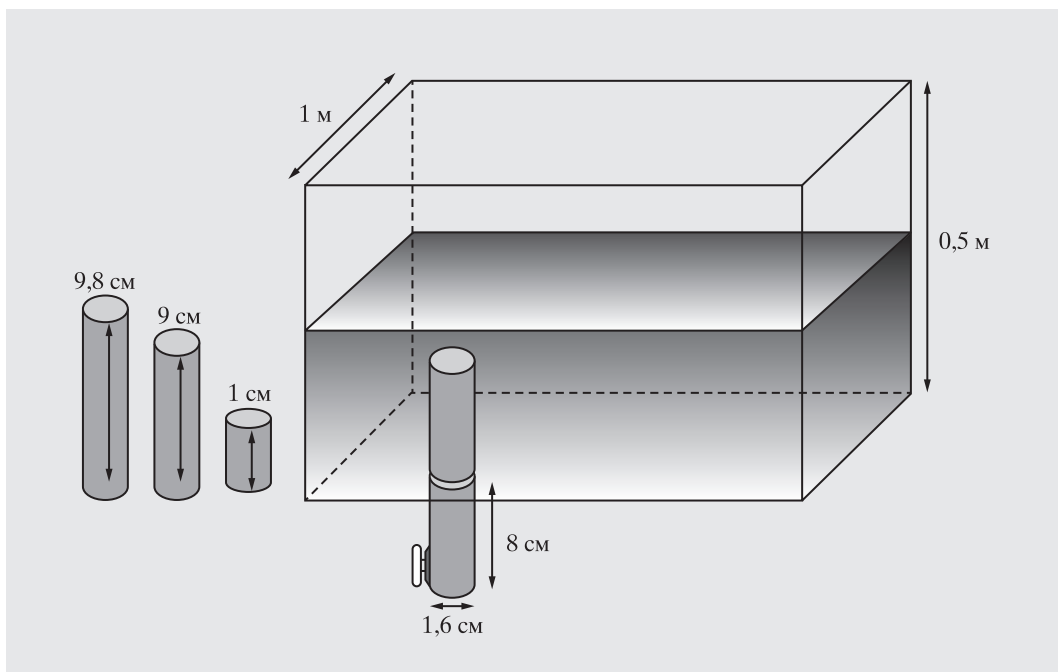


Схема экспериментальной установки, созданной на кафедре физики моря и вод суши физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

модельных экспериментов в прямоугольном резервуаре из прозрачного органического стекла в лаборатории кафедры. В опытах обеспечивалось гидродинамическое подобие слива воды в лотке и в Неберджаевском водохранилище. Сопоставление лабораторных данных с результатами аналитических расчетов показало их хорошее соответствие, что позволило использовать полученное решение для оценки расхода воды в Неберджаевском водохранилище при его заполнении до критической отметки. Оказалось, что расход воды через трубу

радиусом 5,3 м достигает  $900 \text{ м}^3/\text{с}$ . Независимая оценка пикового расхода воды в р. Неберджай ниже плотины составляет около  $800 \text{ м}^3/\text{с}$ , что хорошо согласуется с нашими оценками.

По мнению авторов, именно скачок расхода воды в сливной системе Неберджаевского водохранилища до  $900 \text{ м}^3/\text{с}$  привел к формированию разрушающего вала воды, прошедшего по руслу реки через Крымск.

Результаты, полученные на основе предложенной гидрологической модели, показывают, что повторение трагедии в Крымске неизбежно при

выпадении такого же количества осадков в короткие сроки.

Можно ли исключить ее в ближайшее время?

Да! Для этого необходимо:

- при наблюдении метеорологических условий, подобным тем, которые приводят к максимальным суточным выпадениям осадков, объявлять предштормовое предупреждение и приводить гидрометеорологическую службу в особый режим готовности;

- оборудовать автоматической станцией (измерение уровня воды и осадков) Неберджаевское водохранилище, связав ее с Крымском;

– изменить конструкцию водослива в Неберджаевском водохранилище;

– расчистить русло реки Агадум от зарослей и построек;

– увеличить высоту пролета мостов в Крымске.

Естественное изменение режима слива воды из водохранилища, обусловленное конструкцией плотины Неберджа-

евского водохранилища, требует надлежащего рассмотрения в проекте ее реконструкции для предотвращения повторения подобных катастроф.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Космические дневники

В 2013 г. в издательстве «РТСофт» вышел двухтомник «Скрытый космос. Космические дневники генерала Н.П. Каманина». Автор этой книги в 1960–1971 гг. был помощником Главнокомандующего ВВС по космосу. В своих дневниках он зафиксировал многие важнейшие события космонавтики, рассказал о ее становлении и соревновании между двумя космическими державами. Н.П. Каманин вел свои записи по горячим следам, поэтому для них характерны высокая информативность и почти протокольная точность. В то же время это не просто хроника. Собранные воедино, дневники читаются как увлекательная повесть о людях, гото-

вивших и осуществлявших первые пилотируемые полеты в космос. На страницах издания отражена острая борьба идей, мнений и интересов тех, кто определял развитие отечественной космонавтики на начальном этапе освоения космического пространства. Подробно рассмотрены причины досадных срывов ряда отечественных космических программ, крупных просчетов и тяжелых утрат. В исто-

рии советской космонавтики еще много белых пятен, автор раскрывает страницы ранее совершенно секретной отрасли военно-промышленного комплекса. В первый том вошли документальные записи событий 1960–1966 гг., во второй – 1967–1978 гг.

Издание богато иллюстрировано и рассчитано на всех интересующихся историей космонавтики.



## **Астрономический кружок имени Е.П. Левитана**

Астрономический кружок гимназии № 1 подмосковного города Жуковского ведет свою историю с 1949 г. Его основателем стал известный ученый, популяриза-

тор астрономии, педагог, писатель, автор монографий, школьного учебника и книг для детей, один из создателей журнала “Земля и Вселенная” Ефрем Павлович Леви-

тан (1934–2012), тогда – ученик 9 класса школы № 1 (Земля и Вселенная, 2006, № 3, с. 63–64).

О знаменитом кружке рассказывает выпускник этой школы Юрий Васильевич Шалаев, сегодня кандидат физико-математических наук, занимавшийся в нем в начале 1950-х гг.

*Астрономический кружок в первой школе города Жуковского был основан 15-летним школьником Ремой Левитаном. Его поддержали учительница физики Мария Николаевна Каск, а также Московский планетарий. Так кружок стал филиалом Планетария. Хорошо отзывались о кружке такие известные астрономы, как Б.А. Воронцов-Вельяминов, П.П. Паренаго и другие ученые.*

*Ефрем Левитан был душой астрономического кружка. Он любил кружковцев, и они отвечали ему тем же. Думаю, что время, когда мы занимались в кружке, стало незабываемым в нашей жизни. Своим отношени-*



Е.П. Левитан в редакции журнала “Земля и Вселенная”. 2006 г.



Ефрем Левитан (в центре) и выпускники астрономического кружка школы № 1 г. Жуковского Ю. Иванов, Ю. Шалаев, И. Куликова, Р. Ирошников. 1954 г.

ем к астрономии, своим энтузиазмом Ефрем Павлович буквально заразил – сказались его природные педагогические способности. Доклады по различным вопросам астрономии он делал в очень серьезной и одновременно увлекательной форме. Мы проходили общий курс астрономии, включая сферическую астрономию, а также курс математики, содержащий понятия о дифференциальном и интегральном исчислении. Причем проходили это ученики восьмых – девярых классов. Отдельные доклады по астрономии делали и кружковцы. Когда Ефрем Павлович служил в армии, в кружке его заменяла бывшая ученица нашей школы

Зоя Фёдоровна Житомирская, которая впоследствии стала его женой.

Важное место в работе кружка занимали практические наблюдения. У нас было два телескопа: один – системы Максутова, другой – 10-см рефрактор. Телескоп Максутова мы применяли для систематических наблюдений за движением солнечных пятен. Делали зарисовки пятен, находили числа Вольфа, результаты отправляли московским специалистам по Солнцу. Рефрактор использовали для наблюдения Луны и планет. Осуществлялись наблюдения метеоров, как-то в августе мы провели целую ночь на территории

малаховской школы, наблюдая Персеиды.

Другим важным аспектом деятельности кружка было участие в Московских олимпиадах по астрономии (других олимпиад тогда еще не было). В частности, на них успешно выступал Ростислав Ирошников (кажется, он завоевывал и первые места). Я тоже участвовал. Это были очень серьезные олимпиады, с вопросами по сферической астрономии (где и когда различные звезды восходят и заходят).

Мы с кружком ездили в Московский планетарий, с руководством и сотрудниками которого Рема постоянно поддерживал связь, слушали там лекции. Еще я очень хорошо помню, как мы





Члены кружка проводят наблюдение солнечных пятен с помощью телескопа Максутава под руководством Ефрема Левитана. Конец 1940-х гг.

участвовали в чествовании Воронцова-Вельяминова – крупного ученого и популяризатора астрономической науки, когда тому исполнилось 50 лет.

Кружок выпускал школьную газету “Астрономическая”. У нас были неплохие художники, которые дополняли статьи цветными рисунками. Оформлением газеты занимался и я.

Некоторые участники кружка получили впоследствии ученые степени. Ростислав

Ирошников стал доктором наук. Это был блестящий ученый, он закончил астрономическое отделение механико-математического факультета МГУ и успешно работал в ГАИШ МГУ, где и защитил докторскую диссертацию. То же самое отделение мехмата МГУ закончил и я, ныне кандидат наук. Среди бывших кружковцев – физик Юрий Маношкин, кандидат наук, работает в МФТИ; геодезист Юрий Иванов и другие.

Я очень доволен тем, что пересекался с Ефремом Павловичем. Я на три года младше него, но при этом был ему не только учеником, но и другом. Почти до последних дней жизни мы общались, и было довольно забавно говорить кому-нибудь, что я ученик Ефрема Павловича, потому что мы выглядели людьми одного возраста.

Ефрем Павлович дал мне очень много, не только направление на астрономию, но и многое в плане отношения к работе.

*Ефрем Павлович был настолько неутомимым тружеником, что это передавалось другим.*

*Я страшно доволен и тем, что учился на астрономическом отделении мехмата МГУ. Чистым астрономом я не стал. Лет 10 работал в ЦАГИ, занимаясь космическими исследованиями (полеты с малой тягой). Потом у меня появилось несколько других образований, и сейчас я больше занимаюсь искусством. Но тот след, который оставил в моей жизни Ефрем Павлович, уникален для меня.*

\* \* \*

Отношение Ефрема Павловича к работе в кружке было удивительным. Он вел дневники, в которых дал характеристику каждому ученику, делал записи об их успехах. Часть этого материала вошла в его кандидатскую диссертацию по педагогике.

В дальнейшем деятельность Ефрема Павловича показала, что он был прирожденным и уникальным педагогом. Его вклад в астрономическое образование в России огромен. Он написал много книг по астрономии, в том числе для детей, преподавал в школах и очень переживал, что астрономия в последние годы практически исключена из школьного курса. Почти полвека, до последних



Ю.В. Шалаев и Е.П. Левитан. 2009 г.

дней жизни, несмотря на тяжелую болезнь, Ефрем Павлович руководил редакцией научно-популярного журнала “Земля и Вселенная”. И всю жизнь он помнил своих первых учеников – членов астрономического кружка в Жуковском.

В 1997 г. кружок был воссоздан, и снова возглавил его школьник – Михаил Кузнецов. С 2003 г., после окончания астрономического отделения физфака МГУ им. М.В. Ломоносова, он сотрудник отдела изучения Галактики и переменных звезд ГАИШ МГУ. С 2009 г. работает филиал кружка в МОУ лицей № 14 г. Жуковского, им также руководит Михаил Владимирович Кузнецов.

Кружок посещают ученики из разных школ Жуковского и даже из соседних городов: Раменского, Удельного, Лыткарина. В гости к кружковцам из городов и регионов Российской Федерации приезжают друзья, увлеченные астрономией.

Ребята наблюдают солнечные пятна, прохождение Венеры и Меркурия по диску Солнца и, конечно же, звездное небо, учатся правильно обрабатывать и анализировать полученные результаты. Проведенные исследования и эксперименты школьники представляют и защищают на школьных, муниципальных и региональных конференциях по астрономии и космонавтике.



М.В. Кузнецов с золотыми медалистами XVII Международной олимпиады по астрономии в г. Кванджу (Южная Корея) кружковцами Антоном Афанасьевым (лицей № 14) и Вадимом Сушко (гимназия № 1). 2012 г.

Члены кружка постоянно занимают первые и призовые места на олимпиадах всех уровней. Так, в 2013 г. ребята привезли восемь наград с областной олимпиады; шесть – с Санкт-Петербургской астрономической олимпиады; пять – с открытой Московской городской олимпиады (одной из старейших олимпиад России); по два диплома I и II степени – с заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников. В течение последних лет кружковцы ежегодно привозят по несколько медалей различного достоинства с международных олимпиад по астрономии.

2011 г. – Международная астрономическая олимпиада (IAO,

International Astronomical Olympiad), Вадим Сушко (гимназия № 1, Жуковский) – серебряная медаль, Антон Афанасьев (лицей № 14, Жуковский) – бронзовая медаль;

2012 г. – IAO, Вадим Сушко и Антон Афанасьев – золотые медали;

2013 г. – IAO, Алексей Шепелев (лицей № 14, Жуковский) – серебряная медаль; Международная олимпиада по астрономии и астрофизике (IOAA, International Olympiad of Astronomy and Astrophysics), Антон Афанасьев – серебряная медаль, Святослав Борисов (гимназия № 2, Раменское) – бронзовая медаль.

Важно отметить, что успехи в изучении аст-

рономии сказываются на изучении других предметов. Так, в 2014 г. примерно четверть всех призовых мест на муниципальных олимпиадах по всем предметам, прошедших в Жуковском, и примерно половину призовых мест в региональных школьных олимпиадах завоевали наши кружковцы.

В 2013 г. Вадим Сушко ездил в космическую школу NASA, где представлял нашу страну. Он даже участвовал в создании проекта марсианской экспедиции.

В 2012 г. юные астрономы начали проводить внутреннюю, дружескую олимпиаду, состоящую из регулярных туров. Большинство задач составляют сами школьники и предлагают своим друзьям решить их, таким образом члены кружка учатся друг у друга. Этот турнир послужил основой для создания интеллектуального многоборья – командного городского турнира, который самостоятельно организуют и проводят школьники. В команду организаторов входят ученики разных школ города.

Ребята знают и ценят историю своего уникального кружка. В 2014 г. исполняется 65 лет со дня его основания и 16 лет с момента возобновления деятельности. Они с интересом читают книги и учебники по астрономии, проводят астрономиче-



Встреча кружковцев с гостями из Межшкольного астрономического центра "Вега". Гимназия № 1 г. Жуковского. 2013 г.

ские наблюдения, изучают историю школы.

Некоторые из ребят планируют стать профессиональными астрономами. В прошлом году кружковцы Антон Афанасьев и Святослав Борисов поступили на астрономическое отделение физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Алексей Лебедев – на астрономическое отделение математико-ме-

ханического факультета Санкт-Петербургского университета. Выпускники нашего кружка приезжают и рассказывают его новым членам о своей студенческой и научной деятельности, участвуют в мероприятиях, посвященных астрономии, организованных кружком и школами Жуковского и Москвы.

Вот такой он, кружок имени Е.П. Левитана,

– молодой, активный, дружный! Наша главная цель – познание окружающего мира, Вселенной, стремление к высоким результатам и в школе, и в будущей жизни.

*Е. ШЕЯНОВ,  
Н. СОКОЛОВА,  
ученики 11 "Б" класса гимназии № 1 (школы № 1)  
г. Жуковского,  
М.В. КУЗНЕЦОВ,  
руководитель кружка  
им. Е.П. Левитана*

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ сентябрь – октябрь 2014 г.

Таблица 1

### ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
<b>Сентябрь</b>		
1	1	Луна проходит в 3° севернее Марса
2	11	<b>Луна в первой четверти</b>
5	17	Венера проходит в 0,7° севернее звезды Регул ( $\alpha$ Льва)
8	3	Луна в перигее
9	1	<b>Полнолуние</b>
16	2	<b>Луна в последней четверти</b>
20	7	Луна проходит в 6° южнее Юпитера
20	14	Луна в апогее
20	21	Меркурий проходит в 0,5° южнее звезды Спика ( $\alpha$ Девы)
21	17	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (26°)
23	2	<b>Осеннее равноденствие</b>
23	12	Луна проходит в 4° южнее Венеры
24	6	<b>Новолуние</b>
26	12	Луна проходит в 4° севернее Меркурия
28	4	Покрытие Луной Сатурна
28	12	Марс проходит в 3,1° севернее звезды Антарес ( $\alpha$ Скорпиона)
29	18	Луна проходит в 5° севернее Марса
<b>Октябрь</b>		
1	19	<b>Луна в первой четверти</b>
4	14	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
6	9	Луна в перигее
7	20	Уран в противостоянии с Солнцем
8	10	<b>Полнолуние</b>

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
15	19	<b>Луна в последней четверти</b>
16	8	Меркурий проходит в $0,4^\circ$ севернее звезды Спика ( $\alpha$ Девы)
16	21	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
17	18	Меркурий проходит в $2,4^\circ$ южнее Венеры
18	0	Луна проходит в $6^\circ$ южнее Юпитера
18	5	Луна в апогее
19	2	Венера проходит в $3,2^\circ$ севернее звезды Спика ( $\alpha$ Девы)
22	21	Луна проходит в $1^\circ$ южнее Меркурия
23	21	<b>Новолуние</b>
23	21	Луна проходит в $0,5^\circ$ южнее Венеры
25	7	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
25	7	Венера в верхнем соединении с Солнцем
25	16	Покрытие Луной Сатурна
31	2	<b>Луна в первой четверти</b>

*Примечание.* Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

## ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	$\alpha$		$\delta$		$45^\circ$		$55^\circ$		$65^\circ$		
					восход	заход	восход	заход	восход	заход	
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	
Сентябрь	1	10	40	+08	27	05:22	18:42	05:06	18:58	04:39	19:25
	11	11	16	+04	35	05:34	18:23	05:25	18:33	05:09	18:48
	21	11	52	+00	54	05:46	18:04	05:44	18:07	05:39	18:11
Октябрь	1	12	28	-03	00	05:58	17:45	06:03	17:41	06:09	17:34
	11	13	04	-06	50	06:11	17:27	06:22	17:16	06:40	16:58
	21	13	41	-10	31	06:24	17:09	06:42	16:32	07:12	16:22
	31	14	20	-13	56	06:38	16:54	07:02	16:29	07:15	15:46

*Примечание.* В таблице дано среднее солнечное время.

**Пример.** Определить время восхода Солнца 5 сентября 2014 г. в Москве (широта –  $55^\circ 45'$ , долгота –  $2^\circ 30'$ , 2-я часовая зона). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте время восхода Солнца 5 сентября, получаем  $5^{\text{ч}} 13^{\text{м}}$ . Вычтем из него долготу места, прибавим номер часового пояса и два часа для учета декретного и летнего времени, получим  $6^{\text{ч}} 43^{\text{м}}$ .

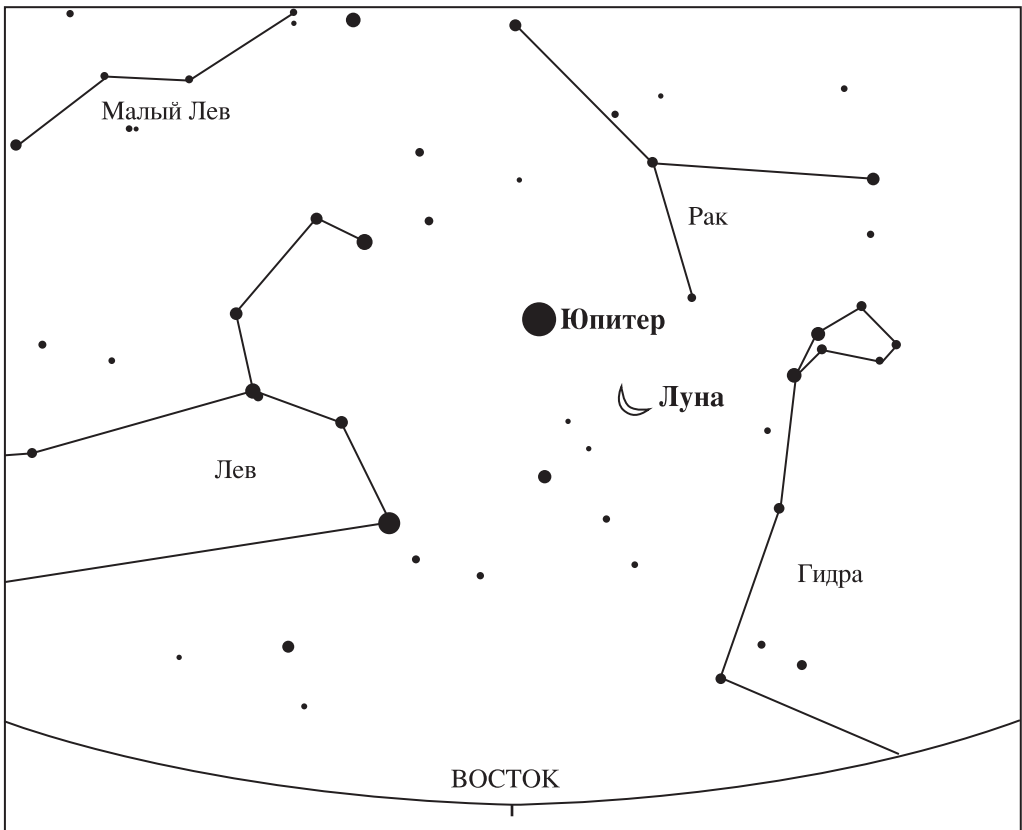
## ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	$\alpha$		$\delta$		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
<b>Меркурий</b>												
Сентябрь	01	11	32,4	+00	54	-0,2	5,4	0,83	-	-	-	
	11	12	43,0	-06	02	0,0	5,9	0,73	-	-	-	
	21	13	24,4	-11	45	0,0	6,7	0,60	-	-	-	
Октябрь	1	13	51,8	-15	15	0,3	8,1	0,39	-	-	-	
	11	13	45,6	-14	09	2,4	9,8	0,10	-	-	-	
	21	13	08,9	-07	24	3,0	9,4	0,06	-	-	-	
	31	13	12,7	-05	30	-0,5	7,1	0,50	-	-	-	
<b>Венера</b>												
Сентябрь	01	09	46,6	+14	33	-3,9	10,2	0,97	1,3	1,4	1,7	Утро
	11	10	34,4	+10	24	-3,9	10,0	0,98	1,0	1,1	1,2	Утро
	21	11	20,9	+05	45	-3,9	9,9	0,99	0,6	0,6	0,5	Утро
Октябрь	1	12	06,7	+00	50	-3,9	9,9	0,99	-	-	-	
	11	12	52,5	-04	11	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
	21	13	38,9	-09	04	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
	31	14	26,5	-13	37	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
<b>Марс</b>												
Сентябрь	01	15	14,3	-19	24	0,6	06,8	0,87	2,1	0,8	-	Вечер
	11	15	41,0	-21	04	0,7	06,5	0,88	2,0	0,8	-	Вечер
	21	16	09,3	-22	30	0,8	06,3	0,88	2,0	0,9	-	Вечер
Октябрь	1	16	38,9	-23	39	0,8	06,1	0,89	2,1	1,0	-	Вечер
	11	17	09,7	-24	27	0,8	05,9	0,89	2,1	1,1	-	Вечер
	21	17	41,5	-24	53	0,9	05,7	0,90	2,3	1,3	-	Вечер
	31	18	14,0	-24	54	0,9	05,6	0,90	2,4	1,6	-	Вечер
<b>Юпитер</b>												
Сентябрь	01	08	50,1	+18	12	-1,7	32,0	1,00	2,4	2,7	3,2	Утро
	11	08	58,4	+17	40	-1,7	32,5	1,00	3,1	3,5	4,3	Утро
	21	09	06,2	+17	08	-1,7	33,0	1,00	3,9	4,4	5,3	Утро
Октябрь	1	09	13,4	+16	38	-1,8	33,7	0,99	4,6	5,2	6,3	Утро
	11	09	20,0	+16	09	-1,8	34,4	0,99	5,4	6,1	7,3	Утро
	21	09	25,8	+15	44	-1,8	35,3	0,99	6,2	6,9	8,4	Утро
	31	09	30,8	+15	22	-1,9	36,3	0,99	7,0	7,0	9,5	Утро



Сатурн												
Сентябрь	01	15	03,9	-15	08	0,6	16,3	1,00	2,2	1,1	-	Вечер
	11	15	06,7	-15	22	0,6	16,0	1,00	1,8	0,8	-	Вечер
	21	15	10,0	-15	37	0,6	15,8	1,00	1,4	0,3	-	Вечер
Октябрь	1	15	13,7	-15	54	0,6	15,7	1,00	1,1	-	-	Вечер
	11	15	17,7	-16	11	0,6	15,5	1,00	0,6	-	-	Вечер
	21	15	22,1	-16	29	0,6	15,4	1,00	-	-	-	
	31	15	26,7	-16	47	0,5	15,3	1,00	-	-	-	

Примечание. Координаты даны на момент 0<sup>h</sup> по Всемирному времени, F – фаза планеты.



Вид восточной части звездного неба в Москве 18 октября 2014 г. в 4<sup>h</sup> по московскому времени. Отмечено положение Юпитера и Луны.

## ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

**Меркурий** в сентябре – октябре 2014 г. не виден.

**Венера** в сентябре заметна перед восходом Солнца недалеко от него.

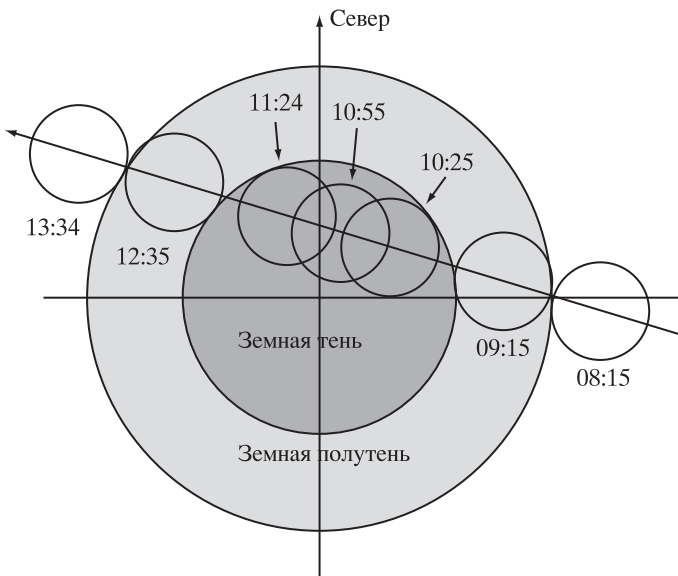
Видимость Венеры заканчивается в 20-х числах сентября. 5 сентября она пройдет рядом со звездой Регул ( $\alpha$  Льва), 25 октября вступит в соединение с Солнцем.

**Марс** виден в вечернее время в южных широтах нашей страны около двух часов, в средних широтах – около часа, в северных широтах он не виден. 28 сентября Марс окажется недалеко от звезды Антарес ( $\alpha$  Скорпиона). Луна пройдет вблизи него 1 и 29 сентября. Видимый угловой диаметр Марса уменьшается с 6,8" в начале сентября до 5,6" в конце октября. Марс в начале сентября перемещается по созвездию Весов, 13 сентября переходит

в созвездие Скорпиона, 26 сентября – Змееносца и 21 октября – Стрельца.

**Юпитер** хорошо виден в утреннее время, продолжительность его видимости увеличивается. Видимый угловой диаметр Юпитера меняется от 32,0" в начале сентября до 36,3" в конце октября. Юпитер в сентябре перемещается по созвездию Рака, 14 октября переходит в созвездие Льва. 20 сентября и 18 октября Юпитер размещается недалеко от Луны.

**Сатурн** перемещается по созвездию Весов. Во второй половине октября заканчивается видимость Сатурна в южных широтах, в 20-х числах сентября – в средних, в северных широтах планета не видна. 28 сентября днем Луна покроет Сатурн, наблюдать его можно только на Дальнем Востоке. 25 октября это явление повторится, но на территории нашей страны его увидеть нельзя.



*Видимый путь Луны во время полного лунного затмения 8 октября 2014 г. Отмечено время контактов Луны с тенью Земли и момент максимальной фазы затмения по Всемирному времени.*

## ПОЛНОЕ ЛУННОЕ ЗАТМЕНИЕ

В ночь на 8 октября у жителей восточных регионов России появится возможность наблюдать полное лунное затмение. В этот период Луна расположится в созвездии Рыб. Восточнее

Читы затмение видно целиком. Полная фаза затмения (максимальная – 1,17) начнется в 10<sup>ч</sup> 25<sup>м</sup> UT и завершится в 11<sup>ч</sup> 24<sup>м</sup> UT.

## ЧАСТНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ

23 октября произойдет частное солнечное затмение, видимое на Дальнем Востоке нашей страны. В Петропавловске-Камчатском оно начнется в 21<sup>ч</sup> 36<sup>м</sup> UT, максимальная фаза затмения 0,166 ожидается в 22<sup>ч</sup> 32<sup>м</sup> UT, закончится явление в 23<sup>ч</sup> 25<sup>м</sup>. Максимальная

фаза затмения 0,81 будет видна в точке с координатами 71,2° с.ш. и 97,2° з.д. Центральной полосы полной фазы нет. Ось тени солнечного затмения проходит около Северного полюса, не пересекая поверхность Земли.

*В.И. ЩИВЬЁВ*

*г. Железнодорожный (Московская обл.)*

---

## Информация

---

### Избыточное гамма-излучение в центре Галактики

Новые исследования гамма-лучей, исходящих из центра Галактики, подтверждают, что источником какой-то части этого излучения может быть темная материя (Земля и Вселенная; 2009, № 5; 2010, № 1; 2012, № 5). Используя данные космической гамма-обсерватории “Ферми”, сотрудники лаборатории

“Fermilab”, Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики, Массачусетского технологического института и Университета Чикаго разработали новые карты гамма-излучения Галактики. Им удалось обнаружить, что из ее центра исходит больше высокоэнергетических заряженных гамма-лучей с энергией 1–3 ГэВ. Они распространяются как минимум на 5 тыс. св. лет, это можно объяснить известными источниками, а “дополнительное” излучение проявлением темной материи.

Известно, что в центре Галактики находится множество источников гамма-излучения – от взаимодействующих двойных систем и пульсаров до остатков сверхновых и частиц, которые сталкиваются с

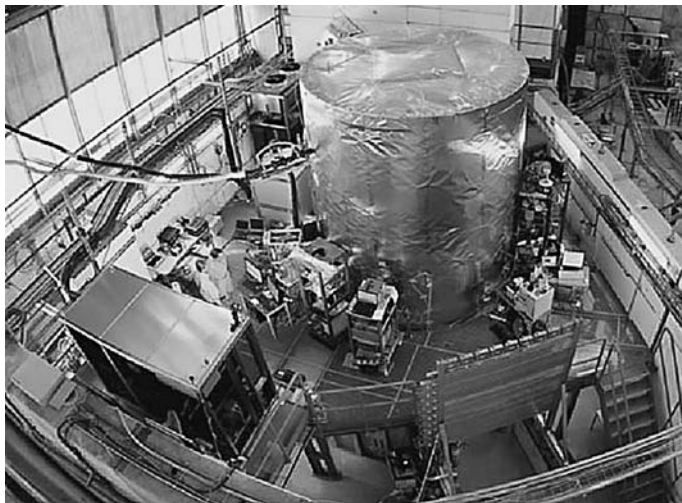
межзвездным газом. Там же, по мнению ученых, находится основное скопление темной материи Галактики, которая воздействует на нормальную материю и излучение своей гравитацией. Темная материя притягивает нормальную материю, формируя основу, на которой строятся видимые структуры, например галактики. Исследователи пришли к выводу, что аннигиляции частиц темной материи с массой 31–40 ГэВ вполне могут быть источником этого “избыточного” гамма-излучения, симметрично распространяющегося вокруг центра Галактики.

Пресс-релиз  
лаборатории “Fermilab”,  
9 апреля 2014 г.

### В ЦЕРН изучают облака

В Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) проводится необычный эксперимент CLOUD (облако) при активном участии ученых из Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН). Исследуются процессы образования в атмосфере облаков. Специалисты пытаются понять роль антропогенного воздействия, космических лучей и других факторов в этом явлении. По итогам первого этапа проекта уже получены данные о важном влиянии на скорость формирования облаков таких факторов, как ионизация атмосферы и содержание различных молекул.

Сотрудники ФИАН создали приборы для измерения частиц космического излучения и потока частиц от ускорителя, которые информируют о пространственном и временном распределении заряженных пионов, инжектируемых ускорителем. Эксперимент выполняется на установке, представляющей собой стальную цилиндрическую камеру диаметром 3 м и высотой 2,8 м, где созданы условия земной атмосферы. В ней можно изменять температуру и давление, состав и степень ионизации газооб-



*Установка для международного эксперимента CLOUD, проводимого в ЦЕРН. Фото ФИАН.*

разной смеси. От ускорителя к камере подводится пучок заряженных частиц (пионов) с энергией около 3 ГэВ.

Космические лучи – основной источник ионов в атмосфере, оказывающий заметное влияние на многие атмосферные процессы, включая образование облачности. В конце XX в. датские ученые обнаружили взаимосвязь изменений потока космических лучей и площади облачного покрова над Атлантическим океаном. Основная причина – ионизация атмосферы. После взаимодействия высокоэнергичных заряженных частиц с молекулами атмосферы в ней образуются ионы, легко прилипающие к аэрозолям и конгломератам нейтральных молекул – центрам конденсации молекул воды. Космические лучи в нашей Галактике существуют постоянно, поэтому ионы в атмосфе-

ре присутствуют всегда, изменяется только их концентрация. Ионы в атмосфере увеличивают скорость образования облаков в десятки раз.

Научная программа эксперимента CLOUD предусматривает экспериментальное и теоретическое исследование механизмов не только образования центров зарождения облачности, но и, например, грозовых облаков и создания в них сильных электрических полей. Одна из важных задач – исследование влияния аэрозольных частиц, аминов и кислотных примесей на атмосферные процессы, что позволит выяснить роль естественных и антропогенных причин наблюдаемого последнего полвека глобального изменения климата на Земле.

Пресс-релиз ФИАН,  
22 октября 2013 г.

### Гравитационные волны открыты?

Группа американских ученых, вероятно, подтвердила последний недоказанный эффект Общей теории относительности – обнаружила гравитационные волны, возникшие на стадии инфляции, когда возраст Вселенной достиг  $10^{-34}$  с. Заявление о возможном открытии гравитационных волн сделал Гарвард-Смитсоновский центр астрофизики. Считается, что они распространились в космосе при возникновении Вселенной и оставили отпечатки в структуре реликтового микроволнового излучения, возникшего 13,8 млрд лет назад.

Гравитационные волны возмущают космическое пространство под воздействием ускоренного движения массивных небесных тел. Несмотря на косвенное подтверждение существования гравитационных волн, например при сближении близких двойных звезд, из-за чрезвычайной слабо-

сти эффекта их до сих пор не могли зарегистрировать.

Вероятное открытие было сделано на основе данных, полученных с помощью 23-м телескопа ВІСЕР-2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization – фоновое изображение поляризации внегалактических космических объектов) Микроволновой обсерватории фотографирования поляризации фонового внегалактического излучения на американской станции Амундсен – Скотт на Южном полюсе в Антарктике (см. стр. 2 обложки). Место наблюдений было выбрано не случайно: на полюсах атмосфера тоньше, воздух сух и безоблачен, световое загрязнение практически отсутствует, а звезды видны непрерывно на протяжении полугода. В задачу телескопа ВІСЕР-2 входит измерение поляризации микроволнового фона, параметра, в котором, как считают ученые, “зашиты” едва уловимые отголоски Большого взрыва. Телескоп состоит из ста детекторов, которые сканируют небо на частотах 100 и 150 ГГц с угловым разрешением  $1,0^\circ$  и  $0,7^\circ$ . Ранее ученые видели Е-моду поляризации и никак не могли уловить В-моду, а именно она считается признаком инфляции Вселенной и зависит от плотности гравитационных волн.

Девять лет назад группа ученых под руководством профессора Дж. Ковака разработала сверхточный детектор излучения для телескопа ВІСЕР-2 и с 2007 г. занималась поиском В-моды.

Астрономы связывают свои надежды на непосредственное обнаружение гравитационных волн в эксперименте, который предполагается выполнить после запуска в 2034 г. космической обсерватории “LISA” (Laser Interferometer Space Antenna – космическая антенна, использующая принцип лазерного интерферометра; NASA – ESA). Обсерватория будет состоять из трех аппаратов, образующих в космосе гигантский интерферометр со стороной около 5 млн км и соединенных лазерными лучами. Это будет самый крупный научный прибор, из когда-либо выведенных в космос. Аппараты системы “LISA” будут “покачиваться” на гравитационных волнах, лазерные лучи, соединяющие аппараты, зафиксируют любое возмущение, а специальные датчики позволят определить частоту и другие характеристики этого возмущения.

Пресс-релиз Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики,  
18 марта 2014 г.

Ф.СП-1	<b>АБОНЕМЕНТ</b>		<b>70336</b> <small>(индекс издания)</small>
	на <u>газету</u> <b>журнал</b>		<small>Количество комплектов</small>
<b>Земля и Вселенная</b> <small>(наименование издания)</small>		на ___ год по месяцам:	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
<b>Куда</b>		<b>Кому</b>	
<small>(почтовый индекс)</small>		<small>(фамилия, инициалы)</small>	
<small>(адрес)</small>		<small>(адрес)</small>	
<b>ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА</b>			
ПВ место литер		на <u>газету</u> <b>журнал</b>	
<b>Земля и Вселенная</b> <small>(наименование издания)</small>		<b>70336</b> <small>(индекс издания)</small>	
<small>Стоимость</small>	<small>подписки пере-адресовки</small>	<small>___ руб. ___ коп.</small>	<small>Количество комплектов</small>
<small>___ руб. ___ коп.</small>	<small>___ руб. ___ коп.</small>	<small>Количество комплектов</small>	
на ___ год по месяцам:			
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12			
<b>Куда</b>		<b>Кому</b>	
<small>(почтовый индекс)</small>		<small>(фамилия, инициалы)</small>	
<small>(адрес)</small>		<small>(адрес)</small>	

*Дорогие читатели!*

*Напоминаем, что подписаться на журнал  
“Земля и Вселенная” вы можете с любого  
номера по Объединенному каталогу  
“Пресса России”*

*(II полугодие 2014 г.) во всех отделениях связи.*

*Подписаться можно и по Интернету,  
воспользовавшись каталогом журналов  
на сайте Почта России.*

*Подписной индекс – 70336.*

**Заведующая редакцией** Г.В. Матросова  
**Зав. отделом космонавтики** С.А. Герасютин

**Художественные редакторы** О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина

**Литературный редактор** О.Н. Фролова

**Оператор ПК** Н.Н. Токарева

**Корректор** Т.И. Шеповалова

**Обложку оформила** О.Н. Никитина

Сдано в набор 06.05.2014. Подписано в печать 27.06.2014. Дата выхода в свет 13 нечет.

Формат 70 × 100<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Цифровая печать

Уч.-изд.л. 12,2 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отг. 3,0 тыс. Бум.л. 3,5

Тираж 318

Зак. 274

Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119049, Москва, Мароновский пер., 26

Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,

121099 Москва, Шубинский пер., 6



