

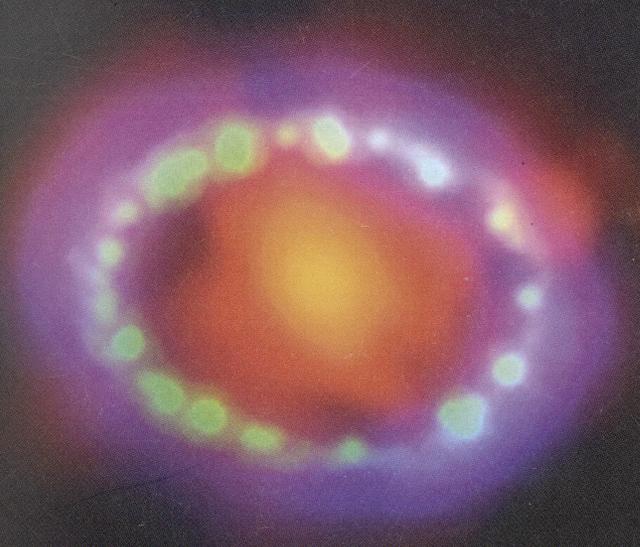
ISSN 0044-3948

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ-АВГУСТ

4/2017





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

4/2017



**Новости науки и другая информация:** Рентгеновский источник в Андромеде [23]; Полет к астероиду [39]; “Доун”: криовулканизм на Церере [54]; Следы гигантского наводнения на Марсе [55]; «Юнона»: пятно на Юпитере [55]; “Кассини”: снимки спутников Сатурна [56]; Самая “тесная” орбита звезды вокруг черной дыры [71]; Рассвет новой эры сверхновой 1987А [81]; Открытие новой формы звездообразования [81]; КТХ: самая большая звезда нашей Галактики [82]; Обширные магнитные поля во Вселенной [86]; Открытие тайны быстро Барстера [92]

**Новые книги:** История самой мощной ракеты-носителя [112]

## В номере:

- 3 РЕВНИВЦЕВ М.Г., ЛУТОВИНОВ А.А. Открытие космической обсерватории “Чандра”  
24 КОТЛЯКОВ В.М., ГЛАЗОВСКИЙ А.Ф., МОСКАЛЕВСКИЙ М.Ю. Динамика ледникового покрова Антарктиды в эпоху потепления

## СЛУЖБА СОЛНЦА

- 40 ИШКОВ В.Н. Солнце в феврале – марте 2017 г.

## ЛЮДИ НАУКИ

- 43 ТАРКО А.М. Академик Н.Н. Моисеев о познании развития человека, природы и общества (к 100-летию со дня рождения)  
58 КОВАЦЕНКО В.А., ГЕРАСЮТИН С.А. Вернер фон Браун – ученый и человек (к 105-летию со дня рождения)  
72 ГЕРАСЮТИН С.А. Субрахманьян Чандрасекар  
83 ГОРБУНОВ М.Е., ЛИТВИНОВА Е.А., ШМАКОВ А.В. Памяти Георгия Михайловича Гречко

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 87 ИВЛЕВ Л.С. Роль взвешенных аэрозольных частиц в глобальных процессах в атмосфере

## ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

- 94 ПАРОШИНА Г.Н., КАЙГОРОВОДА Т.Д., ПОДОЛЬСКАЯ Т.В. Мемориальному музею Г.С. Титова – 50 лет

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 101 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2017 г.

## ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 106 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Сейсмичность Земли во втором полугодии 2016 г.



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, 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; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

**На стр. 1 обложки:** Ближайшая к нам сверхновая SN1987A, находящаяся в Большом Магеллановом Облаке на расстоянии примерно 168 тыс. св. лет от нас. Красным цветом (радиодиапазон, ALMA) показана вновь образовавшаяся пыль в центре остатка, зеленым (видимый, КТХ) и синим (рентгеновский, "Чандра") – распространение ударной волны к внешнему яркому кольцу. Синтезированное изображение получено 23 февраля 2017 г. на основе снимков КТХ, космической обсерватории "Чандра" и радиотелескопа ALMA. Фото NASA, STScI, NRAO (к стр. 81).

**На стр. 2 обложки:** Вверху – Пульсар Swift J0042.6 + 4112 недалеко от центра галактики Андромеда. Изображение сделано в феврале 2017 г. с помощью космической рентгеновской обсерватории "NuSTAR". Фото NASA (к стр. 23). Внизу – Антарктические горы (снимок с самолета). Фото В.М. Котлякова (к статье В.М. Котлякова, А.Ф. Глазовского, М.Ю. Москалевского).

**На стр. 3 обложки:** Вверху – так наш художник представляет себе галактику, в которой происходит формирование звезд внутри потоков вещества из окрестностей сверхмассивной черной дыры в ее центре. Рисунок М. Корнмессер, ESO (к стр. 81). Внизу – сильнейший ураган вблизи северного полюса Юпитера – большое темное пятно. Снимок сделан 27 марта 2017 г. АМС "Юнона" с расстояния 14,5 тыс. км от поверхности Юпитера. Фото ESA, NASA (к стр. 56).

**На стр. 4 обложки:** Скопление крупных звезд Westerlund, расположенное в 15 тыс. св. лет от нас в созвездии Жертвенника. Изображение получено в начале 2017 г. КТХ. Фото ESA, NASA (к стр. 82).

### In this issue:

- 3 [\[REVNIVTSEV M.G.\]](#), LUTOVINOV A.A. Discoveries by Chandra Orbital Observatory  
24 KOTLYAKOV V.M., GLAZOVSKY A.F., MOSKALEV-SKY M.Yu. Dynamics of Antarctic Ice in Warming Epoch  
**SOLAR MONITORING SERVICE**  
40 ISHKOV V.N. The Sun in February–March 2017

### PEOPLE OF SCIENCE

- 43 TARKO A.M. Academician N.N. Moiseyev on the Cognition of Evolution of Man, Nature and Society (to the 100<sup>th</sup> Anniversary of Birth)  
58 KOVATSENKO V.A., GERASYUTIN S.A. Wernher von Braun – a Scientist and a Man (to the 105<sup>th</sup> Anniversary of Birth)  
72 GERASYUTIN S.A. Subrahmanyam Chandrasekhar  
83 GORBUNOV M.E., LITVINOVA E.A., SHMAKOV A.V. In the memory of Georgy Mikhailovich Grechko

### SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 87 IVLEV L.S. Role of Suspended Aerosol Particles in Global Atmospheric Processes

### ON THE EXHIBITIONS AND MUSEUMS

- 94 PAROSHINA G.N., KAYGORODOVA T.D., PODOLSKAYA T.V. The Memorial Muzeum of G.S. Titov – 50 years

### AMATEUR ASTRONOMY

- 101 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: September–October 2017

### CHRONICLES OF THE EARTH'S SEISMICITY

- 106 STAROVOYT O.E., SHEPKUNAS L.S., KOLOMIETS M.V. Seismicity of the Earth in the Second Half of 2016

### Редакционная коллегия:

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

## Открытия космической обсерватории “Чандра”

М.Г. РЕВНИВЦЕВ,

доктор физико-математических наук

А.А. ЛУТОВИНОВ,

доктор физико-математических наук

Институт космических исследований РАН

---

23 ноября 2016 г. после тяжелой болезни скончался Михаил Геннадьевич Ревнивцев – заведующий лабораторией экспериментальной астрофизики ИКИ РАН, ученый с мировым именем в области рентгеновской астрономии и астрофизики высоких энергий.

Михаил Геннадьевич родился в 1974 г. в г. Тольятти. В 1991 г. поступил в Московский физико-технический институт на кафедру космической физики. С 1995 г. начал работать в Институте космических исследований в Отделе астрофизики высоких энергий. В 1997 г. с отличием закончил МФТИ и поступил в аспирантуру ИКИ РАН; в 1999 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 2006 г. – докторскую; в 2015 г. был избран



профессором Российской академии наук.

М.Г. Ревнивцев начал свою научную деятельность с работы с данными космических обсерваторий “Квант” и “Гранат”. Он играл ключевую роль в успехе международной астрофизической обсерватории “Интеграл” и в подготовке к рентгеновскому обзору всего неба обсерватории “Спектр-РГ”; был идейным вдохновителем



проекта “Монитор всего неба” (МВН) на борту Международной космической станции. Михаил Геннадьевич посвящал много времени работе со студентами и аспирантами, воспитал несколько кандидатов физико-математических наук, принимал активное участие в жизни Института космических исследований, занимался популяризацией науки в России.

М.Г. Ревнивцев – автор ряда ярких научных открытий, среди которых решение многолетней загадки происхождения рентгеновского фона нашей Галактики. Построив ее уникальную рентгеновскую карту по данным космической обсерватории «RXTE», он доказал, что фон складывается из излучения аккрецирующих белых карликов и коронально активных

звезд. За это и другие открытия Михаила Геннадьевича в 2006 г. наградили медалью им. Я.Б. Зельдовича Международного комитета по исследованию космического пространства, а в 2008 г. он стал одним из первых лауреатов Премии Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых.

Миша был не только выдающимся ученым,

но и потрясающим другом и коллегой, всегда готовым прийти на помощь. Отдел астрофизики высоких энергий глубоко скорбит об утрате. Светлая память о Михаиле Геннадьевиче Ревнивцеве навсегда сохранится в наших сердцах.

Это – последняя научно-популярная статья М.Г. Ревнивцева, подготовленная специально для нашего журнала.

ОТ НАЧАЛА РЕНТГЕНОВСКОЙ АСТРОНОМИИ ДО ОБСЕРВАТОРИИ “ЧАНДРА”

Рентгеновские лучи практически не проникают под земную атмосферу (например, лучи с энергией около 1 кэВ и ниже поглощаются на высотах около 100 км и выше), поэтому для проведения наблюдений в этом участке электромагнитного спектра необходимо выходить за ее пределы. Это стало возможным только с развитием необходимых ракетных технологий. Первые ракетные эксперименты по наблюдению Солнца в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах длин волн, проведенные в конце 1940 – начале 1950-х гг., уже дали интересные результаты (Фридман и др., 1951). Однако простое масштабирование светимости Солнца на расстояние до ближайших звезд не позволяло надеяться на регистрацию

рентгеновского потока от них при существовавшем уровне развития технологий. Понадобилось около десяти лет для того, чтобы обнаружить первый рентгеновский источник за пределами Солнечной системы (Джиаккони и др., 1962).

Одной из основных проблем, возникающих при регистрации рентгеновских фотонов, является фон заряженных частиц, они проникают в “тело” любого детектора. Для уменьшения вклада счета заряженных частиц в регистрируемое излучение можно организовать систему антисовпадений (из двух и более слоев детектора). Заряженные частицы с большой энергией пройдут через любую защиту и, вычитая события, произошедшие одновременно в нескольких слоях детектора, можно существенно “подавить” их вклад. Именно таким способом была повышена чувствительность

инструмента, позволившая обнаружить первый рентгеновский источник вне Солнечной системы.

Еще более кардинальный способ уменьшения вклада счета заряженных частиц – научиться концентрировать фотоны: тогда фон заряженных частиц (как и раньше) распределяется по всему детектору, а рентгеновские фотоны концентрируются на небольшой его части, тем самым значительно “поднимая” отношение полезного сигнала к шуму. Первое предложение о возможности концентрации фотонов для использования в рентгеновских обсерваториях высказали Р. Джиаккони и Б. Росси в 1960 г., за два года до открытия галактического источника рентгеновского излучения. В своей работе они ссылались на предложение Х. Вольтера (1952), рассматривавшего возможность использования

рентгеновских зеркал в качестве микроскопа.

Впервые такой принцип регистрации (концентрации) рентгеновских фотонов был применен в 1965 г., когда с борта высотной ракеты "Aerobee" было получено изображение Солнца в рентгеновских лучах (Джиаккони и др., 1965). В дальнейшем исследования продолжались с помощью космической обсерватории "OSO-4" (запущена 18 октября 1967 г.) и рентгеновского телескопа на станции "Скайлэб" (14 мая 1973 г.). Интересно, что использовавшиеся в этих экспериментах телескопы имели возможность не просто концентрировать фотоны, но и строить изображения неба с разрешением в несколько угловых секунд. В частности, 5 августа 1972 г. во время полета высотной ракеты впервые рентгеновским телескопом наблюдался небесный объект вне Солнечной системы – источник Sco X-1. За 10 с (полное время наблюдений во время полета высотной ракеты составляло около 300 с) от Sco X-1 было зарегистрировано 3 фотона.

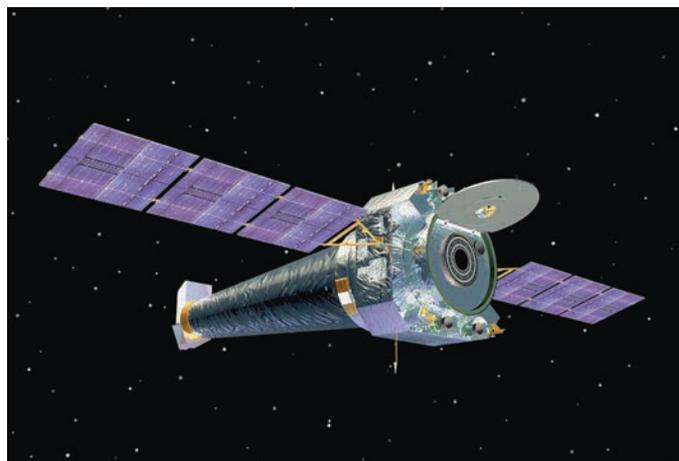
Следующий большой шаг в наблюдении космических рентгеновских источников с помощью

фокусирующей оптики (зеркал косоугольного падения) был сделан космической обсерваторией "HEAO-2" (обсерватория им. Эйнштейна, 1978–1981 гг.). С ее помощью было обнаружено рентгеновское излучение от практически всех типов астрофизических объектов – от планет и обычных звезд, от остатков вспышек сверхновых и компактных объектов, от обычных галактик до квазаров и скоплений галактик. Стало очевидным, что высокоэнергичные процессы играют огромную роль в формировании и эволюции этих объектов, и рентгеновское излучение является естественным каналом, позволяющим их изучать.

Необходимо отметить, что с технической точки зрения возможности зеркальной системы обсерватории "HEAO-2" превосходили возможности фокальных приборов – в частности, угловое разрешение зеркальных

систем соответствовало 5–6", в то время как газовые пропорциональные счетчики, имевшие максимальную эффективность регистрации фотонов, давали около 1". Поэтому дальнейшее развитие рентгеновских телескопов шло как по пути улучшения углового разрешения, так и по пути увеличения их эффективной площади, улучшению спектрального и пространственного разрешений детекторов. В результате в разные годы на орбиту были запущены несколько космических обсерваторий и телескопов – таких как "ROSAT" (1990–1999), "BBXRT" (1990), "ASCA" (1993–2000), использовавших в своей работе фокусирующую оптику; для них применялись новые технологические решения, что позволило получить целый набор значимых научных результатов (Земля и Вселенная, 2014, №№ 4, 5).

Достижения инженерной мысли и технологи-



Обсерватория "Чандра" в космическом пространстве. Рисунок NASA/CXC/NGST.

ческого развития в области фокусирующих рентгеновских телескопов были максимально реализованы при создании космической обсерватории “Чандра” (“Chandra”, названа в честь выдающегося американского физика и астрофизика, лауреата Нобелевской премии С. Чандрасекара). Обсерватория была выведена на орбиту 23 июля 1999 г. с помощью КК “Колумбия” (STS-93; Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 59–60). “Чандра” работает на высокоэллиптической орбите высотой 10 тыс. км × × 140 тыс. км, имея возможность проводить непрерывные наблюдения длительностью до 185 тыс. секунд.

Ключевая характеристика обсерватории “Чандра” – способность фокусировать рентгеновские фотоны в кружок размером 0,5" (внутри такого радиуса содержится половина всех фотонов, регистрируемых от источника). Это примерно в 10 раз улучшило предыдущие рекорды, установленные телескопами космических обсерваторий “HEAO-2” и “ROSAT”. Система из четырех вложенных параболоидов и гиперболоидов (покрытых иридием для увеличения отражательной способности на энергиях выше 2 кэВ) имеет фокусное расстояние 10 м, на котором фокусирует рентгенов-

ские фотоны в один пиксел детектора размером 24 мкм.

В качестве регистрирующих элементов обсерватория имеет два основных типа инструментов: ПЗС-матрицы ACIS и микроканальные пластины HRC. ПЗС-матрицы ACIS были разработаны совместно Пенсильванским университетом, Массачусетским политехническим институтом и Лабораторией реактивного движения и созданы в лаборатории корпорации “Локхид-Мартин” и Массачусетском политехническом институте (лаборатория Линкольна). Матрицы дают информацию о положении и энергии (с разрешающей способностью  $E/\Delta E \sim 10-40$ ) каждого отдельного фотона в поле зрения телескопа размером 17'. Микроканальные пластины HRC, созданные в Смитсоновском астрофизическом центре, позволяют полностью реализовать разрешающую способность зеркальной системы телескопа “Чандра” – угловой размер пикселей микроканальной пластины составляет около 0,13" на пиксел.

Изначально гарантированный срок активного существования обсерватории “Чандра” составлял 3 года (при планируемом сроке эксплуатации – 5 лет). Однако высокоэллиптическая орбита аппарата

и высокое качество изготовления обеспечили возможность существенного продления срока работы обсерватории. По сравнению с аппаратами на более низких околоземных орбитах, где спутник постоянно вынужден проходить через циклы зарядки-разрядки аккумулятора, тень Земли, через радиационные пояса, и т.д., подсистемы аппарата на высокоэллиптической орбите “страдают” гораздо меньше. В результате прошло уже более 15 лет, и системы спутника работают в штатном режиме. Исключением стали набор гироскопов, который в настоящее время является запасным, и солнечный датчик (переключился на запасной в 2013 г.).

За годы работы на орбите обсерватория “Чандра” совершила прорыв в рентгеновской астрономии, позволив сделать важнейшие научные открытия и продемонстрировав выдающиеся результаты работы. О некоторых из них расскажем в настоящей статье – начиная с Солнечной системы и заканчивая определением глобальных характеристик Вселенной. Подробно с результатами обсерватории “Чандра” можно ознакомиться в обзорной статье Х. Тананбаума и др. (2014). Эта же работа (а также материалы с официального

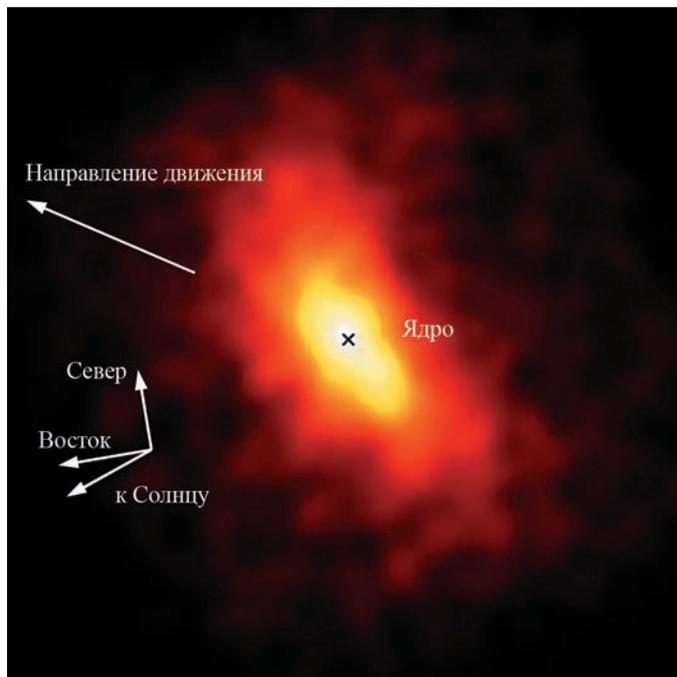
Изображение кометы C/1999 S4, полученное обсерваторией "Чандра" 14 июля 2000 г. Рентгеновское излучение возникает при столкновениях ионов солнечного ветра с нейтральным газом кометы (NASA/CXC/C. Lisse, S. Wolk, et al.).

сайта обсерватории: <http://chandra.harvard.edu/>) легли в основу обзора.

#### РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Взаимодействие высокоэнергичных частиц и лучей Солнца с атмосферами планет, их спутниками и кометами приводит к образованию рентгеновского излучения в ходе различных физических процессов: рассеяния, флуоресценции, перезарядки, возбуждения авроральной активности. Обсерватория "Чандра" наблюдала – и во многих случаях открыла – рентгеновское излучение от планет Солнечной системы и их спутников (см., например, Бхардвай и др., 2007).

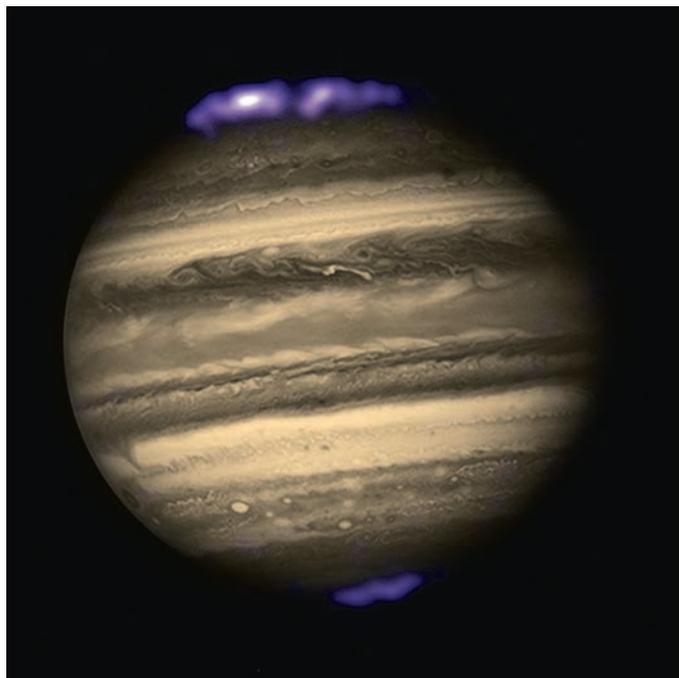
Перезарядка – важный механизм формирования рентгеновского излучения объектов Солнечной системы, в процессе которого высокоионизованный атом вещества солнечного ветра сталкивается с нейтральным атомом и "захватывает" электрон, как правило, на



самые высокие энергетические уровни. В процессе релаксации к его обычному состоянию атом излучает набор характеристических рентгеновских линий, которые могут быть зарегистрированы в рентгеновских лучах. В частности, для солнечного ветра это – линии CV, CVI, OVII, OVIII, NeIX.

Рентгеновское излучение при "перезарядке" может также рождаться в процессе взаимодействия частиц солнечного ветра с земной экзосферой (геокоороной), с веществом внутри и вне магнитного переходного слоя (области пространства между магнитопаузой и фронтом ударной волны вблизи магнитосферы), и

даже с гелиосферой (областью космического пространства вокруг Солнца, содержащей заряженные частицы и простирающейся за орбиту Плутона). Вообще, Солнечная система может быть представлена как область, на границе которой происходит "перезарядка" высокоионизованных ионов солнечного ветра с нейтральным веществом окружающей межзвездной среды и формируется мягкое рентгеновское излучение. Наблюдения обсерватории "Чандра" показали, что на энергиях около 0,75 кэВ "вклад" такого излучения играет определяющую роль, в то время как на более низких энергиях (около 0,25 кэВ) он не является



Комбинированное изображение Юпитера, полученное космическим телескопом им. Хаббла и обсерваторией "Чандра". Хорошо видно мощное авроральное рентгеновское излучение из околополярных областей. (X-ray: NASA/CXC/SwRI/R. Gladstone et al.; Optical: NASA/ESA/Hubble Heritage, AURA/STScI).

от рентгеновского излучения Солнца, а также обнаружена сильнейшая авроральная активность планет с магнитными полями (Гладстон и др., 2009).

#### СВЕРХНОВЫЕ И ОСТАТКИ ИХ ВСПЫШЕК

доминирующим. Полученные результаты могут быть объяснены в предположении, что суммарное излучение состоит из двух компонент – излучения теплой ( $0,6 \times 10^6$  К) плазмы, имеющейся в локальном пузыре размером 100 пк, окружающем Солнце, и излучения, возникающего в процессе перезарядки (см., например, Куртумпа и др., 2009).

Кометы, рентгеновское излучение которых формируется в процессе "перезарядки" вещества солнечного ветра на нейтральных атомах оттекающего от них газа, можно считать лабораториями, позволяющими изучать поведение разреженной плазмы в естественных условиях.

До запуска обсерватории "Чандра" происхождение рентгеновского излучения комет вызвало горячие дискуссии, однако сейчас формирование излучения за счет процесса "перезарядки" лучше всего объясняют наблюдаемые данные (Бхардвай и др., 2007). Обсерваторией "Чандра" было открыто рентгеновское излучение, возникающее в атмосферах Марса и Венеры в процессе "перезарядки", что позволило начать изучение темпа потери вещества атмосферами этих планет.

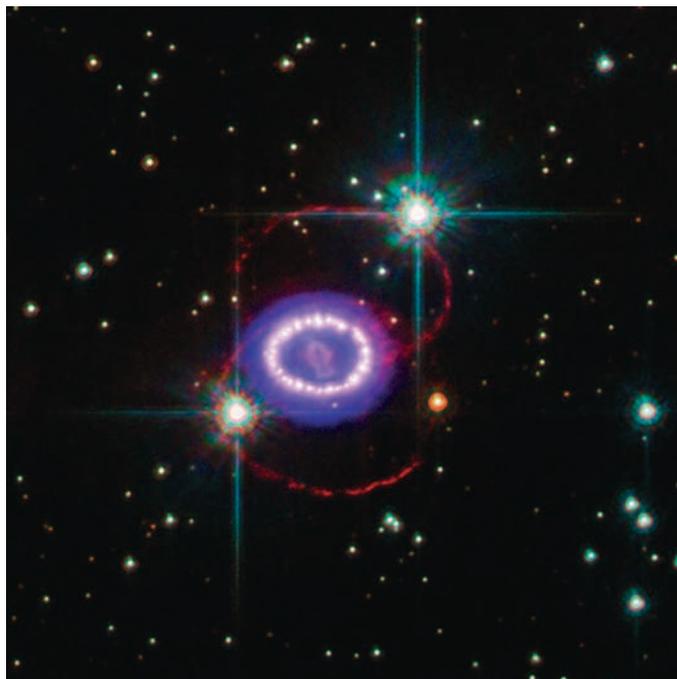
Кроме того, обсерваторией были проведены исследования атмосфер планет с помощью регистрации явления флуоресценции

Согласно теоретическим расчетам, каждые 50 лет в галактике типа нашего Млечного Пути должен происходить взрыв сверхновой, являющийся по сути сигналом о катастрофическом коллапсе ядра обычной звезды. На протяжении тысяч лет после взрыва остаток вспышки расширяется в пространстве, продолжая светить за счет вещества, разогретого ударной волной; он разгоняет заряженные частицы до релятивистских энергий, поставляет синтезированные тяжелые элементы в межзвездную среду (Земля и Вселенная, 2008, № 1).

Конечная стадия эволюции звезды зависит от ее начальной

массы. Если в начале своей жизни звезда имела массу менее  $8 M_{\odot}$ , то в процессе эволюции она потеряет значительную ее часть посредством звездного ветра, а ее ядро с массой менее  $1,4 M_{\odot}$  сколлапсирует в белый карлик радиусом в 5–10 тыс. км. Его внутреннее строение и устойчивость к дальнейшему коллапсу будет определяться давлением вырожденного электронного газа. Необходимо сказать, что это давление может удерживать в равновесии белый карлик, масса которого не превышает  $1,4 M_{\odot}$  (предел Чандрасекара). Если начальная масса звезды больше  $8\text{--}10 M_{\odot}$ , то тогда ее ядро на конечной стадии эволюции превышает предел Чандрасекара, и давление вырожденного электронного газа не способно остановить его дальнейшее сжатие. Звезда превращается либо в нейтронную звезду (в которой равновесие определяется давлением вырожденного газа нейтронов), либо в черную дыру.

Непосредственно перед коллапсом звезды ее структуру можно описать как последовательность слоев с разными продуктами термоядерного горения, изнутри наружу: элементы групп железа и кремния, кислород, неон, магний, углерод, гелий и не сгоревший до



*Комбинированное изображение остатка вспышки сверхновой SN 1987A, полученное космическим телескопом им. Хаббла в оптическом (бело-розовые цвета) и обсерваторией “Чандра” в рентгеновском (пурпурно-синие цвета) диапазонах энергий. Хорошо видна структура, состоящая из трех колец, наиболее ярким из которых является экваториальное. Наблюдения обсерватории “Чандра” показывают, что ударная волна продолжает двигаться через это кольцо (Хельдер и др., 2013). Яркие области рентгеновского и оптического излучения возникают в местах, где ударная волна сталкивается с плотными структурами окружающего газа. Размер изображения – 6' (около 16 пк). X-ray: NASA/CXC/PSU/S. Park & Burrows; Optical: NASA/STScI/CfA/ P. Challis.*

конца водород. Процессы, происходящие после этого, до сих пор вызывают жаркие споры, но все согласны в одном – происходит огромное выделение энергии: взрыв сверхновой. Такие сверхновые называются сверхновые II типа; их источниками являются молодые массивные

звезды. Большая доля энергии, выделенная в процессе коллапса ядра, уносится нейтрино, но существенная ее часть также переходит в энергию оболочки, разлетающейся со скоростью нескольких тысяч километров в секунду.

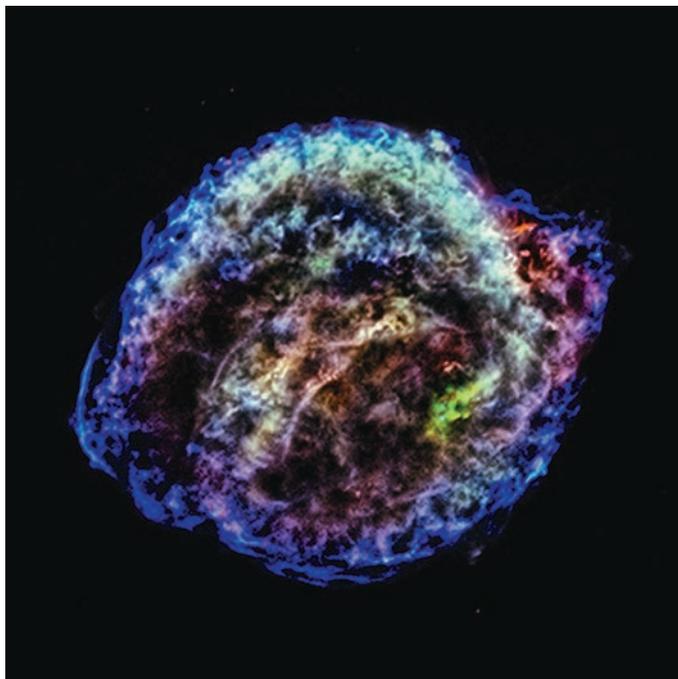
Взрывы сверхновых другого типа (Ia) проис-

ходят, когда аккреция вещества на поверхность белого карлика (или слияние двух белых карликов) позволяет ему (им) “перескочить” через предел Чандрасекара. Начавшийся после этого гравитационный коллапс запускает механизм термоядерного горения в центре белого карлика, что приводит к его полному разрушению. Расширяющийся остаток вспышки такой сверхновой еще долгое время излучает в результате энерговыделения, получаемого при распаде радиоактивного никеля в кобальт, а затем – в железо. В процессе разлета оболочки возникают две ударные волны – прямая, движущаяся по межзвездной

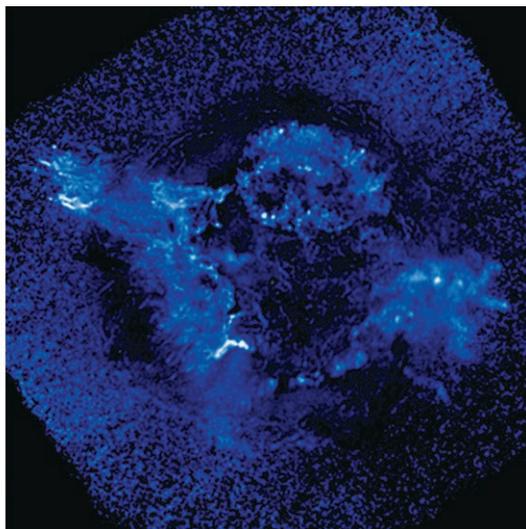
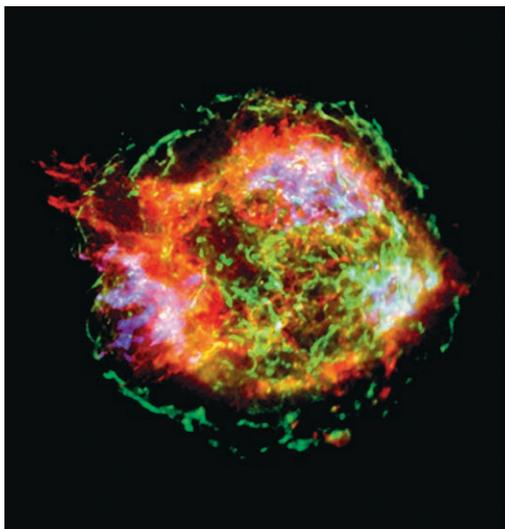
среде, и обратная, идущая по вылетевшему в процессе взрыва веществу. Эти волны в дальнейшем формируют остаток вспышки сверхновой, состоящей из горячего газа и высокоэнергичных частиц и излучающей в разных диапазонах – от радио- до гамма-лучей.

С помощью обсерватории “Чандра” впервые стало возможным непосредственно наблюдать прямую ударную волну, “идущую” впереди вылетевшего вещества, и нагретое обратной ударной волной вещество; строить детальные карты остатков вспышек сверхновых в узких спектральных диапазонах, изучать их морфологию, исследовать процессы взрыва сверхновых и природу их

предшественников. Например, предшественником остатка сверхновой Кеплера (наблюдалась и детально изучалась Иоганном Кеплером в 1604 г.; Земля и Вселенная, 1971, № 6) стала двойная система, состоящая из белого карлика и звезды-гиганта массой 4–5  $M_{\odot}$  (Рейнольдс и др., 2007). Необходимо отметить, что, хотя сверхновая Кеплера относится к типу Ia, структура ее остатка не совсем типична для таких объектов (как правило, они имеют приблизительно сферическую форму). Наблюдения на обсерватории “Чандра” показали, что остаток сверхновой Кеплера асимметричен и в нем присутствуют заметные аркоподобные структуры, особенно в его северной части. Эти структуры были интерпретированы как ударные волны, возникшие в результате движения вещества остатка сверхновой через вещество, испущенное звездой-



*Остаток вспышки сверхновой Кеплера. Комбинированное изображение получено с помощью обсерватории “Чандра” в мягком (0,3–0,72 кэВ, красный цвет), среднем (0,72–1,7 кэВ, зеленый) и жестком (1,7–8 кэВ, синий) рентгеновских диапазонах. Размер изображения – 2,5' (8 пк). X-ray: NASA/CXC/NCSU/M. Burkey et al.; Optical: DSS.*



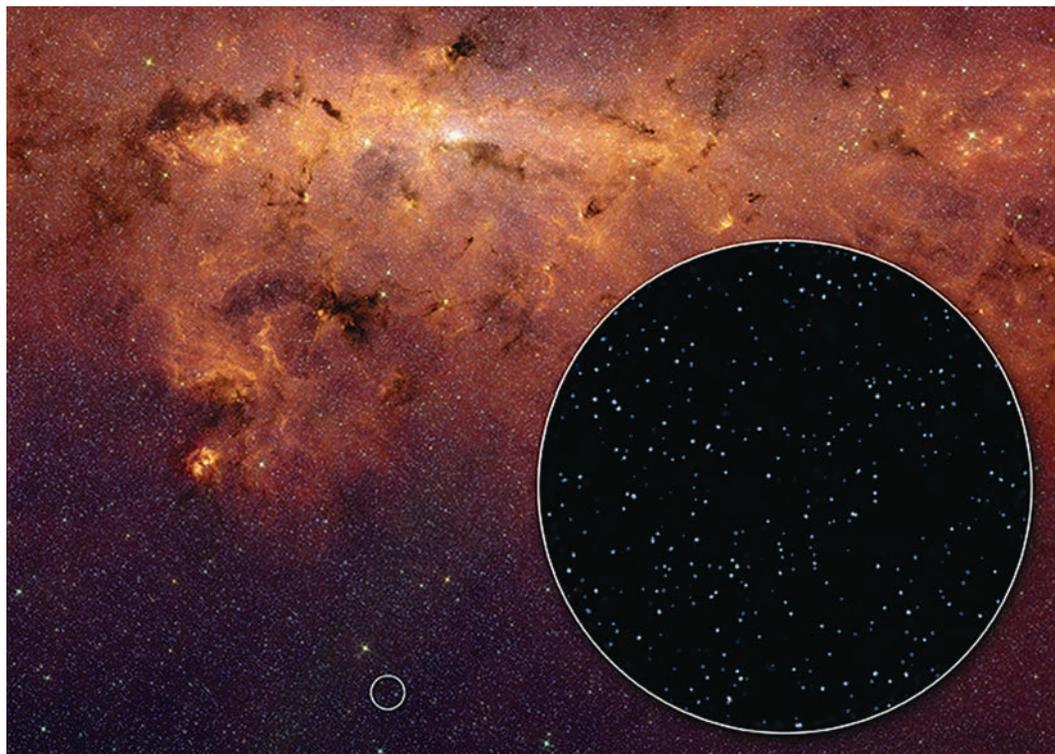
*Остаток вспышки сверхновой Cas A (слева). Внешние зеленые области в форме кольца являются следствием воздействия прямой ударной волны. Внутри этого кольца выброшенное вещество нагрето до  $10^6$  K обратной ударной волной (Хванг и др., 2004). Изображение получено с помощью обсерватории “Чандра” в разных диапазонах энергий: красный – в линии кремния  $Si\ XIII\ He_\alpha$  (1,78–2,0 кэВ), синий – в линии железа  $Fe\ K$  (6,52–6,95 кэВ), зеленый – излучение в континууме 4,2–6,4 кэВ. Справа: отношение изображений, полученных в линии кремния и континууме в диапазоне энергий 1,3–1,5 кэВ, демонстрирующее выброс и контрвыброс. Последние хорошо прослеживаются по излучению кремния. (NASA/CXC/GSFC/U Hwang et al.).*

предшественником на стадии гиганта. Анализ наблюдений, выполненных на обсерватории “Чандра”, показал, что взорвавшаяся звезда имела возраст всего лишь около 100 млн лет. Существование сверхновых типа Ia, взрывающихся столь быстро, оказывает серьезное влияние на точность получаемых результатов при использовании их в качестве “стандартных свечей” для оценки космологических параметров (Салливан и др., 2010).

Исследования популяции ближайших остатков вспышек сверхновых,

произошедших в результате коллапса ядра, с возрастными от нескольких сотен до нескольких тысяч лет, иллюстрируют некоторые общие свойства таких объектов, а также сложности их изучения. Используя рентгеновские данные обсерватории “Чандра” и инфракрасные данные космической обсерватории “Спитцер”, ученые построили трехмерную модель остатка вспышки сверхновой в созвездии Кассиопеи (Cas A), произошедшей, по некоторым оценкам, около 340 лет назад (Деланей и др., 2010). Эта

реконструкция показала, что структуру остатка Cas A можно охарактеризовать с помощью сферической компоненты, наклоненного толстого диска, нескольких выбросов, струй и быстро движущихся узлов, находящихся в плоскости толстого диска. Хотя взаимодействие с околозвездной средой влияет на подробную картину внешнего вида остатка, но основная часть наблюдаемых симметрий и асимметрий в остатке Cas A – следствие взрыва. Рентгеновское изображение богатых кремнием выбросов



*Изображение центральной области нашей Галактики в инфракрасных лучах, полученное по данным космического телескопа им. Спитцера. На вклейке показано изображение области неба, находящейся на расстоянии  $1,4^\circ$  от Галактического центра (маленький кружок на рисунке), в рентгеновских лучах, по данным обсерватории "Чандра". Яркими точками показаны сотни зарегистрированных точечных источников (Ревнивцев и др., 2009). X-ray: (NASA/CXC/TUM/ M. Revnivtsev et al.); IR (NASA/JPL-Caltech/GLIMPSE Team).*

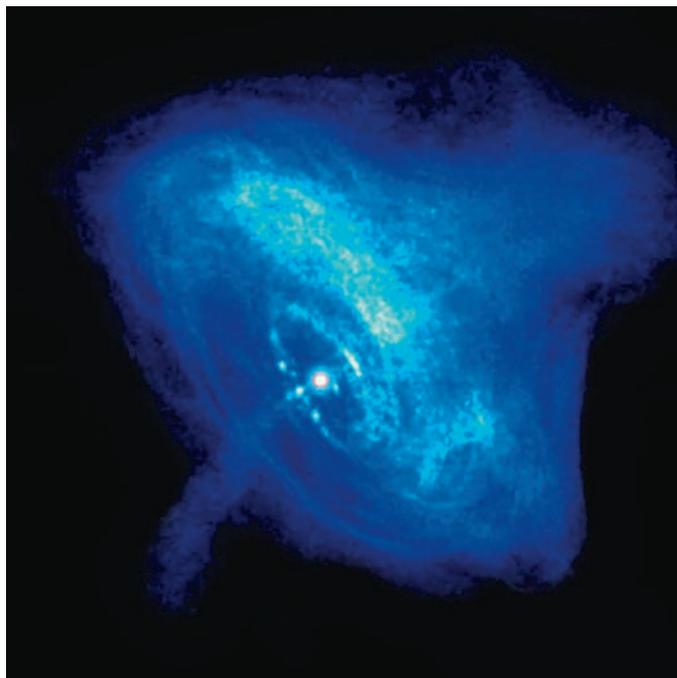
в остатке Cas A показывает явную биполярную структуру, связанную с формированием струй во время вспышки сверхновой (Хванг и др., 2004). Гидродинамические расчеты образования и эволюции таких струй показывают, что звезда-предшественник Cas A во время взрыва находилась в фазе красного сверхгиганта, а ее начальная масса была меньше  $25 M_\odot$  (Шуре и др., 2008).

#### КОМПАКТНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ

Остатки вспышек сверхновых, произошедших в результате коллапса ядра, должны содержать релятивистский компактный объект, возникший в процессе коллапса, то есть нейтронную звезду или черную дыру. Хотя в разных теоретических моделях предсказываются несколько сценариев образования черных дыр в процессе коллапса,

существует общее понимание того, что в большинстве случаев будут рождаться нейтронные звезды. Существование этих объектов подтверждено во многих остатках вспышек сверхновых, и их проявления столь же разнообразны, как и сами остатки. Из закона сохранения момента импульса и магнитного потока следует, что нейтронные звезды будут быстро вращаться и иметь сильное магнитное

*Крабовидная туманность в рентгеновских лучах, по данным обсерватории "Чандра". На изображении хорошо видны пульсар (белая точка вблизи центра), внутреннее кольцо, возникающее вследствие ударных волн, и струи вещества и антивещества, движущиеся от северного и южного полюсов пульсара. Размер изображения – 1,6' (около 1 пк). NASA/CXC/ASU/J Hester et al.*



поле. Это порождает сильные электрические поля, ускорение частиц и пульсирующее излучение во всем диапазоне электромагнитного спектра. Сильные электромагнитные поля порождают так называемый пульсарный ветер, состоящий из электронов и позитронов (разогнанных до релятивистских скоростей) и истекающий в межзвездное пространство, где он замедляется в ударной волне. При этом частицы могут покидать ударную волну, создавая туманность из электронов и позитронов, движущихся по спиральям вокруг магнитных силовых линий и излучающих в диапазоне от радио- до гамма-лучей, а вследствие обратного комптоновского рассеяния – и до энергий, достигающих ТэВ. Получившийся объект носит

название пульсарной туманности или плериона.

Связанная со сверхновой 1054 г. Крабовидная туманность (Земля и Вселенная, 1982, № 3) и 33,5-миллисекундный пульсар B0531+21 в ее центре представляют собой классический пример пульсарной туманности, состоящей из нескольких колец (или торов) и струй. Благодаря обсерватории "Чандра" удалось построить детальное изображение пульсара и туманности в рентгеновских лучах и изучить ее морфологию (Вайскопф и др., 2000). Полученное изображение демонстрирует осесимметричную туманность с наклонным внутренним кольцом, которое может быть связано

со стоячей ударной волной, возникающей в экваториальном пульсарном ветре. Кроме того, в структуре туманности присутствуют большой тор и две струи, исходящие вдоль оси пульсара.

Нейтронные звезды рождаются с температурой в миллиарды градусов и затем остывают вследствие излучения фотонов и нейтрино. Наблюдения и измерения скоростей охлаждения молодых нейтронных звезд дают уникальную возможность исследования поведения вещества при сверхвысоких плотностях.

Открытие нейтронной звезды в центре остатка вспышки сверхновой Cas A дало редкую возможность для

изучения охлаждения молодых нейтронных звезд с известным возрастом и определения физических условий в их внутренних областях. Анализ десятилетних наблюдений обсерватории “Чандра” показал, что модель нейтронной звезды с массой около  $1,65 M_{\odot}$  с углеродной атмосферой, температурой поверхности около  $1,5 \times 10^6$  К и слабым магнитным полем наилучшим образом описывает наблюдаемый рентгеновский спектр объекта (Хо и Хайнке, 2009). Размер излучающей области согласуется с нейтронной звездой, имеющей примерно одинаковую температуру на поверхности, что, возможно, объясняет отсутствие пульсаций рентгеновского излучения от источника. Измеренный темп охлаждения поверхности нейтронной звезды – около 3% за 10 лет (Элшамоти и др., 2013).

Если нейтронная звезда (или черная дыра) входят в состав двойной системы, то они могут быть источниками рентгеновского излучения вследствие аккреции вещества с нормальной звезды-компаньона (Земля и Вселенная, 2016, № 6). В отличие от остатков вспышек сверхновых, которые светят в течение тысяч или десятков тысяч лет, такие объекты могут излучать много миллионов

и даже миллиардов лет. Вообще, рентгеновские двойные системы в нашей Галактике – ярчайшие источники на небе, поэтому они являются первоочередными мишенями для большинства рентгеновских обсерваторий. Обсерваторией “Чандра” были проведены сотни наблюдений таких объектов, получены их астрометрические положения с высокой точностью, что позволило провести последующие отождествления в оптическом диапазоне длин волн и определить природу исследуемых объектов, измерить их спектральные характеристики. Важные достижения, полученные обсерваторией, следующие: определен возраст (менее 4600 лет) наиболее молодой аккрецирующей двойной системы Циркуль X-1 (Хайнц и др., 2012); измерен спин черной дыры Лебедь X-1; определена масса ( $15,7 \pm 1,4 M_{\odot}$ ) наиболее массивной черной дыры звездной массы M33 X-7, которая находится в спиральной галактике M33 (NGC 598) в созвездии Треугольника (около 3 млн св. лет от нас).

Помимо изучения отдельных релятивистских компактных источников, с помощью обсерватории “Чандра” исследованы характеристики разных популяций таких объектов и прослежена связь

с наблюдаемыми параметрами галактик.

Вообще, компактные рентгеновские источники можно условно разделить на два типа: это – маломассивные рентгеновские двойные системы, излучающие за счет аккреции вещества с маломассивных звезд (около  $1 M_{\odot}$ ) поздних спектральных классов, и массивные рентгеновские двойные системы, в которых нормальным компаньоном является звезда ранних спектральных классов (как правило, O или B). Маломассивные рентгеновские двойные системы светят за счет аккреции на компактный объект, возникающей из-за переполнения нормальной звездой своей полости Роша – области пространства, в которой преобладает гравитация звезды-компаньона. В массивной рентгеновской двойной системе компактный объект, как правило, аккрецирует из ветра звезды-компаньона.

Благодаря уникальной чувствительности приборов на обсерватории “Чандра” отдельные рентгеновские источники со светимостями, сопоставимыми со светимостями рентгеновских двойных систем в нашей Галактике, теперь могут быть обнаружены на расстоянии скопления в созвездии Девы (примерно 20 Мпк) и даже за его пределами. В то время, как

исследования популяций рентгеновских двойных в нашей Галактике осложняются значительными неопределенностями в расстояниях до источников и влиянием межзвездного поглощения из-за холодного газа и пыли; эти трудности минимальны при изучении рентгеновских источников в соседних галактиках. Поглощение и эффекты рассеяния существенно менее значимы на высоких галактических широтах, а неопределенности с расстоянием уменьшаются, так как все рентгеновские источники в соседней галактике находятся практически на одинаковом расстоянии от наблюдателя. Это позволило построить функции светимости на масштабах двух-трех порядков для разных популяций рентгеновских двойных систем со светимостями выше  $10^{36}$  эрг/с, и показать что, суммарное излучение всех маломассивных рентгеновских двойных систем “отслеживает” массу галактики, а суммарное излучение массивных двойных систем “отслеживает” темп звездообразования в галактике (см., например, Гильфанов и др., 2004, Фаббиано и др., 2006).

#### ПРИРОДА РЕНТГЕНОВСКОГО “ХРЕБТА” ГАЛАКТИКИ

Проблема существования и природа протяженного рентгеновского

излучения, расположенного вдоль плоскости нашей Галактики (так называемого “хребта”), а также похожих структур, обнаруженных в других галактиках, оставалась загадкой для астрофизиков более 25 лет. Ключевым экспериментом, позволившим подтвердить (или опровергнуть) гипотезу о том, что излучение “хребта” Галактики формируется в результате суммарного света большого количества слабых рентгеновских источников, стали сверхглубокие (с чувствительностью до  $10^{-17}$  эрг/с/см<sup>2</sup>) наблюдения обсерватории “Чандра” с общей экспозицией около 1 млн секунд. Анализ этих данных позволил сделать следующие выводы (Ревнивцев и др., 2009, Земля и Вселенная, 2007, № 6):

- в характерной области “хребта” Галактики обнаружено множество слабых рентгеновских источников с поверхностной плотностью до 100 тыс. источников на квадратный градус;

- до  $88 \pm 12\%$  излучения “хребта” Галактики в области энергий 6–7 кэВ разрешается на точечные источники, обнаруженные в наблюдениях обсерватории “Чандра”;

- эти источники в подавляющем большинстве являются аккрецирующими белыми карликами

или коронально активными звездами;

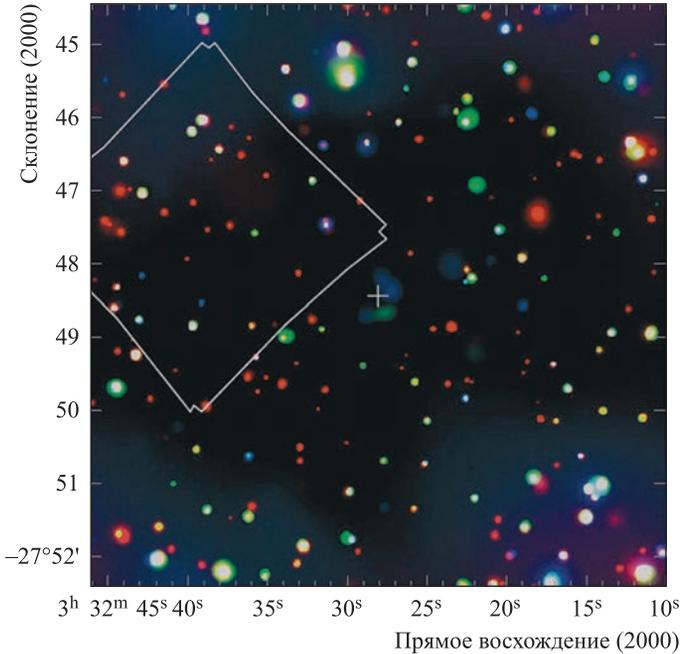
- суммарная кривая подсчетов источников хорошо согласуется с ожидаемой на основе нашего знания о рентгеновских объектах, близких к Солнцу.

Это открытие явилось серьезным аргументом против гипотезы о существовании в области галактического центра большого количества диффузного горячего газа с температурой около  $10^8$  К, ранее предлагавшейся для объяснения наблюдаемого излучения “хребта” Галактики.

#### РАЗРЕШЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ФОНА И ПОПУЛЯЦИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК

Рентгеновское небо – не “черное” (отсутствие источников), а “серое”, так как при угловом разрешении в несколько квадратных градусов поверхностная яркость фона ненулевая и практически не зависит от направления. Почти сразу после обнаружения активных ядер галактик (АЯГ) было высказано предположение, что их популяция может вносить значительный “вклад” в поверхностную яркость космического рентгеновского фона.

Прямые измерения вклада от потока большого количества дискретных источников в



Изображение внутренней части (8'×8') области CDFS, полученное за 4 млн секунд наблюдений обсерватории "Чандра". Разными цветами показаны изображения в разных диапазонах энергий: 0,5–2 кэВ (красный), 2–4 кэВ (зеленый), 4–8 кэВ (синий). Квадратом показана область ультраглубокого поля наблюдений космического телескопа им. Хаббла. (Из работы Ксуе и др., 2011).

излучение космического рентгеновского фона стали возможны после появления рентгеновских телескопов с зеркалами косоугольного падения. Рентгеновский телескоп на обсерватории "НЕАО-2" позволил достичь тогда рекордной чувствительности  $1,3 \times 10^{-14}$  эрг/с/см<sup>2</sup> в диапазоне энергий 1–3 кэВ. На этом уровне чувствительности поверхностная плотность обнаруженных источников составила примерно 20 объектов на квадратный градус.

Благодаря низкому уровню фона ( $\sim 10^{-6}$  отсч/с/пиксел) чувствительность наблюдений обсерватории "Чандра" остается ограниченной только статистической фоновой (вплоть до рекордных экспозиций

в 4–6 млн секунд). Например, 4 млн секунд наблюдений площадки CDFS (Chandra Deep Field South – южное глубокое поле "Чандры", координаты центра RA = 3<sup>h</sup> 32<sup>m</sup> 28,0<sup>s</sup>, Dec = -27°48'30", площадь около 0,11 квадратных градуса) позволили достичь чувствительности  $9 \times 10^{-18}$  эрг/с/см<sup>2</sup> и обнаружить 776 источников рентгеновского излучения (Ксуе и др., 2012). Более 97% из них имеют надежные отождествления и более 75% являются активными ядрами галактик на красных смещениях  $0,2 < z < 5$ . Поверхностная плотность активных ядер галактик на таких потоках составляет более 10 тыс. источников на квадратный градус. Таким образом, на пределе

детектирования источников "Чандра" "разрешает" около 90% рентгеновского фона.

Ввиду того, что рентгеновское излучение в активных ядрах галактик возникает в результате аккреции вещества на сверхмассивные черные дыры, поверхностная яркость космического рентгеновского фона может рассматриваться в качестве суммарного мерила роста всех сверхмассивных черных дыр в истории Вселенной. Комбинирование измерений поверхностной яркости космического рентгеновского фона с исследованиями подсчетов отдельных классов источников в разных глубоких обзорах неба позволяет изучать долговременную эволюцию

роста сверхмассивных черных дыр.

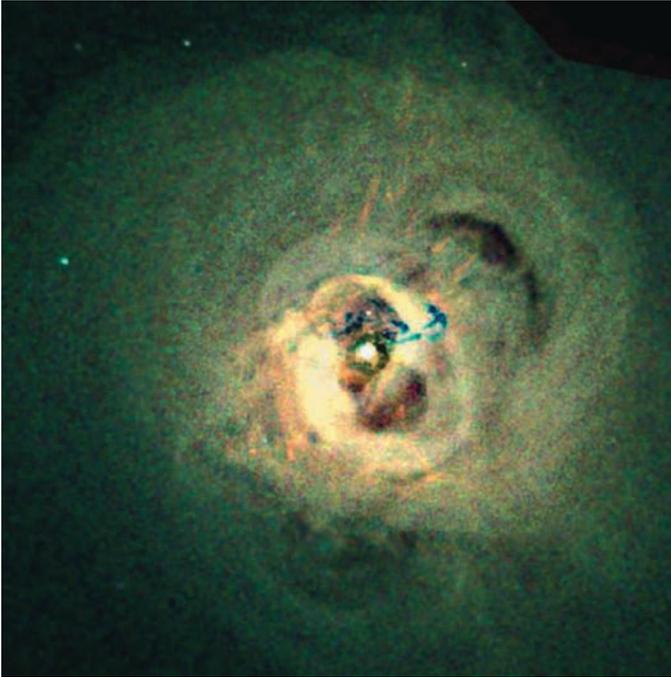
Изучение последних показало, что с наблюдательной точки зрения их можно разделить на несколько больших классов. В рамках так называемой “модели объединения” наблюдательные проявления активных ядер галактик в широкой полосе длин волн (от радио- и ИК- до рентгеновского диапазона) зависят от угла наклона ядра к лучу зрения наблюдателя. Излучение центральных областей активных ядер галактик, наблюдаемых под углом, близким к  $90^\circ$ , проходит через плотный пылевой тор, поглощается вплоть до жесткого рентгеновского диапазона, “перерабатываясь” в ИК-спектр (сейфертовские галактики второго типа, поглощенные АЯГ). В спектрах АЯГ, наблюдаемых под малыми углами к лучу зрения, хорошо видны проявления аккреционного диска в ультрафиолетовом и мягком рентгеновском диапазонах (сейфертовские галактики первого типа). Активные ядра галактик, наблюдаемые вдоль направления вылета релятивистской струи из центральной черной дыры АЯГ, регистрируются в виде блазаров в очень широком диапазоне длин волн – от радио- до сверхвысокого гамма-излучения.

Доля поглощенных объектов среди всех АЯГ имеет решающее значение для оценки общего энерговыделения в результате аккреции и, таким образом, “вклада” АЯГ в энергетический баланс Вселенной. Это соотношение остается предметом дискуссий, так как многочисленные исследования в разных диапазонах длин волн приводят к различным выводам, осложняющимся тем, что оптические и инфракрасные исследования позволяют измерять поглощение света “пылью”, а в рентгеновских исследованиях измеряется колонковая плотность (количество тех или иных частиц – молекул, ионов, атомов – на луче зрения в столбике с сечением  $1 \text{ см}^2$ ) холодного газа. В частности, из оптических и инфракрасных обзоров следуют оценки, что 65–75% всех АЯГ являются “поглощенными” (см., например, Симпсон, 2005). В отличие от этого, наблюдения обсерватории “Чандра” (подтвержденные результатами обсерватории “XMM-Newton”) показывают сильную зависимость доли поглощенных АЯГ от их светимости – 10–20% поглощенных АЯГ с высокими светимостями ( $10^{44-46}$  эрг/с), в то время как при более низких светимостях эта цифра возрастает до примерно 80% (см., например, Сазонов и др., 2012).

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ АКТИВНЫМИ ЯДРАМИ ГАЛАКТИК И СКОПЛЕНИЯМИ ГАЛАКТИК

Известно, что галактики распределены по небу не равномерно, а концентрируются в группах и скоплениях, которые являются наиболее массивными гравитационно-связанными объектами во Вселенной. Группы и скопления содержат много горячего газа с температурой  $10^6-10^8 \text{ K}$  и темной материи. Масса барионной компоненты в скоплениях галактик достигает значений  $10^{14-15} M_\odot$ , при этом масса горячего газа в скоплениях галактик примерно в шесть раз больше массы звезд. Масса темной материи, в свою очередь, еще в 5–6 раз больше массы горячего газа. Именно темная материя является тем связующим звеном, которое позволяет “держаться” все галактики скопления вместе. Поскольку горячий газ излучает свою тепловую энергию медленно, то он сохраняет “запись” активности в течение миллионов лет, показывая, как развивалась история аккреции на сверхмассивную черную дыру, как проходили слияния с другими частями “сети” скоплений галактик.

Начиная с 1970 г., когда был запущен спутник “Ухуру” (“Uhuru”, или SAS-A), – первый специализированный спутник,



*Изображение скопления галактик в созвездии Персея, полученное обсерваторией “Чандра”. Хорошо видны пузыри и каверны в северном и южном направлениях. (NASA/CXC/IoA/A. Fabian et al.).*

предназначенный для изучения рентгеновских объектов вне Солнечной системы, астрофизики стали заниматься моделированием рентгеновского излучения горячего газа. Считалось, что энергия, излученная в виде рентгеновских фотонов, должна приводить к падению давления в центральной части скопления и его замещению более горячей плазмой из внешних частей. С появлением обсерватории “НЕАО-2” были измерены профили яркости многих скоплений, показавшие, что в них существуют центральные горячие области, вносящие основной “вклад” в рентгеновское излучение. Излучательная способность оптически тонкой

плазмы –  $j \propto n^2 \Lambda(T)$  эрг/с/см<sup>3</sup>, где  $n$  – плотность плазмы, а  $\Lambda(T)$  – функция остывания плазмы, учитывающая потери энергии во всем диапазоне температур  $(10-20) \times 10^6$  К для плазмы с солнечным обилием элементов преобладает остывание на эмиссионных линиях, с температурой выше  $2 \times 10^7$  К из-за тормозного излучения. Тепловая энергия плазмы  $n \propto nT$ , поэтому получается, что время остывания  $t_{rad} \propto (u/j) \propto T/n\Lambda(T)$ . По данным обсерватории “НЕАО-2”, удалось измерить профили плотности  $n$  и температуры плазмы  $T$ , то есть определить их зависимость от расстояния до центра скопления и показать,

что время остывания составляет менее  $10^{10}$  лет для ряда скоплений. Такое время остывания оказывается существенно меньше, чем время жизни скопления. В таком случае возникает вопрос о дальнейшей судьбе этого газа. Это может быть либо “течение охлаждения” с образованием большого количества новых звезд (оно не наблюдается), либо – с образованием обширных областей молекулярного газа.

В 1990-х гг. наблюдения скопления галактик в созвездии Персея, проведенные обсерваторией “ROSAT”, показали, что плазма скопления взаимодействует со сверхмассивной черной дырой в его центре (Берингер и др., 1993). Полученные данные совпадали с предположением о том, что энергия, теряемая плазмой в скоплении в ходе остывания, может быть замещена энерговыделением центральной черной дыры. Однако доказательств такому утверждению предоставлено не было. Эта загадка оставалась неразгаданной до запуска в 1999 г. на орбиту

обсерваторий “Чандра” и “ХММ-Newton”. Спектральные исследования обсерватории “ХММ-Newton” позволили сделать утверждение, что остывание плазмы не переходит в неустойчивый режим (останавливаясь на температурах около 2–3 кэВ, Тамура и др., 2001). В то же время наблюдения на обсерватории “Чандра” (совместно с исследованиями в радиодиапазоне) позволили обнаружить струи, каверны, пузыри и волны, показывающие множественные эпизоды прошлой активности центральной черной дыры, как в скоплениях галактик, так и в галактиках (см., например, Фабиан и др., 2001). Практическое равенство энергии, которая теряется горячей плазмой в ходе остывания, и энергии, закачиваемой в скопление галактик сверхмассивной черной дырой, указывает на то, что в цепочке скопление галактик – сверхмассивная черная дыра существует обратная связь, препятствующая росту ярких молодых галактик в центрах скоплений.

#### “ХОЛОДНЫЕ ФРОНТЫ” В СКОПЛЕНИЯХ ГАЛАКТИК

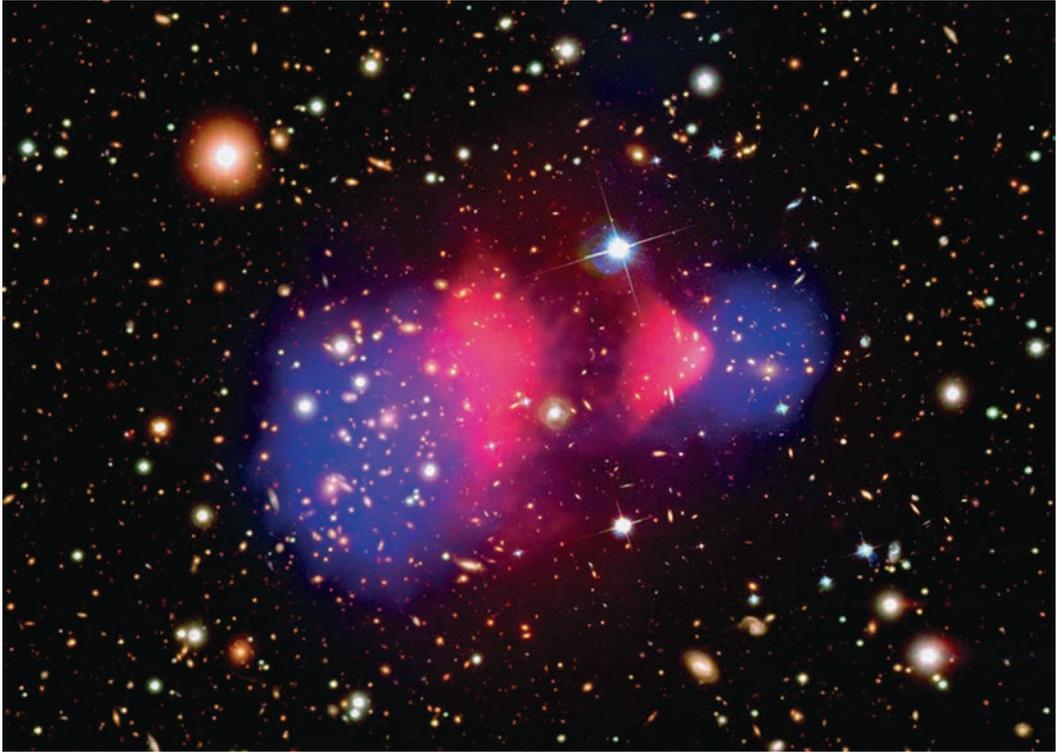
Современная теория эволюции Вселенной предсказывает, что массивные скопления галактик формируются в результате слияния

малых групп (галактик), а процессы столкновений и слияний определяются параметрами космологической модели. Выделяющаяся в процессе таких взаимодействий энергия огромна – около  $10^{65}$  эрг. Большая часть этой энергии выделяется в ходе дальнейшего распространения системы ударных волн и возникающей турбулентности, что приводит к нагреву газа в скоплениях. Часть энергии также может идти на ускорение заряженных частиц до релятивистских энергий, на усиление магнитного поля и т.д. (Маркевич, Вихлинин, 2007).

Полученная возможность – на основе данных обсерватории “Чандра” строить карты распределения газа и его температуры в скоплениях галактик – позволила по-другому взглянуть на процессы, происходящие в них. Например, до этого резкие скачки яркости, наблюдаемые обсерваторией “ROSAT” без возможности измерять температуру в них, считались проявлениями ударных волн, вызванных процессами слияния частей скоплений. С помощью обсерватории “Чандра” удалось показать, что большая часть из них не является истинными ударными волнами. Так, например, для скопления Абель 2142 (6 млн св. лет от нас) было показано, что

области повышенной поверхностной яркости одновременно и холоднее, и плотнее, чем окружающая их плазма (Маркевич и др., 2000). Отсутствие существенных скачков давления в плазме (при пересечении границ этих особенностей) говорит о том, что они представляют собой области контактного разрыва между горячей разреженной плазмой и холодными плотными сгустками. Эти особенности скоплений называли “холодными фронтами”. Во многих случаях феномен “холодного фронта” объясняется пролетом более легкой части вещества скопления с пониженной температурой через горячую разреженную плазму основного скопления.

Обнаружение “холодных фронтов” в скоплениях галактик позволило проводить диагностику плазмы ранее не доступными методами. Например, на границе “холодного фронта” требуется, чтобы давление плазмы с одной стороны фронта равнялось бы давлению плазмы с другой, плюс динамическое давление, которое оказывает летящее облако. По измерениям обсерватории “Чандра”, можно определить давление с одной и с другой стороны “холодного фронта” и оценить “динамическое” давление (скорость движения облака).



Комбинированное изображение скопления галактик “Пуля”, полученное обсерваторией “Чандра” и оптическими телескопами. Розовым цветом показано положение горячего газа в скоплении, а синим – области сосредоточения основной массы скопления, определенные из эффектов гравитационного линзирования (X-ray: NASA/CXC/CfA/M. Markevitch et al.; optical: NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D Clowe et al.; lensing map: NASA/STScI; ESO WFI; Magellan/U Arizona/D Clowe et al.).

“Холодные фронты” помогают также определять эффективность переноса тепла в скоплениях галактик. Тепло в разреженной плазме переносится электронами и, в случае отсутствия магнитного поля, “классическая” теплопроводность зависит от температуры как  $T^{5/2}$ . Однако для скопления Абель 2142 оказалось, что скачок температуры является гораздо более резким – всего

несколько килопарсек – что требует подавления теплопроводности в 100 и более раз по сравнению с “классической” величиной. Для другого скопления – Абель 3667 (содержит около 500 галактик, находится на расстоянии 700 млн св. лет от нас,  $z = 0,055$ ) оказалось, что масштаб, на котором происходит скачок температуры, также очень мал – в несколько раз меньше длины свободного пробега элект-

ронов (эффективная длина, которую электрон пролетает, не встречая никаких препятствий). По всей видимости, это происходит из-за того, что магнитные поля на границе “холодного фронта” выстраиваются вдоль него, не позволяя переносить тепло в направлении поперек магнитного поля, тем самым эффективно подавляя теплопроводность.

Колебательные движения налетающей плаз-

мы в гравитационном потенциале основного скопления являются причиной, по которой мы можем видеть проявления “холодных фронтов” до времен порядка 100 млн лет. Энергия колебательных движений налетающей плазмы велика и может быть одним из механизмов подогрева центральных областей скоплений.

#### УДАРНЫЕ ВОЛНЫ И ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Несмотря на то, что часть резких скачков яркости относится к “холодным фронтам”, ударные волны все же образуются при быстрых сверхзвуковых столкновениях. Разные части скопления движутся в одном и том же гравитационном потенциале, определяющем температуру плазмы “основного скопления”, поэтому, как правило, оказывается, что взаимные скорости движения различных частей скопления не превышают нескольких скоростей звука. Взаимное движение частей в скоплении галактик “Пуля” (1E0657-56, находящегося в 3,4 млрд св. лет от нас) существенно превышает скорость звука (число Маха для скопления составляет  $M = 3,0 \pm \pm 0,4$ ). Измерения профилей температуры излучающей плазмы (в комбинации с информацией о скорости взаимного дви-

жения) позволяют “поставить ограничения” на время выравнивания температур в области за ударной волной. В случае скопления “Пуля” можно поставить уникальные ограничения на время выравнивания тепловых энергий протонов и электронов. С вероятностью до 95% время выравнивания тепловых энергий протонов и электронов меньше, чем кулоновское время (время, рассчитанное в предположении только Кулоновского взаимодействия частиц).

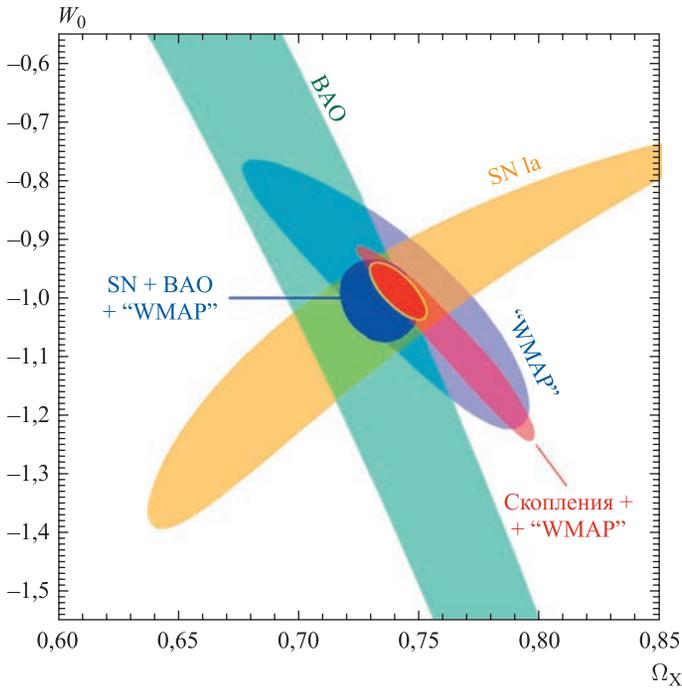
Необходимо отметить, что скопление галактик “Пуля” представляет собой практически “чистый” случай с минимальными проекционными эффектами и поэтому он может быть использован для поиска и изучения свойств темной материи. И такие исследования распределения обычной и темной материи были проведены в оптическом и рентгеновском диапазонах. В оптическом диапазоне были построены карты распределения темной материи на основе эффектов гравитационного линзирования, в рентгеновском диапазоне – карты распределения обычной, барионной материи (доля горячего газа преобладает в скоплениях галактик). Наблюдаемое различие этих карт – одно из самых убедительных доказательств

существования темной материи (Маркевич и др., 2004).

Звезды в галактиках, по сути, являются бесстолкновительными частицами, поэтому отсутствие смещения распределения звезд и распределения темной материи неудивительно. Более удивительным является тот факт, что основная масса барионов, которую мы наблюдаем по положению пика рентгеновского излучения в скоплении, смещена относительно этого положения. Сравнение наблюдаемого смещения с известными значениями скорости движения части скопления “Пуля” позволяет получить верхний предел на сечение взаимодействия темной материи на единицу массы  $\sigma/m < < 1.25 \text{ см}^2/\text{г}$ .

#### РОСТ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Наблюдения обсерватории “Чандра” продолжают играть существенную роль в определении космологических параметров Вселенной. Один из наиболее эффективных и комплексных методов их определения, использующий данные “Чандры”, состоит в том, что подсчет количества массивных скоплений галактик сравнивается с предсказаниями различных моделей. Массивные



Ограничение на величину параметра уравнения состояния темной энергии  $w$ . Значения, полученные разными методиками, обозначены разными цветами (желтым – по наблюдениям сверхновых Ia, зеленым – по измерению барионных акустических осцилляций, голубым – по данным обсерватории WMAP, оранжевым – по комбинации данных обсерватории “WMAP” и измерений скоплений галактик). Красным эллипсом в центре показано значение, полученное из комбинации всех экспериментальных данных (Вихлинин и все, 2009).

скопления, как самые большие гравитационно-связанные объекты во Вселенной, критическим образом связаны с космологическими параметрами. Пространственно-разрешенные изображения, полученные с помощью обсерватории “Чандра”, а также соответствующие спектральные данные, позволяют оценить массу скоплений.

В результате исследования функции масс скоплений галактик (в зависимости от их красного смещения), по данным наблюдений 86 таких объектов обсерваторией “Чандра”, было подтверждено существование темной энергии и получено “ограничение” на ее долю в космологическом балансе

Вселенной. В частности, удалось показать, что параметр  $w = p/\rho$ , представляющий собой отношение давления темной энергии и ее плотности, равен  $w = -0,991 \pm 0,045$  (статистика)  $\pm 0,039$  (систематика; Вихлинин и др., 2009). Важно отметить, что в этих расчетах приняты во внимание не только данные измерений скоплений галактик, но также и данные по анизотропии микроволнового фона, по барионным акустическим осцилляциям, по наблюдениям сверхновых типа Ia. Полученное значение для параметра  $w$  согласуется с величиной  $w = -1$ ; это означает, что темная энергия может быть описана космологической постоянной

в рамках общей теории относительности.

Необходимо также отметить, что данные обсерватории “Чандра” (в комбинации с данными обсерватории “WMAP”) позволяют получить самую точную оценку (лучше 2%) на линейную амплитуду возмущений на масштабе  $8h^{-1}$  Мпк на красном смещении  $z = 0$ , где  $h$  – постоянная Хаббла в единицах 100 км/с/Мпк.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешная работа обсерватории “Чандра” на орбите и проведенные с ее помощью исследования оказали огромное влияние на разные области астрономии. Помимо уникальных характеристик самой обсерватории, важную роль играет и то, что заявки на

наблюдательное время обсерватории принимаются от ученых всего мира. За 15 лет успешной работы более 3500 ученых получили наблюдательное время на обсерватории; по результатам проведенных исследований опубликовано более 6 тыс. статей в рецензируемых журналах.

Обсерватория “Чандра” с ее угловым разрешением лучше секунды дуги и непревзойденной

чувствительностью к слабым источникам уникальна не только среди всех ныне действующих рентгеновских обсерваторий, но также и в сравнении с любой планируемой для возможного запуска в течение, по крайней мере, еще десяти лет, а, вероятно, и больше.

Когда-то, когда обсерватория “Чандра” только планировалась, говорить о возможности ее работы на орбите в течение

десяти лет было слишком оптимистично. Сейчас же, принимая во внимание пятнадцатилетний срок работы, прекрасное состояние инструментов и энтузиазм от выдающихся научных результатов, уже не кажется “несбыточной мечтой” говорить о продлении работы обсерватории и после 2020 г., а, значит, нас ждет еще множество удивительных открытий.

---

## *Информация*

---

### **Рентгеновский источник в Андромеде**

Происхождение яркого источника рентгеновского излучения высокой энергии Swift J0042.6+4112 в галактике M31 Андромеда (2,5 млн св. лет от нас) для астрономов долго оставалось загадкой. Недавно на основе изображений, полученных космической обсерваторией “NuSTAR” (см. стр. 2 обложки, вверху), они смогли объяснить

причину такой яркости этой нейтронной звезды и определить ее природу. Это оказался пульсар – плотный остаток мертвой звезды, обладающей высокой намагниченностью и стремительно вращающейся вокруг своей оси; он входит в двойную систему, газ перетекает на него со звезды-компаньона, разогревается и излучает жесткое высокоэнергетическое рентгеновское излучение, теряя при этом энергию. Swift J0042.6+4112 имеет самую низкую массу из всех черных дыр Андромеды, но превосходит по яркости все другие источники, включая центральную сверхмассивную черную дыру этой галактики.

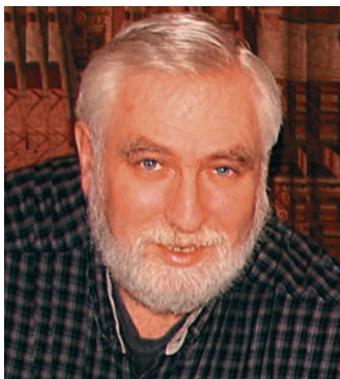
Исследование пульсара Swift J0042.6+4112 основывается на множестве других наблюдений за ним с помощью космических рентгеновских обсерваторий “Чандра” и “ХММ-Newton”. В 2013 г. космическая обсерватория “Swift” (запущена в 2004 г.) смогла отождествить его как высокоэнергетический источник. Излучение более низких энергий от пульсара было зарегистрировано еще в конце 1970-х гг. с помощью космической обсерватории “HEAO-2” им. Эйнштейна (1978–1981).

*Пресс-релиз Университета  
Джона Хопкинса,  
27 марта 2017 г.*

## Динамика ледникового покрова Антарктиды в эпоху потепления

В.М. КОТЛЯКОВ,  
академик  
А.Ф. ГЛАЗОВСКИЙ,  
кандидат географических наук  
М.Ю. МОСКАЛЕВСКИЙ,  
кандидат географических наук  
Институт географии РАН

---



В статье рассматривается современный режим Антарктического ледникового покрова и история становления взглядов на состояние баланса массы льда

в Антарктиде. Современные методы исследований подтверждают давние заключения о том, что масса льда в Восточной Антарктиде в эпоху глобального

потепления возрастает, тогда как Западно-Антарктический ледниковый покров и ледники на Антарктическом полуострове продолжают отступать.

### ОТКРЫТИЕ АНТАРКТИДЫ

В 2020 г. во всем мире, и прежде всего в России, будет отмечаться 200-летие открытия Антарктиды. Русская

кругосветная экспедиция под руководством Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева впервые увидела берег Антарктического материка

28 января 1820 г. (Земля и Вселенная, 1987, № 5). Корабли “Мирный” и “Восток” находились в море Лазарева в точке с координатами 69° 21' ю.ш.

и 2°15' в.д., когда моряки увидели большие буристые ледяные поля, отличавшиеся от всех виденных до сих пор. В дневнике морского офицера П.М. Новосильского в эти дни появилась характерная запись: "5 февраля при сильном ветре тишина моря была необыкновенная. Множество полярных птиц и снежных петрелей вьется над шлюпом. Это значит, что около нас должен быть берег или неподвижные льды... мы устремились сквозь льды к ледяному берегу".

Это важнейшее географическое событие, последовавшее спустя полвека после



Руководители русской кругосветной экспедиции 1819–1822 гг. Ф.Ф. Беллинсгаузен и М.П. Лазарев, открывшие 16 (27) января 1820 г. Антарктиду.

заявления знаменитого английского мореплавателя Джеймса Кука о том, что люди никогда не смогут пробиться

на юг дальше тех широт, которых он достиг; они не смогут увидеть неизвестный гипотетический материк, о котором



Встреча шлюпов "Восток" и "Мирный" около берегов Антарктиды. Картина художника В.В. Волкова.



*Айсберг у антарктических берегов. 2009 г. Фото В.М. Котлякова.*

Дж. Росс), 1900–1910-е гг. (О. Норденшельд, К. Ларсен, Э. фон Дригальский, Э. Шеклтон, Р. Скотт, Р. Амундсен, Н. Ширазе, В. Фильхнер, Д. Моусон) и 1930-е гг. (Д. Моусон, Р. Бёрд, Л. Элсуэрт). В 1950-е гг. начались широкие исследования в Антарктике, чему способствовал Международный геофизический год (1957–1958 гг.; Земля и Вселенная, 2007, № 4); именно в этот период к планомерным работам приступил Советский Союз.

Обширные наблюдения во время Международного геофизического года показали увеличение выпадающих осадков и рост температуры на субантарктических островах, а на станции Литл-Америка среднегодовая температура с 1911 г. по 1957 г. возросла на 3 °С (с –27,2 °С до –24,2 °С). Как известно, рост температуры воздуха приводит к усилению циркуляции атмосферы, росту содержания водяных паров и соответственно к возрастанию выпадающих осадков. Усиливается меридиональный обмен воздушных масс, и на Антарктический материк поступает более теплый и влажный воздух. Повышение температуры

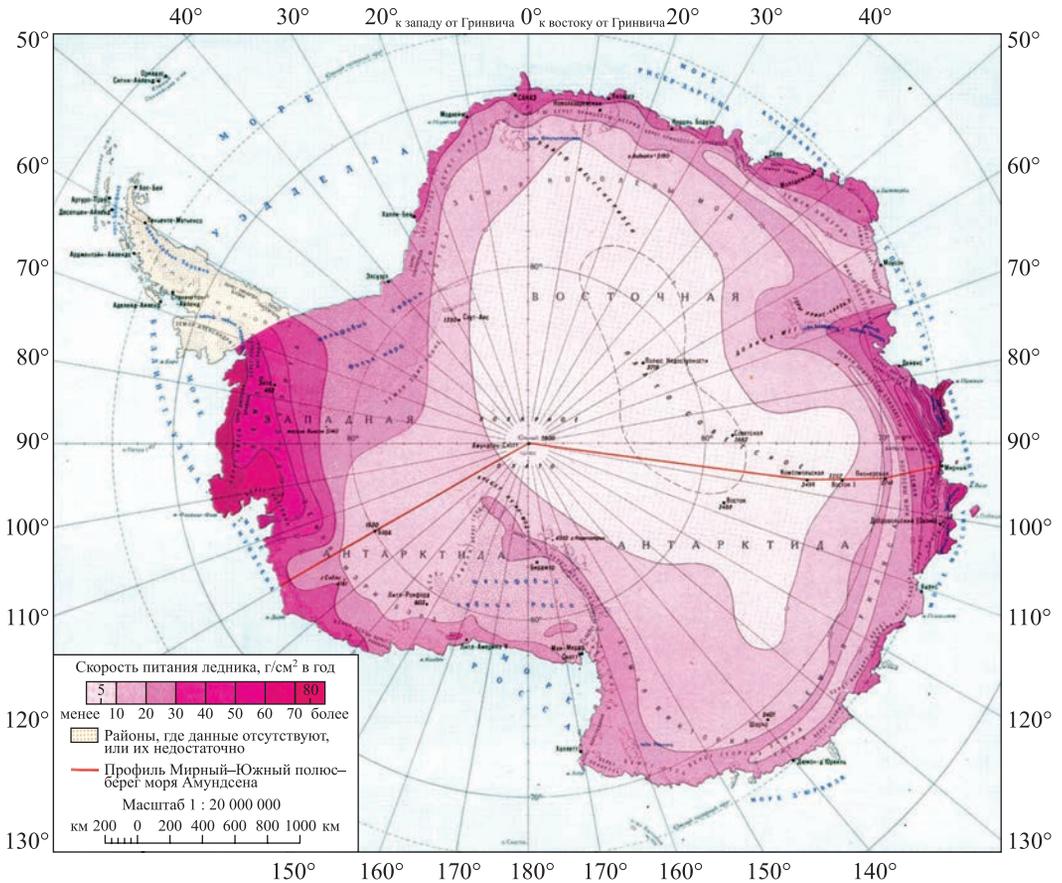
говорили уже в XVII и XVIII вв. В 1960–1970-х гг. в популярной географической литературе неоднократно упоминалась карта Пири Рейса, составленная в начале XVII в. На ней можно увидеть “кусочек” южного материка. Подобные контуры тогда рисовали, исходя из ложного предположения о необходимости “уравновешивания” планеты равномерным распределением суши: на севере планеты лежат в основном материки, а на юге находится только океан.

Экспедиция Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева прошла южнее полярного круга и дала первые сведения о льдах Антарктики. На основании изучения свойств и строения

неподвижных и плавающих льдов Ф.Ф. Беллинсгаузен составил первое описание и выполнил классификацию антарктических льдов. Так началось изучение новых земель в южно-полярной области Земли, продолженное в последующие 130 лет усилиями многих исследователей из ряда стран.

#### РОСТ МАССЫ ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА

Если внимательно посмотреть на годы активной антарктической деятельности, то можно отметить несколько периодов географических открытий в этой части земного шара: 1830–1940-е гг. (Ж. Дюмон-д'Юрвиль, Ч. Уилкс,



Карта Антарктического материка со средними годовыми температурами, измеренными на глубине 10–15 м в толще ледникового покрова. Карта из Атласа Антарктики (М.: 1966, Т. 1) составлена В.М. Котляковым.

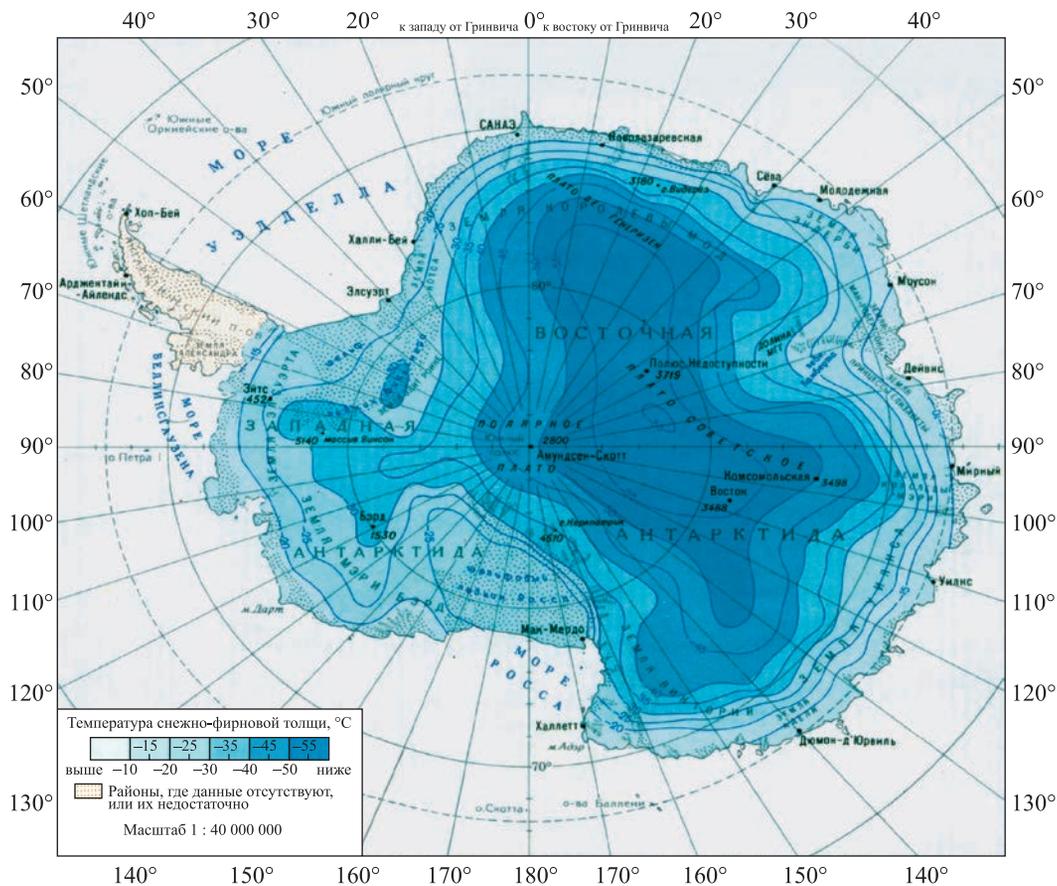
даже на несколько градусов не вызывает таяния снега внутри материка, так как морозы здесь господствуют и летом, а вот увеличение влаги приводит к более обильным снегопадам. Глобальное потепление усиливает атмосферную циркуляцию в Антарктике и ведет к росту ледникового покрова.

Уже в конце 1950-х гг., несмотря на отрывочные сведения об аккумуля-

ции снега на поверхности ледникового покрова и убывании льда в результате откола айсбергов от его краевой части, стало складываться мнение о превышении аккумуляции снега на Антарктическом ледниковом щите над его расходом. В 1960-х гг. один из авторов этой статьи (В.М. Котляков) составил первые карты температурного режима и аккумуляции снега

на всей площади Антарктического ледника, они опубликованы в первом Атласе Антарктики, изданном в 1966 г.

Можно предположить, что с ростом глобальной температуры и увеличением аккумуляции снега на поверхности ледникового покрова растёт и скорость движения льда в сторону моря. Однако это происходит со значительным запаздыванием; в итоге можно



Карта с указанием годового снегонакопления (в миллиметрах водного эквивалента) на Антарктическом материке. Карта из Атласа Антарктики (М.: 1966. Т. 1) составлена В.М. Котляковым.

предположить, что на протяжении XX в. масса льда в Антарктиде растёт. Это имеет серьёзные глобальные последствия, поэтому требует более убедительных подтверждений.

#### БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

В недавней статье австралийских, британских

и российских ученых<sup>1</sup> подробно исследуются походы санно-тракторных поездов и работа советской станции в районе Полюса относительной недоступности, показывающая крайне малую скорость аккумуляции снега (около 22 мм водного эквивалента в год). Толщина снега с учетом низкой его

плотности в этом районе составляет примерно 5–6 см в год. Эта величина подтверждается двумя фотографиями бюста В.И. Ленина, установленного в первое посещение станции в 1965 г. и повторно сфотографированного в 2008 г. На второй фотографии мы видим постамент бюста, засыпанный за 43 года

<sup>1</sup> Gan I, Drewry D., Allison I., Kotlyakov V.M. Science and exploration in the high interior of East Antarctica in the twentieth century // Advances in Polar Science. June 2016. V. 27. № 2. P. 1–13.

трехметровой толщей снега, накопившейся за это время.

В прошлом для подсчета поверхностного баланса массы ледникового покрова Антарктиды использовали все имевшиеся результаты измерений количества отложенного снега в разных областях ледникового покрова. Но уже в 1980-х гг. на Антарктическом материке были выделены границы ледосборных бассейнов, и это дало возможность сравнить количество отлагающегося на поверхности снега с расходом льда в каждом бассейне через береговую линию.

В Восточной Антарктиде тогда насчитывали

13 крупных бассейнов, а в Западной Антарктиде – 4. Не для всех есть исчерпывающие данные об аккумуляции и стоке материкового льда. Мы обследовали бассейны лишь с надежной информацией о приходе и расходе в них льда. Такие территории занимают площадь 7435,7 тыс. км<sup>2</sup> из общей площади наземного оледенения Антарктиды (13 924 тыс. км<sup>2</sup>). Для оценки стока материкового льда мы использовали космические снимки, на которых видно положение линии налегания, то есть того замыкающего створа, через который массы льда поступают из ледосборных бассейнов

в океан по основным каналам стока – выводным ледникам и ледниковым потокам.

С помощью аэрофотозондирования, применяемого в Антарктиде с конца прошлого века, мы получили сведения о толщине льда в районе линии налегания для каналов стока отдельных бассейнов (Земля и Вселенная, 2010, № 5). На основе данных спутниковой геодезии и обработки амплитудных и интерферометрических составляющих спутниковых радарных изображений вычислена скорость течения льда в выводных ледниках в районе линии налегания. В результате удалось определить



*Бюст В.И. Ленина на вышке башни над домиком советской станции. Полюс относительно недоступности: слева – в 1965 г., справа – в 2008 г.*

Аккумуляция и сток материкового льда (км<sup>3</sup>/год) в отдельных районах Антарктиды\*

Ледосборные бассейны и их номера	Аккумуляция льда		Сток материкового льда	
	1960–1970 гг.	1990 гг.	1957–1970 гг.	1990–1997 гг.
Восточная Антарктида				
Восточная часть бассейна Уэдделла (15)	166,5	97,0	53,9	79,1
Станкомб-Уилс (16)	18,6	17,1	19,3	16,6
Ютулстраумен (17)	17,5	16,7	12,5	13,4
Ширазе (1)	18,6	28,2	12,5	15,1
Райнера (2)	15,9	24,1	10,2	14,9
Ламберта (3)	41,1	62,8	39,5	57,5
Денмена и Скотта (4)	36,5	45,8	30,6	44,0
Тотгена (5)	83,1	114,9	52,1	66,5
Пауэра и Фроста (6)	54,0	74,6	33,8	38,3
Мерца и Нинниса (7)	35,0	48,7	35,2	41,7
Земля Виктории (8)	19,6	25,8	9,9	17,5
Маллока (9)	8,5	8,2	5,6	6,8
Бёрда (10)	59,9	60,3	18,0	23,6
Всего в Восточной Антарктиде	491,7	623,6	333,1	435,0
Западная Антарктида				
Пайн-Айленда (13)	64,1	74,2	79,1	82,6
Туэйтса (12)	65,1	61,3	16,6	80,1
Бассейн Росса (11)	92,9	111,0	13,4	78,1
Западная часть бассейна Уэдделла (14)	109,5	127,0	15,1	128,0
Всего в Западной Антарктиде	331,6	373,5	14,9	368,8
Антарктида в целом	823,3	997,1	57,5	803,8

\* Номера ледосборных бассейнов см. на рисунке на стр. 31.

сток материкового льда Антарктиды во второй половине XX в. Оказалось, что во всех обследованных районах сток льда в 1990-х гг. возрос на 15–30%, по сравнению с 1960–1970 гг.

Что происходило в это время с аккумуляцией снега на поверхности ледникового покрова? К концу XX в. обобщены данные прямых и косвенных (дистанционных) измерений

снегонакопления в избранных бассейнах за последние десятилетия, использовались также модельные расчеты. В таблице приведены сведения о накоплении снега для тех же периодов, что и оценки стока материкового льда: 1960–1970-х гг. – на основе обобщения данных, полученных в период проведения Международного геофизического года; 1980–1990-х гг. –

с использованием расчетов и моделирования. Мы видим явный рост аккумуляции снега в Антарктиде за прошедшую четверть века.

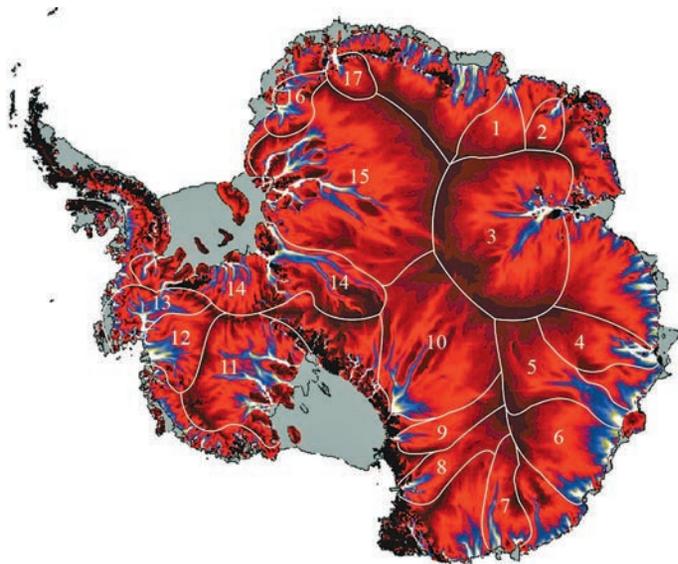
Сравним приход и расход массы льда в изученных бассейнах Антарктиды за прошедшие почти полвека. Суммарная годовая аккумуляция в них за это время выросла на 173,8 км<sup>3</sup>/год, еще больше вырос среднегодовой сток льда – на

Карта Антарктиды с указанием цифрами ледосборных бассейнов. 1980–1990 гг.

232,3 км<sup>3</sup>/год. Это значит, что за прошедшие 25–30 лет в Антарктиде заметно возросла интенсивность процессов аккумуляции – абляции.

В основных районах Восточной Антарктиды баланс массы остается положительным и даже возрастает к концу столетия. Иная картина в Западной Антарктиде. Похоже, что в 1960-х гг. баланс массы был, скорее всего, положительным и приблизился к нулевому в конце столетия, а в горных районах Пайн-Айленда и Туэйтса за прошедшие 25–30 лет он сменился с положительного (+54,2 км<sup>3</sup>/год) на отрицательный (–27 км<sup>3</sup>/год).

Итак, ледниковый режим Восточной и Западной Антарктиды далеко не одинаков. В условиях современного глобального потепления ледники Западной Антарктиды (подобно оледенению в других районах земного шара) сокращаются, тогда как масса льда в Восточной Антарктиде продолжает расти. Это представляет собой большое благо, так как замедляет рост уровня Мирового океана, обусловленного глобальным потеплением.



#### НОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА

На рубеже веков в исследованиях Антарктического ледникового покрова стали активно использоваться дистанционные методы измерений ряда геофизических параметров – со специализированных научных спутников. В обиход вошли три подхода к определению состояния и изменений баланса массы ледникового покрова. Конечно, это лишь начальный этап использования таких методов, поэтому, несмотря на ряд достоинств, в них сохраняются и некоторые ограничения.

Первый подход опирается на данные спутниковой радарной и лазерной альтиметрии, на их основе определяется масса ледникового покрова, в зависимости

от скорости изменения его толщины. Но для такого расчета необходимо знать среднюю плотность поверхностной толщи льда. Ее рассчитывают, исходя из численных моделей или предположений о природных процессах, вызывающих изменения толщины, и корректируют с учетом изменений в скорости уплотнения фирна (плотный зернистый и частично перекристаллизованный многолетний снег), для чего используют модели такого уплотнения.

Второй подход представляет собой оценку баланса массы в отдельных ледосборных бассейнах, для которых вычисляют разницу в приходе и расходе вещества. Накопление льда, определяемое поверхностным балансом массы в бассейне, оценивают



*Край Антарктического ледникового покрова в районе станции Новолазаревская (Россия). 2009 г. Фото В.М. Котлякова.*

на основе региональной климатической модели, а расход вещества вычисляют по потоку льда на линии налегания на основе наблюдений за скоростью движения льда и измерений его толщины у этой линии.

Третий подход состоит в определении изменений массы ледникового покрова с использованием данных спутниковой гравиметрии. Изменения массы, связанные с гляциоизостатическими движениями (вертикальными движениями земной коры под воздействием ледниковой нагрузки – главным гравиметрическим сигналом в Антарктиде), вычитают

из регистрируемых гравитационных аномалий и получают оценку баланса массы льда.

У всех этих методов, конечно, есть свои ограничения. Альтиметрию трудно использовать в районе Южного полюса и Антарктического полуострова. Методом баланса массы нельзя оценить отток льда на тех участках линии налегания, где толщина льда не известна. Оценки на основе спутниковой гравиметрии имеют эффективное разрешение около 300 км. Кроме того, применение всех этих методов осложняется неопределенностью моделей, необходимых для

оценки поверхностного баланса массы, уплотнения фирна и гляциоизостатических движений. Все три метода содержат систематические ошибки, которые остаются незамеченными в любом из этих подходов.

Рассматриваемые подходы опираются на результаты наблюдений, приспособленных именно для данного метода, поэтому каждый из них по-своему “чувствителен” к ошибкам и отклонениям в используемых данных. Так, при оценке баланса массы в отдельных ледосборных бассейнах используют модели снегонакопления на основе атмосферного

*Немецкие научные спутники "GRACE-1 и -2" на орбите. Рисунок DLR.*

реанализа для расчета поступления вещества на поверхность того или иного бассейна. В методах радиолокационной и лазерной альтиметрии используются те же самые поля для оценки эффективной плотности при измерениях колебаний объема толщи льда.

Гравиметрические оценки, выполненные в 2002–2009 гг. с помощью немецких научных спутников "GRACE-1 и -2" (Земля и Вселенная, 2003, № 1, с. 76; 2010, № 5), как и радарные и лазерные альтиметрические оценки, требуют учета гляциоизостатических движений, связанных с вертикальными перемещениями коренных пород. Они могут быть неверно интерпретированы – как изменения массы льда – по измерениям со спутников "GRACE", или толщины льда по измерениям радиолокационных и лазерных высотомеров. Поэтому во всех случаях применяется коррекция, которая может быть того же порядка, что и сам сигнал, вызванный современными изменениями массы льда. В результате неопределенности, связанные с коррекцией гляциоизостатических движений, – это главные гравиметрические,



ошибки, возникающие при исследованиях в Антарктиде. Небольшие различия в моделях процессов гляциоизостазии могут даже "исказить знак" изменений баланса массы льда, вычисленного на основе измерений со спутников "GRACE" для отдельных ледосборных бассейнов.

В последние годы неоднократно предпринимались попытки рассмотреть совместно результаты оценок баланса массы ледникового покрова Антарктиды, полученные разными методами. Простые арифметические средние цифры комбинированного анализа "маскируют" значительные различия между отдельными оценками и не учитывают общих источников ошибок. Объединить такие оценки статистически непросто, так как спутниковая гравиметрия, альтиметрия и балансовый метод

имеют разные пространственные и временные разрешения (а также соотношение ошибок).

В связи с этим недавно был предложен совершенно новый подход, учитывающий неодинаковые пространственно-временные свойства наборов данных и физические процессы. Этот вид моделирования позволяет не только интегрировать разные источники, но и анализировать скрытые физические процессы, такие как:

- тренды колебаний массы, связанные с изменениями динамики льда;
- аномальные отклонения поверхностного баланса массы;
- уплотнение фирна и вязкоупругое вздымание твердой Земли;
- длинноволновую реакцию гляциоизостатических движений;
- мгновенную упругую реакцию рассматриваемых масс.

**НОВЫЕ МЕТОДЫ  
ПОДТВЕРЖДАЮТ РОСТ ЛЬДА  
В ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЕ**

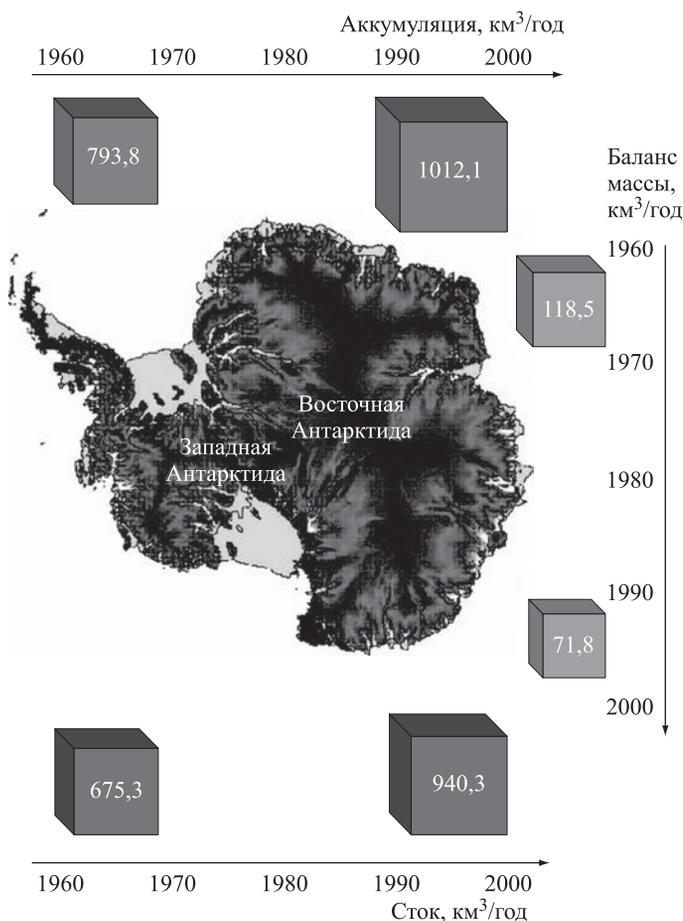
В 2015 г. опубликованы результаты работы группы американских гляциологов под руководством Дж. Звалли, где на основании использования новых методов сделан вывод о том, что масса Антарктического ледникового покрова увеличивается. Это утверждение вызвало волну критики, поскольку противоречит большинству исследований последнего времени.

Американские гляциологи на основе данных

научных спутников для исследований в области гляциологии "ICESat-1 и -2" за 2003–2008 гг. показали, что Антарктический ледниковый покров в целом прирастает на  $82 \pm 25 \times 10^9$  т/год. Однако это противоречит данным большинства других исследователей, обнаруженным после 2012 г., где утверждается, что среднее значение баланса массы ледникового покрова за тот же период составляет примерно  $-80$  (от  $+60$  до  $-100$ )  $\times 10^9$  т/год. Американские ученые утверждают, что

толщина льда Восточной Антарктиды (по спутниковым данным) растет со средней скоростью  $+1,3$  см в год. Повышение поверхности Восточной Антарктиды, занимающей площадь около 10 млн км<sup>2</sup>, на 1 см соответствует увеличению массы льда с  $35 \times 10^9$  т до  $92 \times 10^9$  т, то есть на  $57 \times 10^9$  т. Значение прироста массы ледяного покрова в этом промежутке зависит от расчета массы снега разной плотности (или льда).

Увы, в наших руках нет прямых доказательств роста снегонакопления в Центральной Антарктиде. Однако последние исследования нескольких глубоких шурфов в районе озера Восток, выполненные российскими гляциологами (Земля и Вселенная, 2017, № 2), и наблюдения за ходом увеличения объема льда в центре материка позволяют сделать следующие выводы: для этого региона существует связь между температурой воздуха и скоростью снегонакопления. Период 1985–2015 гг. был самым теплым в Центральной Антарктиде за последние 250 лет

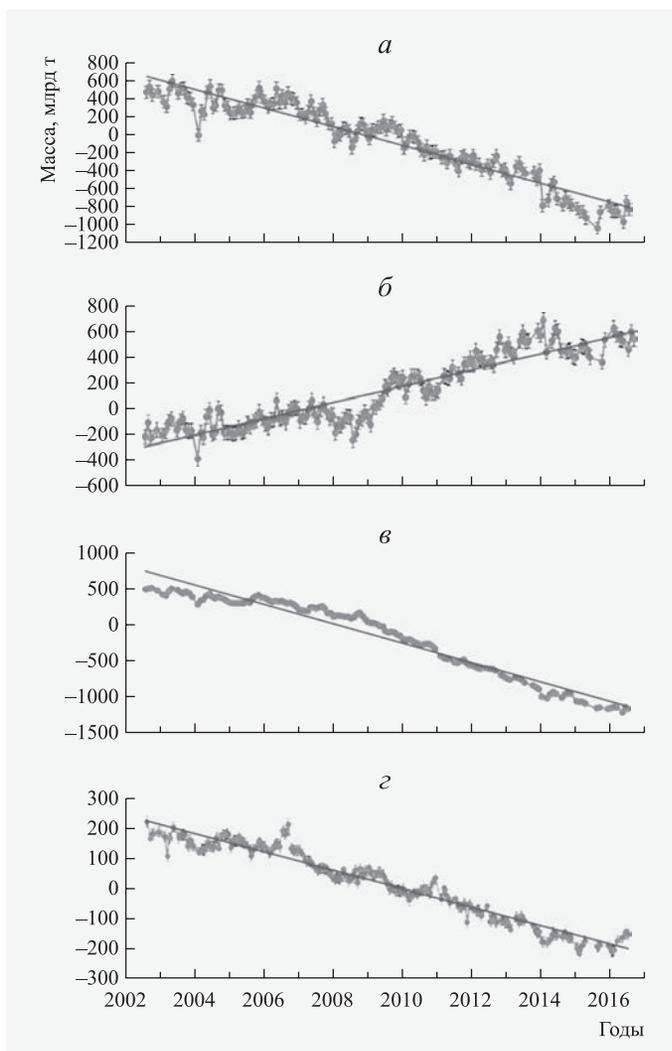


Карта Антарктического ледникового покрова с указанием прихода (верхние кубики), расхода (нижние кубики) и баланса массы (кубики справа) в 1960-х и в 1990-х гг.

Графики хода изменений массы льда в Антарктиде с августа 2002 г. по июль 2016 г.: а – весь Антарктический ледниковый покров; б – Восточно-антарктический; в – Западно-антарктический ледниковый покров; г – Антарктический полуостров. По данным А. Гро и М. Хорвата (*“Geophysical Research Abstracts”, 2016, Т. 18*).

и, следовательно, в это время здесь отлагалось снега больше, чем в прошлом. Температура воздуха за последние 100 лет в районе станции “Восток” возросла примерно на 1 °С; это соответствует общему потеплению, которое, согласно палеогеографическим данным, составило порядка 1 °С.

На станции “Восток” измерения объема льда на специальном полигоне ведутся, начиная с 1970 г. Реконструированный ряд измерений включает данные трех глубоких шурфов за 1774–1999 гг., а инструментальный ряд – данные восьми неглубоких шурфов за 1944–1998 гг. Полученные материалы свидетельствуют о том, что скорость снегонакопления здесь составляет 21,8–22,5 мм водного эквивалента/год (по реконструированным рядам) и 22,6 мм в.э./год (по инструментальному ряду). Сводный ряд данных по всей Антарктиде говорит



об общем росте массы ее ледникового покрова на протяжении последних двух веков. Добавим к этому, что сглаженные кривые реконструированных значений температуры и скорости снегонакопления подобны на протяжении как минимум последних 150 лет: с повышением температуры увеличивается скорость аккумуляции льда. Особенно четко

эта зависимость выражена после 1950 г.: похолодания начала 1950-х гг. и начала 1990-х гг. соответствует снижению скорости роста массы льда, а потеплениям 1970-х и 2000-х гг. – напротив, увеличение снегонакопления.

Американские специалисты предположили, что небольшое повышение поверхности ледяного поля во внутренних

частях Восточной Антарктиды – это следствие роста аккумуляции, которое началось в конце последнего ледникового периода (около 14 тыс. лет назад) и еще “не уравнилось” оттоком льда. Такой несбалансированный рост аккумуляции (около 1 см льда в год) составляет примерно 50% от современной во внутренних частях Восточной Антарктиды. Значит, скорость стока льда здесь в современную эпоху составляет лишь около половины того, что можно было бы ожидать в сбалансированной системе.

Рассматриваемые результаты американских специалистов подверглись серьезной критике. По мнению некоторых ученых (если принять эти результаты), придется согласиться со следующим:

- исследования изменения высоты Восточной Антарктиды, по данным научного спутника “CryoSat-2” (ESA, 2010–2013 гг. Земля и Вселенная, 2010, № 5, с. 104), содержат ошибки, от трех до десяти раз превышающие погрешности;

- все другие недавние исследования баланса массы Антарктиды ошибочны;

- скорости движения льда Восточной Антарктиды, основанные на моделях аккумуляции (которые в настоящее время довольно близки

к наблюдаемым скоростям), содержат какую-то ошибку;

- полевые исследования изменений высоты поверхности льда над подледниковым озером Восток не обнаружили ее роста примерно на 20 см или больше в период между 2001 и 2013 гг.;

- озеро Восток не находится в гидростатическом равновесии;

- все другие работы по коррекции данных спутника “ICESat” существенно не верны.

Но если поправки, используемые американскими гляциологами, заменить другими вариантами коррекции, то окажется, что: во-первых, тренд изменений высоты поверхности Центральной Антарктиды будет близок к нулю; во-вторых, рост массы Антарктического ледникового покрова не превысит ее потерь; в-третьих, полевые исследования в районе подледникового озера Восток окажутся вполне точными; в-четвертых, результаты исследований, по данным ИСЗ “CryoSat-2” и другим недавним исследованиям, баланса массы Антарктического ледникового покрова, соответствуют друг другу.

Так рассуждают противники полученных выводов о возможном росте массы Антарктического ледникового покрова в наше время.

Правы ли они – покажет время. Но уже сейчас можно сделать главный вывод о том, что ледниковая поверхность над озером Восток представляет собой лучшую “опорную базу” для измерений высоты ледникового покрова (по сравнению с другими участками Центральной Антарктиды) – это важное заключение в отношении будущих наблюдений Южного полушария Земли со спутников.

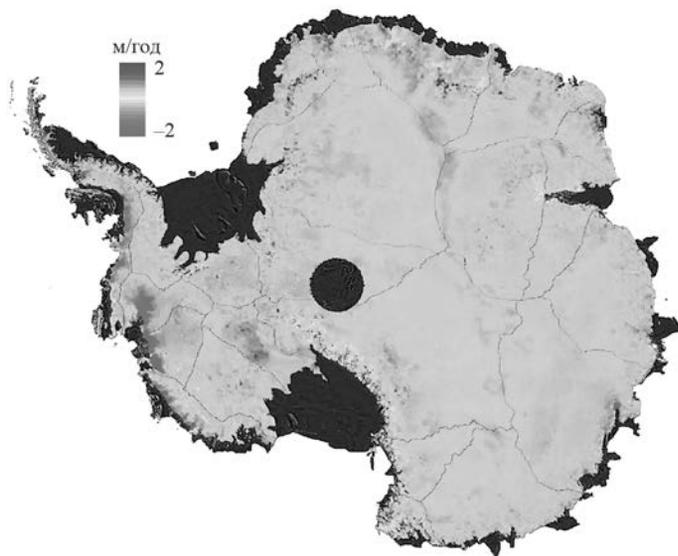
#### ДРУГИЕ ОЦЕНКИ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА

*Метод спутниковой гравиметрии.* Свои оценки баланса массы всего Антарктического ледникового покрова в 2002–2016 гг. приводит NASA, по данным гравиметрии со спутника “GRACE”. Согласно им, линейный тренд баланса массы всего покрова за указанный период составляет  $-121,9 \pm 79 \times 10^9$  т/год.

Аналогичные результаты с августа 2002 по июль 2016 гг. получили сотрудники Дрезденского технического университета. Для основных частей Антарктического материка они опубликовали следующие линейные тренды баланса массы льда:

- Восточно-антарктический ледниковый покров составляет  $+63,3 \times 10^9$  т/год;

Карта Антарктического ледникового покрова с указанием скорости изменения высоты поверхности ледника (м/год) с 2010 г. по 2013 г. (по результатам альтиметрии, выполненной ИСЗ "CryoSat-2"). По данным М. Макмиллана и др. ("Geophysical Research Letters", 2015. Т. 41. С. 3899).



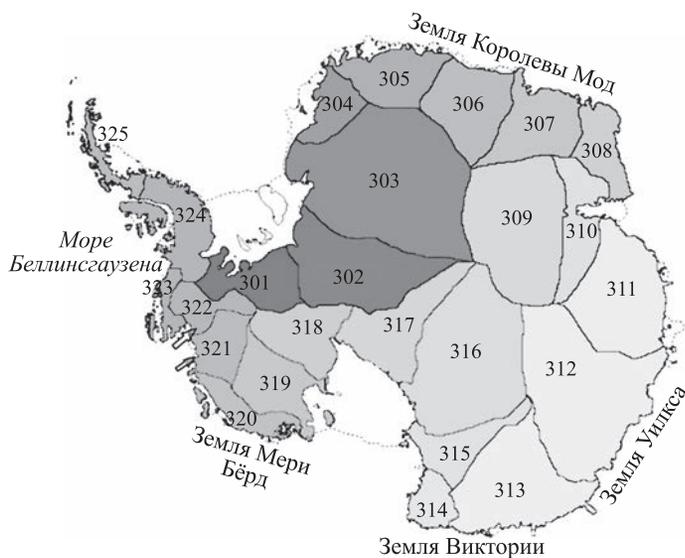
- Западно-антарктический ледниковый покров  $-135,7 \times 10^9$  т/год;
- Антарктический полуостров  $-30,7 \times 10^9$  т/год;
- весь Антарктический ледниковый покров  $-103,12 \times 10^9$  т/год.

Метод радарной альтиметрии. На основе анализа данных, полученных приборами на спутнике "CryoSat-2", установлены изменения массы в пределах всего ледникового покрова, в отдельных его ледосборах, а также в районах с динамическим дисбалансом в 2010–2013 гг. Этот новый набор данных охватывает почти весь континент. Согласно им, масса льда в Западной Антарктиде, Восточной Антарктиде и на Антарктическом полу-

острове изменялась соответственно со скоростью  $134 \pm 27$ ,  $-3 \pm 36$  и  $23 \pm 18 \times 10^9$  т/год. Средняя скорость убывания льда в Западной Антарктиде продолжает расти, и в рассматриваемый период была на 31% больше, чем в период с 2005 по 2010 гг.

Комбинированный метод оценки баланса массы льда. По данным спутниковой альтиметрии, гравиметрии и данных наземных навигационных станций системы GPS в 2003–2013 гг. с использованием специально-го моделирования получены результаты оценки

Карта Антарктиды с границами ледосборных бассейнов (обозначены цифрами). В соответствии с ними подсчитан баланс массы разных частей Антарктиды за 2003–2023 гг. По данным И. Сазгена и др. ("The Cryosphere", 2013. Т. 7. С. 1499).



Изменения массы Антарктического ледникового покрова ( $10^9$  т/год) в 2003–2013 гг.\*

Бассейны	Средние величины за отдельные периоды			
	2003–2006 гг.	2007–2009 гг.	2010–2013 гг.	2003–2013 гг.
Восточная Антарктида	41,2/18,1	46,6/17,1	78,5/18,7	56,3/18,1
Западная Антарктида	-40,6/10,5	-119,7/9,2	-175,3/9,9	-111,9/10,1
Антарктический полуостров	8,3/7,2	-30,7/6,8	-62,2/7,4	-28/7,2
Вся Антарктида	8,9/22,1	-103,8/20,6	-159,2/22,4	-83,6/21,9

\* В знаменателе – стандартное отклонение  $\sigma$  от основной величины.

баланса массы Антарктического ледникового покрова и его ледосборных бассейнов.

Мы видим, что в 2003–2013 гг. скорости снижения массы льда в Антарктиде заметно возросли, но эти потери происходили лишь в Западной Антарктиде и на Антарктическом полуострове, тогда как в Восточной Антарктиде она возрастала по  $56 \pm 18 \times 10^9$  т/год. Таким образом, основной массив приполярной суши Восточной

Антарктиды сохраняет устойчивую положительную тенденцию, то есть масса льда здесь по-прежнему растет.

#### РОСТ МАССЫ ЛЬДА В ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЕ

Современная эпоха глобального потепления на земном шаре не могла не отразиться на общем состоянии Антарктического ледникового покрова и его балансе массы. Потепление ведет к увеличению

содержания водяного пара в атмосфере, вызывая ее интенсивную циркуляцию и рост ледникового щита. Но вместе с тем потепление океанических вод и некоторый рост температуры льда приводят к увеличению скоростей его течения и большему расходу на береговой линии материка. Изучение и расчеты этих процессов и их соотношения очень непросты и до сих пор не получили своего решения.

Обширные исследования в южно-полярной области Земли в период Международного геофизического года привели к заключению о

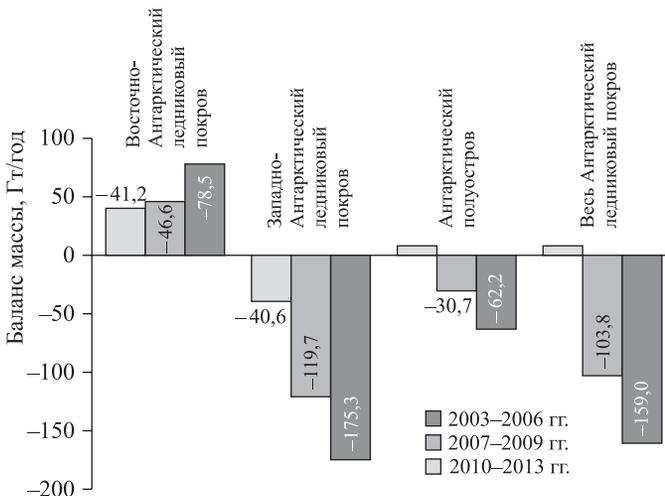


График трендов баланса массы (гигатонны в год) Антарктического ледникового покрова и его частей в 2003–2006 гг., 2007–2009 гг. и в 2010–2013 гг. По данным А. Мартин-Эспаньола и др. (*Journal of Geophysical Research. Earth Surface*, 2016. Т. 121. С. 182).

современном росте массы льда Восточной Антарктиды. Однако на рубеже веков в изучении глобальных процессов на Земле начали использовать спутниковую радарную и лазерную альтиметрию, а также спутниковую гравиметрию, позволяющую определить изменения массы льда на основе вызываемых ими гляциоизостатических движений. По мере совершенствования дистанционных исследований Земли

массовое применение таких данных породило развитие методов их использования для подсчета баланса материкового льда.

Анализ обширных материалов спутниковых исследований последних лет в целом подтверждает наши ранние заключения о продолжающемся росте массы льда в Восточной Антарктиде. Однако в Западной Антарктиде и на Антарктическом полуострове в настоящее время – наоборот –

происходит усиленное таяние льда, нивелирующее повышенный приход его массы в Центральной Антарктиде. Так что в целом в современную эпоху глобального потепления масса льда в Антарктиде, возможно, и убывает, несмотря на некоторый рост Восточно-антарктического ледникового покрова.

Настоящее исследование поддержано грантом Русского географического общества (проект № 06/2016-И).

---

## *Информация*

---

### **Полет к астероиду**

NASA и компания-производитель спутников связи “Space Systems Loral” (штат Калифорния, США) объединяют усилия для подготовки полета к одному из астероидов. Исследования астероидов стали одной из главных целей NASA. Фирма “Space Systems Loral” будет играть ключевую роль в подготовке предстоящей миссии,

которая позволит ученым доставить к астероиду научное оборудование для анализа его состава. Это – первый проект компании в области исследований глубокого космоса в рамках программы “Открытие” (“Discovery”), ставящей основной целью исследования Солнечной системы. По результатам конкурса, выбраны две новые программы по изучению астероидов, каждая – с бюджетом порядка 450 млн долларов.

Одна из программ включает отправку АМС в 2023 г. к металлическому астероиду (16) Психея (145 × 185 × 240 км) с высоким содержанием железа

и никеля; он находится на гелиоцентрической орбите, составляющей в перигелии 377,4 млн км, в афелии – 497 млн км и периодом обращения 4,99 года в Главном поясе астероидов. Станция должна достигнуть астероида через 5–7 лет. Выйдя на орбиту астероида, Психея будет производить сбор научных данных в течение одного года. Металлические астероиды – единственный класс объектов Солнечной системы, которые никогда прежде не наблюдали с близкого расстояния.

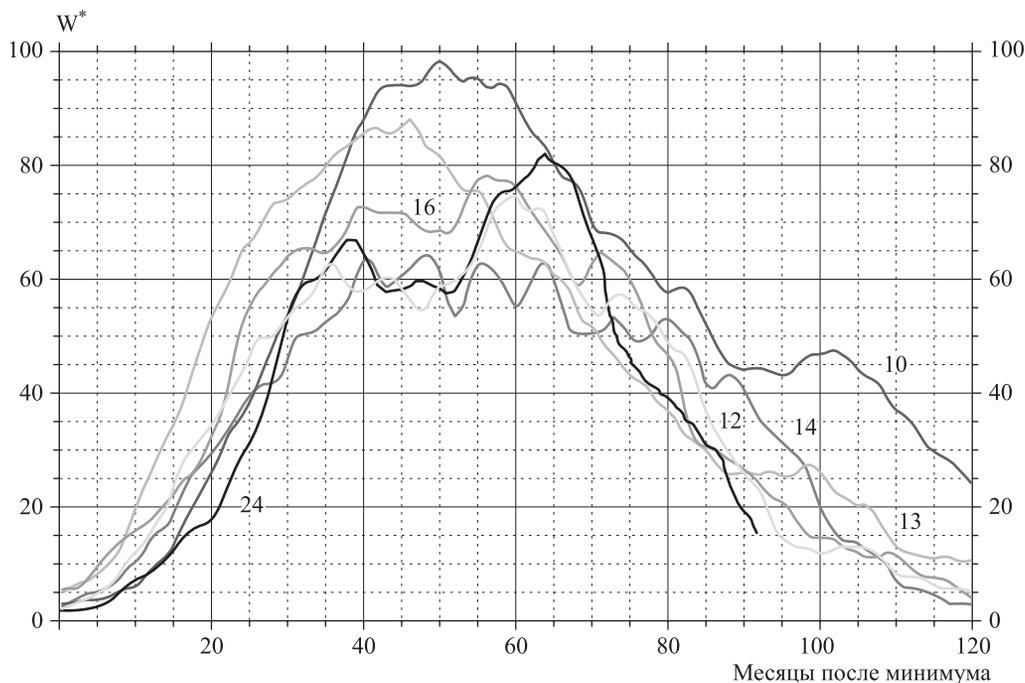
*Пресс-релиз NASA,  
3 марта 2017 г.*

## Солнце в феврале–марте 2017 г.

Солнечная пятнообразовательная активность в декабре – январе менялась от среднего до очень низкого уровней, прибавив 19 беспятенных дней в копилку текущего 2017 г. Число групп пятен на видимом диске Солнца в эти месяцы менялось от 0 до 4. Все группы пятен были не-

большими и спокойными. Из 16 групп солнечных пятен 13 появились в Северном полушарии. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен продолжает уверенно идти на спад, но находится в пределах изменений 12-го и 16-го циклов. Текущие среднемесячные

значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – [www.swpc.noaa.gov](http://www.swpc.noaa.gov) – будем придерживаться старой, классической системы)  $W_{\text{фев}} = 15,7$  и  $W_{\text{март}} = 10,6$ . Сглаженное значение этих индексов в августе и сентябре 2016 г.

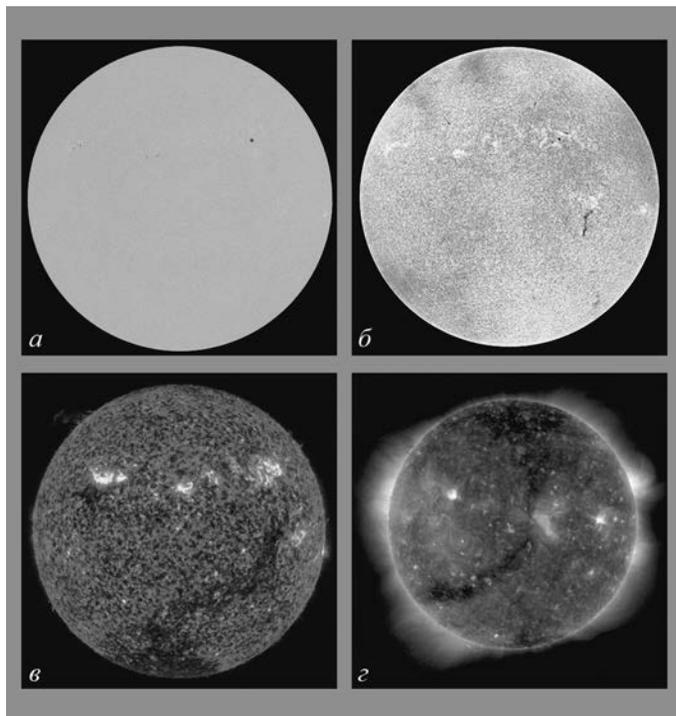


Ход развития (92 месяца) текущего, 24-го цикла солнечной активности, среди всех достоверных, начиная с 1849 г.  $W^*$  – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен, представленные в старой, классической системе.

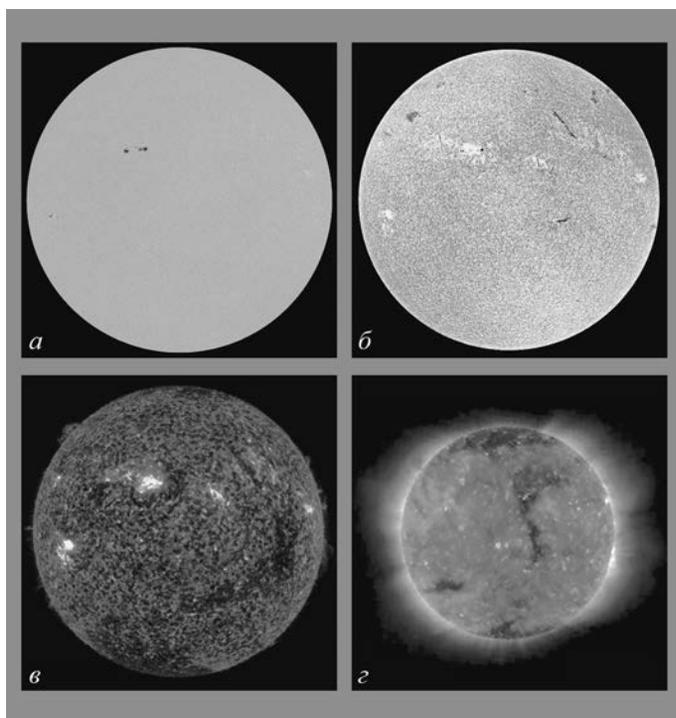
Солнце 28 февраля 2017 г.:  
 а – фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4500 \text{ \AA}$ );  
 б – в самой сильной линии водорода  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ );  
 в – в линии крайнего ультрафиолета He II ( $\lambda = 304 \text{ \AA}$ );  
 г – в линии крайнего ультрафиолета He II ( $\lambda = 304 \text{ \AA}$ ), обратная сторона Солнца. Космические солнечные обсерватории “SDO” и “STEREO-A” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

составило  $W^* = 21,6$  и  $W^* = 19,9$  соответственно.

В **феврале** (2–3 и 26–28) пятнообразовательная активность оставалась на среднем уровне, в остальные дни – на низком и очень низком. Минимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено 8 февраля ( $W = 11$ ), а максимальное – **28 февраля** ( $W = 59$ ). Низкий уровень вспышечной активности (вспышки рентгеновского балла C) наблюдался 9 и 22–25 февраля, в остальные дни – на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (14 событий) произошли 4, 5, 15, 17 (2), 18, 19 (2), 20, 22, 23, 24, 25 и 27 февраля. Коронаграфы



Солнце 21 марта 2017 г.:  
 а – фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4500 \text{ \AA}$ );  
 б – в самой сильной линии водорода  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ );  
 в – в линии крайнего ультрафиолета Fe IX ( $\lambda = 171 \text{ \AA}$ );  
 г – в линии крайнего ультрафиолета Fe IX ( $\lambda = 171 \text{ \AA}$ ), обратная сторона Солнца. Космические солнечные обсерватории “SDO” и “STEREO-A” (<http://spaceweather.com>).



космической обсерватории "SOHO" зарегистрировали более 32 корональных выбросов вещества разной интенсивности. По видимому диску Солнца прошли 4 рекуррентные низкоширотные корональные дыры (две из них успели появиться на видимом диске 2 раза), высокоскоростные потоки от них стали источниками геомагнитных возмущений. На средних широтах Земли отмечены две малые магнитные бури: 3 и 23–24 февраля. Всего же в геомагнитном поле зарегистрировано 4 возмущенных дня. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов ( $> 10^7$  частиц/м<sup>2</sup>) с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 1–16, 20–21 и 24–25 февраля.

В первые трое суток **марта** (и с 27 марта) уровень пятнообразовательной активности Солнца был на среднем уровне,

с 4 по 25 марта находился на очень низком уровне, причем 16 сут на видимом диске пятен не было. На видимом диске Солнца наблюдались от 4 до 0 небольших групп солнечных пятен, все локализовалась в Северном полушарии. Минимальное наблюдаемое число солнечных пятен отмечено 4 и 6–20 марта ( $W = 0$ ), максимальное – **31 марта ( $W = 66$ )**. Вспышечная активность была на низком уровне 26–30 марта и на очень низком – в остальные дни. Выбросы солнечных волокон (8 событий) отмечены 4, 5, 10, 15, 20 (2), 22 и 23 марта. Корнографы космической обсерватории "SOHO" зарегистрировали больше 20 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых один был типа "частичное гало II" (угловая ширина  $90^\circ$ – $180^\circ$ ). В марте наблюдались

5 рекуррентных и 4 вновь образовавшиеся корональные дыры. В геомагнитном поле отмечены десять магнитных бурь: 1, 2 и 27–28 марта – умеренные, 6–7, 21–23, 29 и 31 марта – малые, их источниками стали высокоскоростные потоки от корональных дыр и выбросы солнечных волокон. Всего за месяц было отмечено 14 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах очень высокий поток ( $> 10^7$ ) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 1–16 и 22–31 марта.

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,  
ГЦ РАН*

## **Академик Н.Н. Моисеев о познании развития человека, природы и общества**

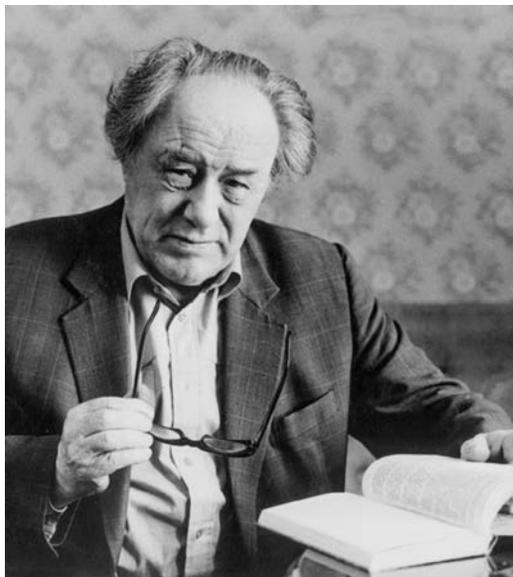
*(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)*

А.М. ТАРКО,  
доктор физико-математических наук, профессор  
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН  
Федерального исследовательского центра  
“Информатика и управление” РАН

---

**В статье проведен анализ мировоззренческих взглядов и научных результатов академика Н.Н. Моисеева на пути решения глобальной задачи о будущем биосферы и человечества. Кратко рассмотрены его работы в области математики и более подробно – учение о биосфере и обществе. Автор – ученик Никиты Николаевича, проработал вместе с ним 20 лет в Вычислительном центре АН СССР/РАН.**

В этом году научная общественность страны отмечает 100-летие выдающегося ученого академика Никиты Николаевича Моисеева (23 августа 1917 г. – 29 февраля 2000 г.). Он был одним из крупнейших ученых XX в., ученым-энциклопедистом, охватившим в исследованиях развитие современной математики и разработку фундаментальных наук о природе и обществе. Работы Н.Н. Моисеева как профессионального математика посвящены широкому кругу вопросов баллистики, движения твердого тела с жидкостью, имитационному моделированию, системному анализу, теориям гравитационных волн, оптимального



*Академик Н.Н. Моисеев. Конец 1970-х.*

---

управления, планирования и управления народным хозяйством. В каждом из этих направлений Никите Николаевичу принадлежат фундаментальные результаты.



*Дж. Форрестер. 1950-е гг.*

Его работы по моделированию динамики ракет и спутников получили широкое применение в различных областях техники, а также в военном деле. За создание теории движения тела с жидкостью (динамики ракеты на активном участке полета, когда выкачивание топлива из резервуара-хранилища смещает положение центра масс, что увеличивает неустойчивость полета) Н.Н. Моисеев был удостоен Государственной премии СССР. Он предложил новые методы расчета траекторий полета космических аппаратов, позволяющие обеспечивать значительно более высокую устойчивость их движения; за эти разработки его избрали действительным членом Международной академии астронавтики.

Одним из направлений работ Никиты Николаевича в области применения ЭВМ было создание системы автоматизированного проектирования (САПР) самолетов для КБ П.О. Сухого. Система по своим возможностям превосходила зарубежные САПР того времени. Знаменитые истребители “СУ-25” и “СУ-27” не могли быть созданы без использования САПР. За создание этой системы проектирования военной авиационной техники Н.Н. Моисеев получил премию Совета Министров СССР.

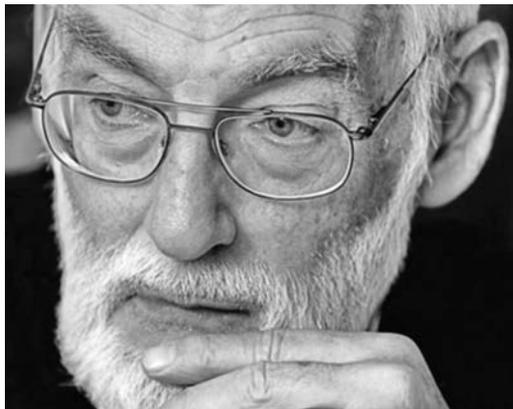
Переходя к анализу учения Н.Н. Моисеева о биосфере и человечестве, следует отметить, что он (как и В.И. Вернадский) смотрел на биосферу и человечество как на проявление космических процессов (Земля и Вселенная, 1974, № 4; 1988, № 2). Первое важное положение заключается в том, что живое вещество и биосфера Земли есть закономерное порождение процессов эволюции Космоса. Второе – столь же закономерным порождением космических процессов является и возникновение в биосфере разумного человека. С развитием технологической мощи человеческого общества начался очередной этап развития Космоса – становление ноосферы, сферы разумной деятельности человека в процессах его взаимодействия с биосферой. Это направление развития биосферы и человечества В.И. Вернадский называл универсальной историей, а Н.Н. Моисеев – универсальным эволюционизмом. Понятие биосферы и ноосферы Н.Н. Моисеев понимал не так как В.И. Вернадский; новое время дало новое значение фундаментальным понятиям.

Никита Николаевич начал заниматься проблемами биосферы и взаимоотношения природы и общества в конце 1960-х – начале 1970-х гг. Его, профессионального математика, “все больше тянуло к содержательному естествознанию и гуманитарным наукам, их объединению” (Н.Н. Моисеев “Как далеко до завтрашнего дня... Свободные размышления. 1917–1993 гг.”). В те годы глобальные проблемы человечества впервые стали темой серьезного анализа.

В 1970-х гг. особенно важными стали результаты, полученные американским ученым и инженером Дж. Форрестером и его учеником Д. Медоузом. Каждый из них создал свою собственную математическую модель глобальных процессов, происходящих в биосфере. В книге Дж. Форрестера “Мировая динамика” (1971 г., русский

перевод – 1978 г.) – пионерской, по признанию Н.Н. Моисеева, – на основе анализа разработанной им модели были осмыслены глобальные экономические, экологические, демографические и другие проблемы современной цивилизации. Главный результат работы Дж. Форрестера – вывод о том, что в первой половине XXI в., в условиях возрастания загрязнений, голода и истощения ресурсов биосферы прекратится рост населения Земли и начнется непреодолимый катастрофический спад его численности, это интерпретировалось им как деградация человеческой цивилизации и биосферы. Никакие меры – такие, как уменьшение использования природных ресурсов, ограничение рождаемости, уменьшение влияния загрязнения на темпы прироста населения, не в состоянии устранить исход; в лучшем случае они могут его отсрочить. Аналогичные выводы получил и Д. Медоуз. Эти результаты быстро стали известны не только ученым, но и всем жителям развитых стран: неотвратимость гибели человечества и биосферы поражала. После выхода его знаменитой книги “Пределы роста” (1972) Д. Медоуз многие годы пытался, но (в рамках своей много раз улучшаемой модели) не смог принципиально решить проблему выживания человечества.

Задача определения возможности положительного развития человечества к середине 1980-х гг. в рамках математических моделей была решена учениками Н.Н. Моисеева – автором данной статьи и В.Н. Новохацким. По своей сути рассматриваемые модели Дж. Форрестера и Д. Медоуза в точности соответствовали классической схеме французского историка Ф. Броделя, “представляющей” развитие древних цивилизаций по циклической аграрной схеме. Этот ученый произвел революцию в исторической науке своим предложением учитывать экономические и географические факторы при анализе исторического процесса. Пройдя



*Д. Медоуз. 1980-е гг.*

периоды роста и расцвета, государства приходили в упадок и погибали. Затем на той же (или другой) территории начиналось возрождение, и все повторялось вновь. В исторической основе этого процесса лежит подсечно-огневое земледелие. Поэтому вывод о возможности положительного развития человечества можно было получить только, перейдя к новому пониманию развития современной экономики.

Модель А.М. Тарко и В.Н. Новохацкого, идейно более сложная по сравнению с моделями Дж. Форрестера и Д. Медоуза, учитывала постоянный рост научно-технического прогресса (НТП) и появление новых источников энергии. Новый подход показал возможность развития общества с высоким уровнем жизни и стабилизацией численности населения. Оказалось, что положительное развитие человечества не может быть обеспечено без постоянного роста НТП. В работах Дж. Форрестера и Д. Медоуза рассматривались (в лучшем случае) лишь несколько постоянных уровней НТП, что принципиально не могло дать положительного развития. Сейчас эти положения кажутся очевидными, но тогда они были “откровением” для большинства ученых.



*Выступление Н.Н. Моисеева на одной из конференций. 1970-е гг.*

В 1971 г. Никита Николаевич, выступая в Венеции на Международной конференции, организованной ЮНЕСКО и посвященной глобальным проблемам человечества, сказал, что без “настоящего описания процессов взаимодействия в Природе и с Природой обойтись не удастся”. Он считал, что, имея цель – прогнозировать будущее человечества – нельзя замыкаться в рамках примитивных моделей; необходимы серьезные исследования, причем не только человека в его социальных аспектах, но и биосферы.

В конце 1960-х гг. он сформировал в Вычислительном центре АН СССР два подразделения, которые были призваны заниматься разработкой и анализом сложных математических моделей: глобальных экологических и глобальных климатических процессов. В то время Н.Н. Моисеев принял для себя следующий путь познания: проблема будущего человечества и биосферы должна решаться как идейно, так и с позиций разработки и анализа сложных математических

моделей. Эти два подхода навсегда стали двумя сторонами его исследований и интересов в области глобальной биосферной тематики.

В начале 1970-х гг. Никита Николаевич высказал концепцию коэволюции человека и биосферы. Она сначала прозвучала в тематике Римского клуба и затем получила известность и признание во всем мире. Концепция заключается в следующем. В книге “Человек и биосфера” (1985) Н.Н. Моисеев писал: “Сегодня опасность перевести параметры биосферы в такое состояние, когда человеку в ней уже не остается места, вполне реальна. Здесь возникает проблема коэволюции человека и биосферы. Этим термином мы условимся называть такое совместное развитие человеческого общества и биосферы, которое не выводит параметры биосферы из области гомеостазиса человечества, узкой области параметров биосферы, в которой возможно его существование. Коэволюция человека и биосферы обеспечивает сохранение человеческого вида и условий для дальнейшего развития цивилизации”. Позднее та же мысль высказана в его книге “Судьба цивилизации. Путь Разума” (1998).

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. идея о коэволюции человека и био-



*Обложки книг Н.Н. Моисеева “Человек и биосфера” (1985) и “Судьба цивилизации. Путь Разума” (1998).*

сферы была революционной и очень популярной в мире. Автор этой статьи в 1983 г. участвовал вместе с Н.Н. Моисеевым в работе симпозиума “Коэволюция человека и биосферы” в Институте жизни (основан в 1960 г. в Париже профессором Морисом Маруа) в Хельсинки. На симпозиуме присутствовали крупные западные обществоведы, экономисты, политологи, математики, философы. Симпозиум был ориентирован на поиск путей преодоления кризисов человечества. Центральным был доклад Н.Н. Моисеева. Он был выслушан с огромным интересом и имел большой успех.

Одним из важнейших своих достижений Никита Николаевич считал разработку мировоззрения, которое он назвал “современный рационализм”. Работу в этой области он начал еще в 1970-е гг.; в середине 1990-х гг. написал и издал книгу “Современный рационализм”, далее продолжал ее до последних дней жизни.

Физическими предпосылками для развития учения стали новые экспериментальные данные, полученные в XIX–XX вв.: опыт А.А. Майкельсона, открытие деления ядер химических элементов, сверхтекучести гелия. На их основании была разработана, с одной стороны, теория относительности А. Эйнштейна, с другой, – принцип неопределенности В. Гейзенберга и квантовая теория.

Главные постулаты современного рационализма Н.Н. Моисеева – следующие: Вселенная представляет собой некую единую систему (Универсум), все ее элементы связаны между собой различными связями. Связи существуют и могут быть измерены или наблюдаемы; процесс измерения вносит изменения в изучаемый объект. Другим важным положением современного рационализма является новое понимание стохастичности и неопределенности. В основе классического рационализма лежат механицизм и детерминизм XVII–XVIII вв., “выросшие” из небесной



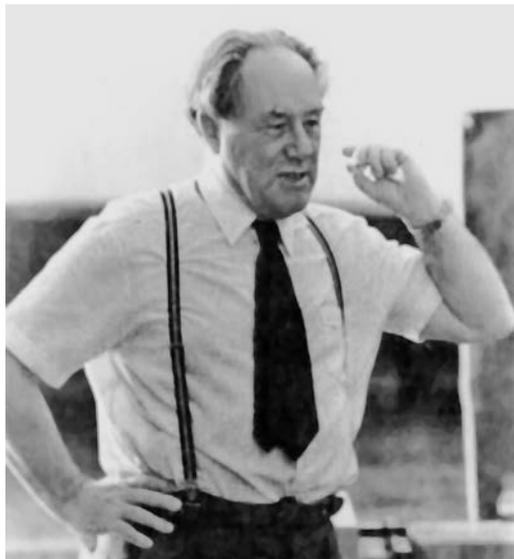
*Н.Н. Моисеев, В.В. Александров и А.М. Тарко в кулуарах симпозиума “Коэволюция человека и биосферы”. Хельсинки, 1983 г.*



*С. Ландри (Канада), Н.Н. Моисеев и А.М. Тарко в перерыве симпозиума “Коэволюция человека и биосферы”. Хельсинки, 1983 г.*

механики. Современная наука показывает, что детерминированные процессы могут порождать стохастические, которые представляют собой неотъемлемую часть процессов в физике и биологии. В математическом отношении система может обладать большим количеством положений равновесия: например, движение системы после достаточно сильного воздействия на нее может стать непредсказуемым. Область, в которой такое поведение возможно, называется областью бифуркации.

Фундаментальным положением современного рационализма является универсальный эволюционизм – все события в Универсуме происходят за счет причин, принадлежащих самой



Доклад Н.Н. Моисеева на одном из научных форумов. 1980-е гг.

системе. Следовательно, все происходящее в системе изменения (эволюция) являются процессом самоорганизации. Универсум постоянно изменяется. В этом и есть суть универсального эволюционизма.

Характеризуя биосферные проблемы, Никита Николаевич выделил способность живого вещества регулировать процессы в биосфере. Он ввел понятие “степень и скорость направленности эволюционного процесса”, трактуя эволюцию как изменения живого вещества, начиная от времени зарождения жизни. Скорость может изменяться на разных этапах развития биосферы. Есть механизмы, способствующие (или не способствующие) стабильному развитию биосферы. Примером может служить глобальный цикл двуокиси углерода в биосфере, модель которого разработана автором данной статьи (А.М. Тарко “Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование”, 2005). При небольших промышленных выбросах двуокиси углерода в атмосферу

растения в экосистемах поглощают его часть, это через механизм парникового эффекта частично стабилизирует климат Земли (принцип Ле-Шателье). Но если количество углерода в атмосфере становится слишком большим, то биотические процессы станут угнетаться, поглощение двуокиси углерода в экосистемах не будет справляться с поглощением выбросов, климат станет меняться еще сильнее – принцип Ле-Шателье перестанет выполняться.

Согласно теории Н.Н. Моисеева, человечество в своем развитии пережило две критических перестройки характера своего развития (бифуркации). Первая бифуркация произошла в палеолите и привела к утверждению системы запретов – табу (прежде всего, “не убий”). Эта перестройка привела к возникновению нравственности, тем самым человек перешел на путь общественного развития. Вторая перестройка произошла в неолите, она связана с расширением экологической ниши вида *homo sapiens* и возникновением земледелия и скотоводства. Обе бифуркации имели планетарные масштабы. По мнению Никиты Николаевича, сейчас человечество подошло к новой, третьей перестройке такого же масштаба, как две первые. Она характеризуется цивилизационной парадигмой, когда основной заботой людей становится преодоление глобального экологического кризиса. Главная проблема здесь: *“...потеря возможной устойчивости биосферы как целостной системы, частью которой теперь является человечество. Результатом потери стабильности нынешнего квазиравновесного состояния будет переход биосферы (как и всякой нелинейной системы) в новое и неведомое нам состояние квазиравновесия, в котором человеку просто может не оказаться места”*. Биосфера в результате антропогенных воздействий сейчас находится в области бифуркации, поэтому – к какому новому положению равновесия она пойдет – неизвестно. По его

мнению, уже к середине XXI в. антропогенные нарушения биосферы могут возрасти настолько, что возможно нарушение равновесия биосферы и переход к деградации, когда человечество не сможет существовать. Это положение своего учения Н.Н. Моисеев считал одним из самых важных.

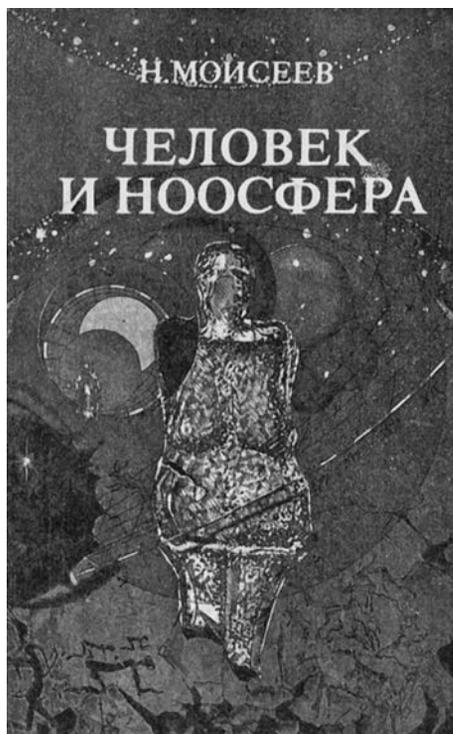
Систему запретов Никита Николаевич Моисеев называл экологическим императивом. Под этим понимается совокупность ограничений, накладываемых на деятельность людей, нарушение которых уже в ближайшие десятилетия может обернуться для человечества самыми катастрофическими последствиями. Поскольку экологический императив приводит к необходимости изменять свои действия, то он неизбежно порождает нравственный императив. По мнению Н.Н. Моисеева, труднейшая задача человечества состоит в том, чтобы понять нравственный императив и *“сделать его, подобно традиционным принципам нравственности, достоянием человечества, основой повседневной жизни людей”*.

То обстоятельство, что деятельность человека может привести биосферу к такому состоянию, в котором человеку как виду не найдется места, является принципиально новым пониманием биосферы, отличным от понимания В.И. Вернадского.

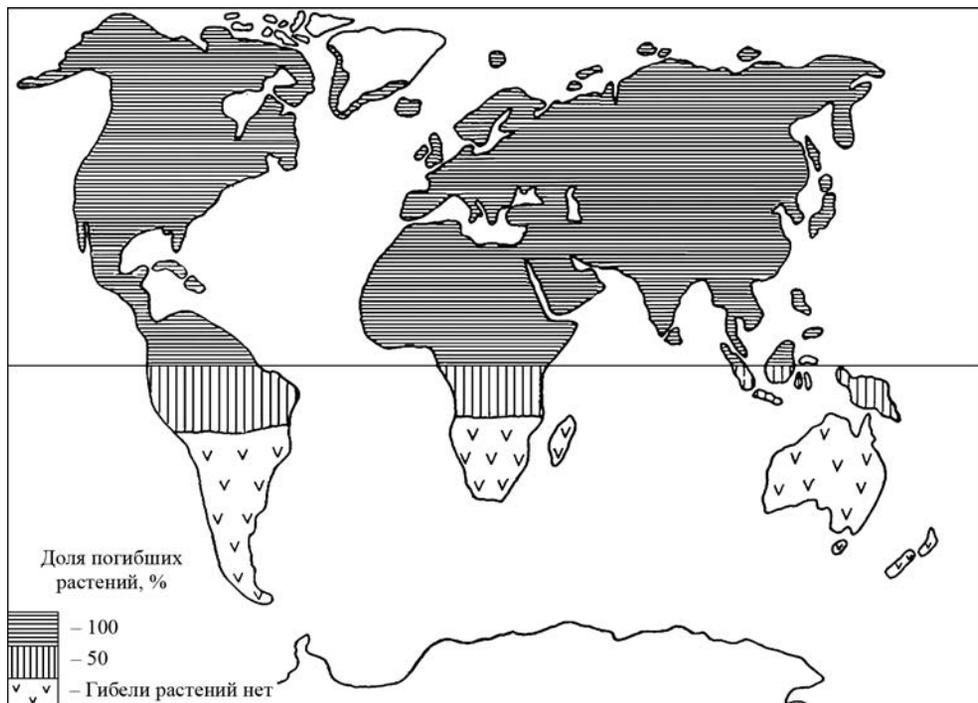
Однако возможным результатом эволюции человека и биосферы может стать не только ее разрушение, но и переход к ноосфере (Н.Н. Моисеев *“Человек и ноосфера”*, 1990). Ноосфера – *“такое состояние биосферы, когда Разум окажется в состоянии определять ее целенаправленное развитие”*. Это возможное (но не обязательно будущее состояние биосферы), оно является новым, принципиально отличным от понимания В.И. Вернадского, который считал, что переход человечества к ноосфере неизбежен.

Важным практическим результатом деятельности Н.Н. Моисеева стала *“ядерная зима”*. Знаменитые

прогнозы *“ядерной зимы”* были получены одновременно и независимо учеными СССР и США в 1983–1985 гг. Со стороны СССР эта работа была выполнена в Вычислительном центре АН СССР в открытых им незадолго до этого подразделениях. Она состояла из двух связанных частей – климатического и экологического моделирования. Климатическое моделирование было проведено под руководством В.В. Александрова, экологическое – под руководством Ю.М. Свирижева и А.М. Тарко. Если бы несколько лет до этого Н.Н. Моисеев не создал эти подразделения, то работы по *“ядерной зиме”* были бы выполнены только в США. Можно не сомневаться, что в этом случае они не получили бы грандиозного мирового резонанса. Научные связи и технологии, позволившие быть *“на равных”* с учеными США в этой



Обложка книги Н.Н. Моисеева *“Человек и ноосфера”* (1990).



Карта гибели растений на Земле по сценарию “ядерной зимы”.

области, были только в одной советской организации – в ВЦ АН СССР.

В 1983 г. две группы ученых-климатологов в США и в СССР получили на своих моделях прогнозы развертывания крупномасштабной ядерной войны. Полученные расчеты оказались весьма близкими. В результате ядерных бомбардировок крупных городов будет превышена критическая масса возникших пожаров, они станут гигантскими, высоко в атмосферу взлетят гигантские массы дыма и сажи. За две недели они распространятся на все Северное полушарие, а затем за два месяца – на Южное, перекроют солнечное излучение, в результате произойдет падение температуры на 5–50° С. Этот эффект назвали “ядерная зима”, она может длиться до года. Вместе с понижением температуры на огромных территориях произойдет их загрязнение радиоактивными веществами.

Вслед за климатическими прогнозами ученые США и СССР получили экологические и демографические. Растительность и животный мир не вынесут резкого и сильного похолодания и падения освещенности и значительная их доля погибнет. К этому воздействию добавится значительное действие радиоактивного загрязнения. На послевоенной Земле люди, если и останутся, то неминуемо погибнут от отсутствия питания и высокой радиации. Осознание неминуемого крушения мира в результате ядерной войны почти мгновенно потрясло всех и проникло в сердца не только ученых-специалистов, но и простых людей стран развитого мира.

Необыкновенно знаменитой фигурой в связи с этими работами стал советский ученый В.В. Александров, его приглашали на множество конференций, симпозиумов и на другие мероприятия в разные страны. Так, Папская

академия наук пригласила ученых из США и СССР на совместное заседание в Ватикане, в котором участвовали академик Е.П. Велихов и В.В. Александров. Еще одним важным событием стал визит в 1985 г. академика Н.Н. Моисеева и В.В. Александрова в Вашингтон (США) по приглашению сенатора Эдварда Кеннеди; событием стало выступление В.В. Александрова в сенате США с докладом о “ядерной зиме”. После его выступления Э. Кеннеди подчеркнул, что, согласно расчетам, та страна, которая начнет ядерную войну, неминуемо погибнет (от своих или чужих ядерных ударов – это будет неважно). Он также отметил большое значение того, что расчеты возможного наступления “ядерной зимы” получены независимо друг от друга американскими и русскими учеными, и доверие к таким результатам больше.

К сожалению, после этих событий, в марте 1985 г., Владимир Александров бесследно исчез, будучи приглашенным в Испанию на конференцию мэров неядерных городов. Предпринятые международные меры его розыска ни к чему не привели.

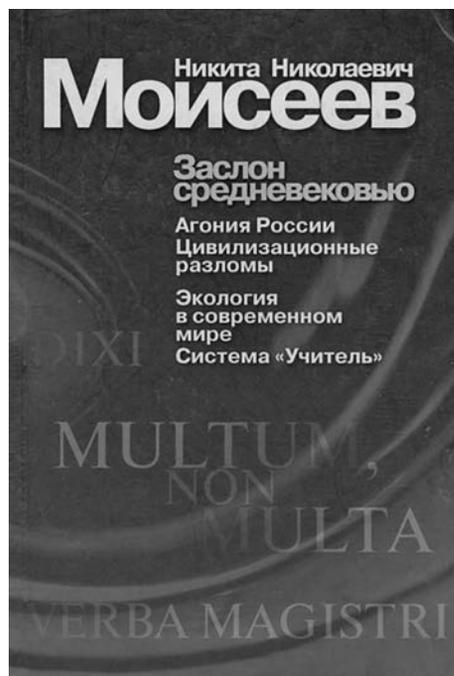
Помимо современного рационализма, Никита Николаевич разработал и систему представлений об экономическом будущем мира и России. В своих работах он предвосхитил важнейшие свойства современной глобализации, называя это явление “миром Pax Americana”, или “транснациональной корпорацией”.

Важнейшей сферой деятельности возникавших тогда транснациональных корпораций стало завоевание рынков в странах мира, вывоз капиталов в другие страны и развертывание там производства своих товаров; в “выкачивании” из них сырьевых и интеллектуальных ресурсов. Н.Н. Моисеев писал в книге “Агония России. Есть ли у нее будущее? Попытка системного анализа проблемы выбора” (1996): “Стоимость труда в развивающихся странах меньше, поэтому наиболее выгоден вывоз туда производства

высокотехнологичных и загрязняющих производств. Законы об охране природы там менее жесткие, и можно тратить меньше денег на очистные сооружения. Кроме того, не надо беспокоиться о сохранении своих небеско-нечных запасов”.

Никита Николаевич считал, что постепенно политика государств все в большей степени становится зависимой, на первое место в управлении миром выходят транснациональные корпорации. Он полагал, что «...формирование транснациональной финансовой элиты выводит на первый план, прежде всего, ее собственные клановые интересы. Для них принадлежность к той или иной национальности не играет особой роли. Они живут в своем “наднациональном мире”».

Одним из неожиданных стал вывод о “дьявольском насосе”, способст-



Обложка книги Н.Н. Моисеева “Агония России. Есть ли у нее будущее? Попытка системного анализа проблемы выбора” (1996).

вующем “перетеканию” капиталов, природных и интеллектуальных ресурсов из развивающихся стран в развитые. Н.Н. Моисеев писал в книге “Мировое сообщество и судьба России” (1997): *“Мировой характер современной экономической системы означает, в частности, что локальные экономики концентрируются в тех странах, где общественная производительность труда более высокая, где вкладывать деньги элементарно выгодней, где ресурсы используются более эффективно, где выше роль интеллекта. Собственные же капиталы бедных стран неизбежно утекают в более благополучные страны. Эти страны становятся насосом, откачивающим из отсталых стран все лучшее, что они имеют”*. Таким образом, возникает еще одна, постиндустриальная форма эксплуатации отсталых стран. Никита Николаевич писал, что мир транснациональных корпораций приводит к возникновению нового тоталитаризма, который: *“...будет носить общепланетарный характер. Это будет тоталитаризм совершенно нового типа. Я думаю, что новый тоталитаризм не будет похож на средневековье. Это, скорее, будет тоталитаризм античного типа – демократия спартанцев, которая обеспечивается нищетой и трудами илотов”*. Под “илотами” он имел в виду современные развивающиеся страны.

Особенно несправедливым академик считал то, что глобализация приводит к значительному росту отношения богатых к бедным, считая, что она увеличивает расслоение общества. При этом он предсказывал, что, поскольку глобализация нуждается в увеличении емкости рынков, то богатым странам придется включать бедные в свой “торговый” оборот, а для этого потребуются увеличивать “богатство” бедных стран. Прогноз оказался верным: после 2002 г. самые бедные страны стали развиваться быстрее. Величина отношения ВВП на душу населения в странах с высоким доходом,

по сравнению с самыми бедными (“наименее развитыми странами”, по терминологии ООН), начиная с 2002 г., уже к 2015 г. уменьшилась с 24 до 18; тем не менее они по-прежнему остаются бедными. Автор статьи определил, что есть несколько механизмов, которые уже много лет “сохраняют бедность” в самых бедных странах мира (об этом читайте в книге А.М. Тарко “О настоящем и будущем России и мира”, 2016 г.).

Отметим, что Н.Н. Моисеев не придавал “дьявольскому насосу” абсолютного значения. К настоящему времени немалому количеству стран удалось (или удастся) вырваться из “дьявольского насоса”, экономики таких быстро развивающихся стран в ООН сейчас называют “всплывающими”. Сейчас это, например, – Бангладеш, Гана, Индия, Камбоджа, Лаос, Панама, Судан, Шри Ланка, Эфиопия. Средний прирост ВВП на душу населения в этих странах в течение 2011–2015 гг. колебался от 5,0% до 7,3% в год.

Говоря о развитии современной России, необходимо понять причину гибели крушения советской системы. Никита Николаевич, по мнению автора, очень точно назвал главную причину краха советской системы: она состояла в нежизнеспособности цели экономической системы и методов достижения этой цели. В книге “Агония России. Есть ли у нее будущее?” он писал: *“В Советском союзе главенствовало стремление реализовать идею “единого завода” (идею полностью централизованного управления экономикой – примеч. автора статьи), то есть подчинить всю деятельность некоей единой цели – задача в принципе утопическая! Отсюда попытка превратить направляющие воздействия в некую систему управления. Точнее – абсолютного планирования; то есть реализовать идею, утопичность которой понимал любой специалист в области кибернетики и информатики”*. Также: *“Несмотря даже на то, что в какой-то момент (на какое-то время)*

мы сделались второй экономической и военной державой мира, наша система была обречена". В 1980-х гг. исчезли последние надежды на то, что партийное руководство страны поймет, что страна идет к разрушению и примет меры по выживанию системы. Н.Н. Моисеев приветствовал перестройку, начатую М.С. Горбачёвым ("перестройка системы была необходима"), хотя понимал, что методы спасения разрушающегося строя были не самые подходящие.

Никита Николаевич в конце 1990-х гг. видел единственный путь (это тот путь, по которому давно идут развитые страны) выхода России из предстоящего экономического кризиса и перехода в "развитые" страны – в стадию развития высокотехнологичных производств, сохранения и развития все еще передовых фундаментальной и прикладной науки и образования. Н.Н. Моисеев писал в книге "Восхождении к разуму" (1993): «Россия не сможет "подняться с колен" без развития высоких технологий. И надо верить в интеллектуальный потенциал народа, который за 10 послевоенных лет, начав с нуля, когда страна была в развалинах, когда приходилось пахать на коровах, сумел овладеть ядерной энергией, запустить в космос спутник и сделаться второй научно-технической державой мира... Сегодня ставка на новые высшие технологии. Поэтому та страна, сумеет сохранить образование, обеспечить развитие наук в следующем поколении, будет впереди».

Ученый глубоко переживал разрушение год от года уникального научного и инженерного потенциала страны, системы высшего образования, он писал: "Ведь разрушение происходит очень быстро, а воссоздание, в случае поворота политики страны, будет



*Н.Н. Моисеев. 1990-е гг.*

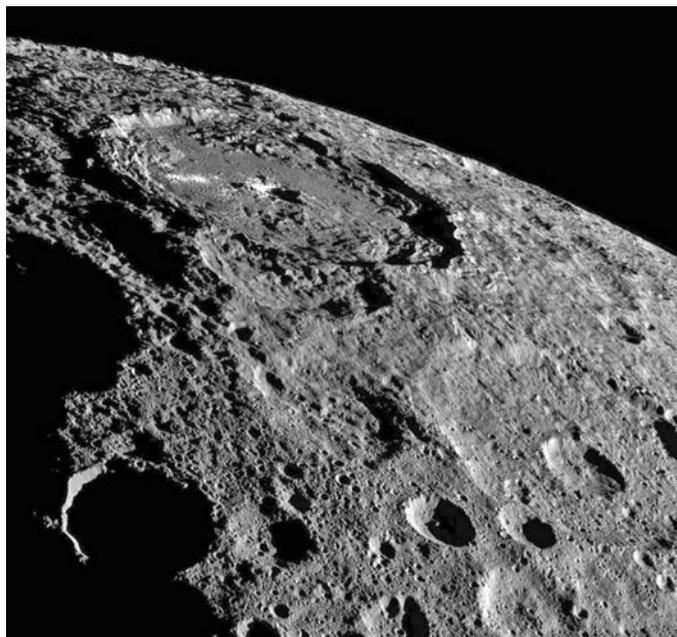
*медленным, займет в лучшем случае десятилетия".*

В своих книгах Никита Николаевич не давал рекомендаций по дальнейшему экономическому пути России или по выходу ее из современного кризиса, но выражал обоснованную надежду, что у России может быть хорошее экономическое будущее.

В заключение приведем слова Н.Н. Моисеева из его книги "Современный рационализм" (1995), в которой звучит одновременно и предупреждение, и оптимизм: "Мне хочется назвать XX в. не веком катастрофы, как иногда его называют, а веком предупреждения. События нынешнего века позволили нам заглянуть за горизонт – мы увидели лицо реальности, которая нас может ожидать – ожидать нас всех, все человечество. Я убежден в том, что мир идет к рациональному обществу, в котором, при всем многоцветии палитры культур, необходимого для обеспечения будущего Человеку, утвердится единство без национальных границ, национальных правительств и конфронтации".

### “Доун”: криовулканизм на Церере

Одна из особенностей поверхности карликовой планеты Цереры (диаметр 963 км) – яркие пятна в кратерах близ северного и южного полюсов. Например, в Северном полушарии Цереры, в центре кратера Оккатор (Occator) диаметром 92 км и глубиной 4 км обнаружено самое яркое пятно (альbedo выше 0,5) после анализа снимков, полученных АМС “Доун” (“Dawn”; Земля и Вселенная, 2015, № 4, с. 102; 2015, № 5, с. 110; 2017, № 1, с. 96–98). Кратер назван в честь римского божества боронования, помощника богини урожая и плодородия Цереры. Светлое пятно в центре кратера получило название “факула Цереалий” (Cerealia Facula), а группа пятен восточнее – “факулы Виналий” (Vinalia Faculae); они утверждены МАС 26 ноября 2016 г. Ученые пришли к выводу, что в кратере в течение длительного времени (и до сих пор) происходят извержения подповерхностных солевых растворов, состоящих из обычной соды



*Самая яркая область на дне кратера Оккатор (вверху) на Церере, выделяющаяся среди окружающего темного ландшафта. В кратере происходят процессы криовулканизма. Снимок получен 18 ноября 2016 г. АМС “Доун” с расстояния 1480 км от Цереры. Фото NASA/JPL.*

---

(карбоната натрия), которые образовались из воды. Жидкая вода осталась при испарении льдов (они превратились в воду в результате удара, образовавшего кратер), которые находятся под слоем грунта. Над пятном был замечен появляющийся с утра туман, он заполнял, порой, половину кратера, до его края.

Кратер Оккатор образовался в результате падения метеорита 34 млн лет назад. Материал в кратере

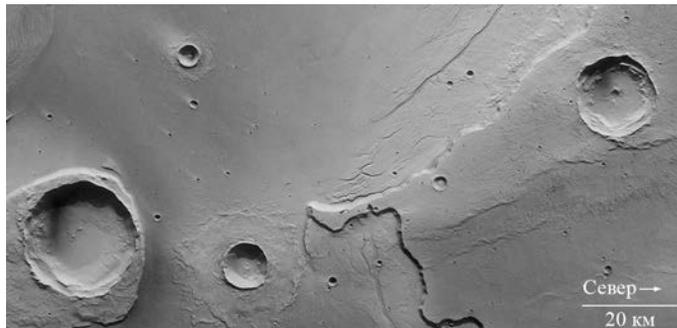
состоит из отложений минеральных солей особого класса минеральных солей, их возраст около 4 млн лет, примерно на 30 млн лет меньше, чем возраст самого кратера Оккатор.

Церера стала ближайшим к Солнцу небесным телом, где зафиксирована недавняя геологическая деятельность и криовулканическая активность.

*Пресс-релиз  
NASA, JPL,  
23 марта 2017 г.*

### Следы гигантского наводнения на Марсе

Европейская АМС “Марс Экспресс” 4 марта 2017 г. сделала снимок одной из самых крупных сетей каналов оттока на поверхности Красной планеты. Система каналов Долины Касэй (Kasei Valles) – самая крупная на Равнине Хриса (Chryse Planitia), она простирается примерно на 3 тыс. км от своего истока, находящегося в Каньоне Эхо (Echus Chasma) и лежащего в районе экватора, к востоку от огромной неровной вулканической Области Тарсис, или Фарсида (Tharsis Bulge), и чуть севернее системы каньонов Долин Маринера – до стока, расположенного на обширных равнинах Хриса. Комбинация вулканизма, тектонических процессов, схлопывания разломов и проседания пород в Области Тарсис привели к нескольким масштабным выходам на поверхность грунтовых вод из Каньона Эхо 3,6–3,4 млрд лет назад. Эти древние наводнения



*Система каналов Долины Касэй (Kasei Valles) на Равнине Хриса (Chryse Planitia) со следами древнего крупного наводнения. Справа вверху расположен 25-км кратер Вустер (Worcester Crater) с “островом” из вулканического вещества в центре. В середине видны каналы и обрывы, образованные потоками талой воды. Снимок получен 4 марта 2017 г. с помощью АМС “Марс Экспресс”. Фото NASA/JPL.*

оставили на поверхности планеты следы, они есть и по сей день. Комбинация вулканических, тектонических и других геологических процессов в регионе Фарсида привела к нескольким глобальным наводнениям Каньона Эхо: он впоследствии затопил область Долины Касэй. Планетологи нашли несколько эрозийных следов, что говорит, возможно, о случившемся здесь когда-то наводнении. Они считают, что жидкая вода могла существовать на Марсе не всегда, а лишь эпизодически. Потоки воды могли

“прорывать” гигантские каналы на Марсе и образовывать временные океаны и озера, не замерзавшие миллионы лет.

На снимке запечатлен 25-км кратер Вустер (Worcester Crater), размытый потоками воды, протекающими мимо него в течение нескольких сотен миллионов лет. Извергнутый материал внутри кратера образовал небольшое плато, вокруг которого грунт эродировал под действием потоков воды.

*Пресс-релиз  
ESA, NASA,  
5 марта 2017 г.*

### “Юнона”: пятно на Юпитере

27 марта 2017 г. АМС “Юнона” (“Juno”; запущена

5 августа 2011 г.) прибыла на орбиту вокруг Юпитера 4 июля 2016 г.; Земля и Вселенная, 2016, № 5, с. 40) и совершила пятый пролет со скоростью 57,8 км/с на высоте 4400 км над облаками Юпитера.

В течение пролета все восемь научных инструментов “Юноны” “собирали” данные о структуре слоев облаков и происходящих в них полярных сияниях для того, чтобы глубже понять происхождение

планеты, ее устройство, строение атмосферы и магнитосферы. Находясь на расстоянии в 14,5 тыс. км от поверхности Юпитера, она сфотографировала один из множества его мощных ураганов – Большое темное пятно, появляющееся и исчезающее с периодом в несколько месяцев (см. стр. 3 обложки, внизу). Оно отличается от Большого Красного Пятна тем, что располагается вблизи северного полюса Юпитера. Громадный вихрь размерами

почти с Землю – это система атмосферных газов с высоким давлением, эквивалентная земным антициклонам. В окружающих пятно облаках происходят турбулентные явления, возникают пояса и зоны, уходящие глубоко в нижние слои планеты.

“Юнона” находилась на вытянутой орбите вокруг Юпитера с периодом обращения 53 сут, следующее сближение с планетой-гигантом состоялось 19 мая 2017 г. Научная группа

“Юноны” продолжает анализировать данные ее предыдущих пролетов на минимальном расстоянии от планеты. Уже удалось установить, что магнитное поле Юпитера и его полярные сияния намного сильнее, чем предполагалось первоначально. В течение ближайших лет “Юнона” будет пытаться определить, есть ли у Юпитера твердая поверхность под столь толстым облачным покровом?

*Пресс-релиз NASA,  
28 марта 2017 г.*

---

## Информация

---

### “Кассини”: снимки спутников Сатурна

Один из малых спутников Сатурна Пан (20,8 × 31,4 × 34,4 км) своей причудливой формой похож на пельмень (или клецку) на новых фотографиях, полученных 7 марта 2017 г. с помощью АМС “Кассини” (“Cassini”) во время сближения до расстояния 24 572 км. Спутник-“пастух” (или “пылесос”) Пан движется внутри деления Энке внешнего кольца А; воздействуя своей гравитацией, он “очищает” окрестности собственной орбиты от частиц кольца. Пан совершает оборот вокруг Сатурна за 13 ч 48 мин и постоянно обращен к планете одной своей стороной. В центре диска замечена выпуклость, по краям его “опоясывает” плоский

гребень. Ученые предполагают, что “гребень” образовался из частиц кольца А, захваченных притяжением Пана. Снимки Пана выполнены с самого близкого расстояния; они помогут понять его происхождение и геологические особенности.

На протяжении последнего десятилетия с помощью “Кассини” открыт высокий уровень активности близ южного полюса ледяного спутника Сатурна Энцелада (496,6 × 502,8 × 513,2 км), где расположены теплые расселины, из которых вырываются фонтаны воды; они свидетельствующие о наличии у Энцелада подповерхностного моря, содержащего большое количество растворенной поваренной соли и соды. Извержения гейзеров происходят под действием гравитации Сатурна, вызывающей приливные деформации Энцелада. Результаты исследования в микроволновом диапазоне южного полюса

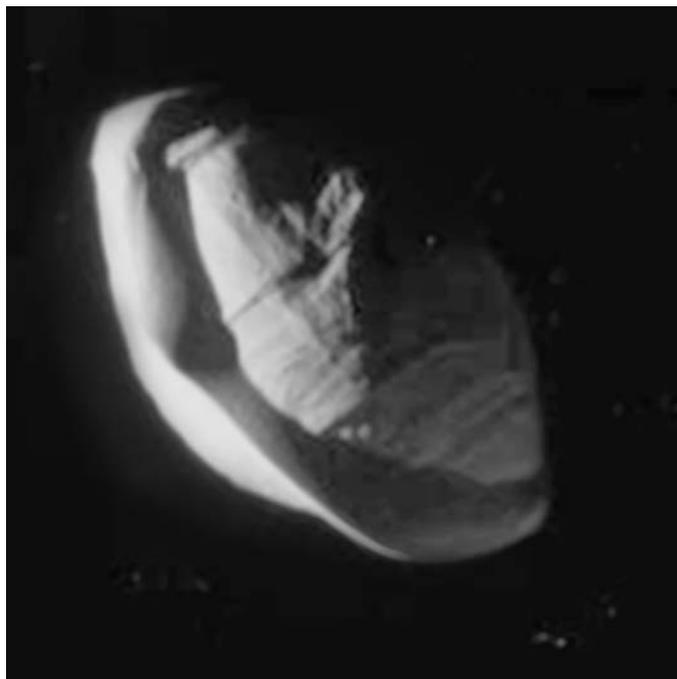
Энцелада показали, что там выделяется тепло на обширной площади на глубине всего лишь в несколько метров под поверхностью. Наблюдаемая тепловая аномалия особенно выражена в районе трех геологических структур, напоминающих знаменитые “тигровые полосы” Энцелада и отличающиеся от них лишь тем, что они в настоящее время не активны. Сейчас установлено, что под его корой, на глубине всего лишь в несколько километров, находится резервуар с жидкой водой.

В феврале 2017 г. Лабораторией реактивного движения NASA (JPL) были представлены последние фотографии морей Титана (диаметр 5152 км), спутника Сатурна. На снимках, сделанных с помощью АМС “Кассини”, замечены в углеводородных морях отчетливые образования “пузырчатых фонтанов” из азота. Специалисты NASA охарактеризовали это явление так: как будто моря

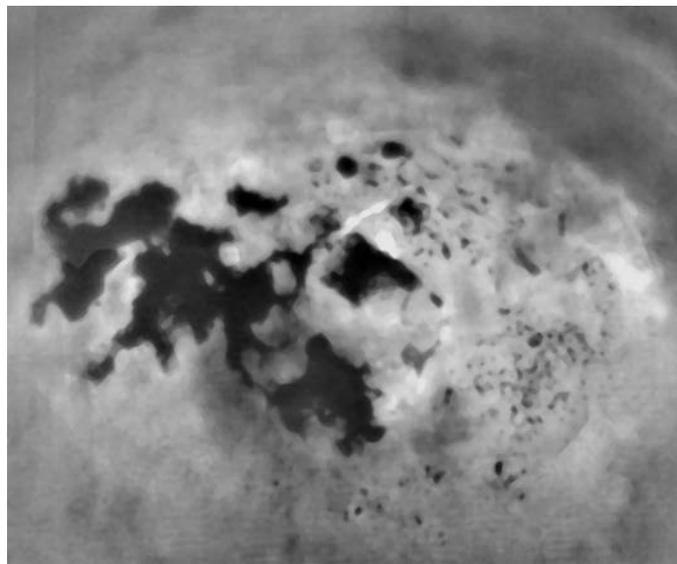
и озера Титана, в зависимости от их температуры, “вдыхают” и “выдыхают” азот. Самое крупное море на Титане – Лигея (Ligeia Mare) – содержащее углеводородные болотистые берега; это – экзотическое дно из слизистых азотистых соединений, состоящее (вместо воды) полностью из метана. Загадочными островами в водоемах оказались громадные фонтаны, вырывающиеся из морских глубин; они образуются в результате смешивания метана и этана и проявляются в виде дождевых осадков или таяния этановых льдов на дне моря. Благодаря выпадению дождей и перепаду температур в водоемах Титана, постоянно будут происходить такие “пузырчатые извержения”, напоминающие сушу.

С июля 2004 г., когда АМС “Кассини” вышла на орбиту вокруг Сатурна, станция сфотографировала и исследовала все 62 спутника планеты-гиганта. В апреле 2017 г. она приступила к выполнению заключительных операций своей миссии: сделала 22 витка на орбитах, пролегающих между верхними слоями облаков Сатурна и его внутренним кольцом. 15 сентября 2017 г. “Кассини” будет намеренно направлена в атмосферу Сатурна для безопасного уничтожения, исключающего возможность случайного загрязнения поверхности Титана (или Энцелада) микроорганизмами, занесенными с Земли.

*Пресс-релиз  
NASA, JPL,  
16 марта 2017 г.*



*Спутник Сатурна Пан, похожий по форме на “пельмень”. В центре диска расположена выпуклость, по краям его опоясывает плоский гребень. Снимок получен 7 марта 2017 г. с помощью АМС “Кассини” на расстоянии 24 572 км от Пана. Фото NASA/JPL.*



*Углеводородное море Лигея на Титане с островами в виде “пузырчатых фонтанов”. Снимок получен 17 февраля 2017 г. с помощью АМС “Кассини”. Фото NASA/JPL.*

## Вернер фон Браун – ученый и человек

*(К 105-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)*

Отмечая в этом году 110-летний юбилей Генерального конструктора ракетно-космической промышленности СССР Сергея Павловича Королёва, уместно вспомнить выдающегося немецкого ученого и конструктора ракетно-космической техники Вернера фон Брауна, который оказал на него

весьма значимое влияние. В. фон Браун – создатель первой в мире баллистической ракеты А-4 (“Фау-2”), один из пионеров ракетостроения и мировой астронавтики, разработчик американской космической программы “Сатурн-Аполлон”, обеспечившей высадку человека на Луну. О нем написано много книг, статей (например в Земле и Вселенной, 2002, № 6), созданы фильмы.

Вернер фон Браун (Wernher von Braun) родился 23 марта 1912 г. в г. Вирзице (Германия) в семье, принадлежащей к старинному прусскому аристократическому роду, и унаследовал титул “фрайхерр” (барон). Его отец, барон Магнус фон Браун (1878–1972), – бывший заместитель рейхсканцлера, председатель правительства Восточной Пруссии и директор Рейхсбанка, был министром сельского хозяйства в правительстве Веймарской республики – долго оставался влиятельным лицом в общественной жизни Германии. В генеалогии его матери, Эмми фон Квисторп (1886–1959), обе линии предков восходили к королевским семьям; некоторые биографы упоминают даже Рюрика Новгородского и Владимира Крестителя. В семье, кроме Вернера, родились братья Зигмунд и Магнус. Вернер получил аристократическое образование, свободно владел французским и английским языками, с раннего возраста научился играть на скрипке и фортепиано (позднее даже играл на органе); первоначально



*Вернер фон Браун в своем кабинете – директора Космического центра им. Дж. Маршалла в Хантсвилле. Слева – макеты ракет его конструкции. 1966 г. Фото публикуется с разрешения NASA.*

он мечтал стать композитором – брал уроки у Пауля Хиндемита, мог по памяти играть произведения Баха и Бетховена. После переезда в Берлин 10-летний Вернер учится во Французской гимназии. В 1925 г. его переводят в интернат Германа Литца в графстве Эттерсбург под Веймаром. В этот год мама подарила будущему великому ракетостроителю телескоп.

Его карьера ракетчика началась с чтения романов Жюль Верна и научно-популярной литературы, а также с астрономических наблюдений. В одном из фильмов о нем Вернер скажет: *“Все началось с Луны. Мне нравилось смотреть на Луну и звезды. На конфирмацию в лютеранской церкви родители подарили мне телескоп. Превосходный подарок, куда лучше мотоцикла. С тех пор мой интерес к астрономии не угасал... Это была цель, которой можно было посвятить всю жизнь! Не только наблюдать планеты в телескоп, но и самому прорваться во Вселенную, исследовать таинственные миры”*. Однажды Вернер натолкнулся в журнале по астрономии на рекламу книги Германа Оберта “Пути к космическому путешествию” (*“Wege zur Raumschiffahrt”*, 1929 г.), на обложке которой была изображена Луна. Мечта о полетах в космос заставила юношу зубрить математику столько, сколько требовалось для понимания этой книги.

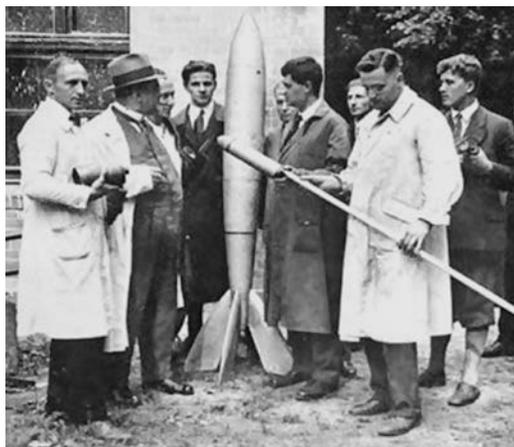
В 1928 г. Вернер вступает в “Общество межпланетных сообщений”, сродни нашей Группе изучения реактивного движения (ГИРД; Земля и Вселенная, 1981, № 5), переписывается с основателем общества Вилли Леем. Юный мечтатель включается в работу группы энтузиастов-ракетчиков, которые устроили на пустыре рядом с заброшенным военным складом площадку для экспериментов, назвав ее “Берлинский ракетодром”. Местные жители, полиция, пожарные и пресса называли их “придурками из Тегеля”, поскольку их опыты постоянно сопровождались взрывами и пожарами.



*Братья Зигмунд, Вернер и Магнус фон Брауны. Берлин, 1922 г. Фото публикуется с разрешения NASA.*

Летом 1929 г. Вернер фон Браун знакомится с Германом Обертом (Земля и Вселенная, 1995, № 5). Патриарх немецкого ракетостроения в этот период зарабатывает деньги на свои ракетные эксперименты консультациями знаменитого немецкого режиссера студии “Дефо” Ланга, снимающего фильм “Девушка на Луне” (*“Frau im Mond”*). Г. Оберт должен был запустить жидкостную ракету для рекламы фильма в день премьеры. Запустить ракету не удалось, но фильм стал для В. фон Брауна пророческим, а сам Г. Оберт на всю жизнь будет для него путеводной звездой. Вернер окончательно понял, что ракеты – его призвание. Позже фон Браун скажет: *“Герман Оберт был первым, кто, подумав о возможности создания космических кораблей, взял в руки логарифмическую линейку и представил математически обоснованные идеи и конструкции... Лично я вижу в нем не только путеводную звезду моей жизни, но также и обязан ему своими первыми контактами с теоретическими и практическими вопросами ракетостроения и космических полетов”*.

Весной 1930 г. Берлинский химико-технический государственный институт предлагает “Обществу межпланетных



*Пионеры немецкого ракетостроения: Р. Небель, А. Риттер, Г. Бермюллер, К. Хайниш, Г. Оберт – справа от сконструированной им ракеты “Мирак-2”; К. Ридель с ракетой “Мирак”, а В. фон Браун держит ЖРД “Кегельдюз”. 1930 г. Фото публикуется с разрешения NASA.*

сообщений” и Г. Оберту свои цеха и средства, чтобы доработать и запатентовать его модель камеры сгорания ЖРД. После встречи с Г. Обертом Вернер вместе с пионерами ракетостроения Клаусом Риделем и Рудольфом Небелем все свободное время занимаются в мастерских Института над изготовлением ракет. В этом же году Р. Небель построил жидкостную ракету “Мирак”, в 1931 г. эта группа ракетчиков испытала на полигоне Ракетенфлюгплатц под Берлином 87 малых ракет, одна из них (“Мирак-2” конструкции Г. Оберта) поднялась на высоту 60 м.

Версальский договор разрешил Германии иметь всего 204 полевых орудия и 84 гаубицы. Однако о ракетах в договоре ничего не говорилось. Этим и воспользовались генералы рейхсвера. В 1930 г. при отделе баллистики и вооружений рейхсвера под началом полковника Карла Беккера (профессора баллистики Берлинского университета) была создана ракетная лаборатория, которой руководил 35-летний

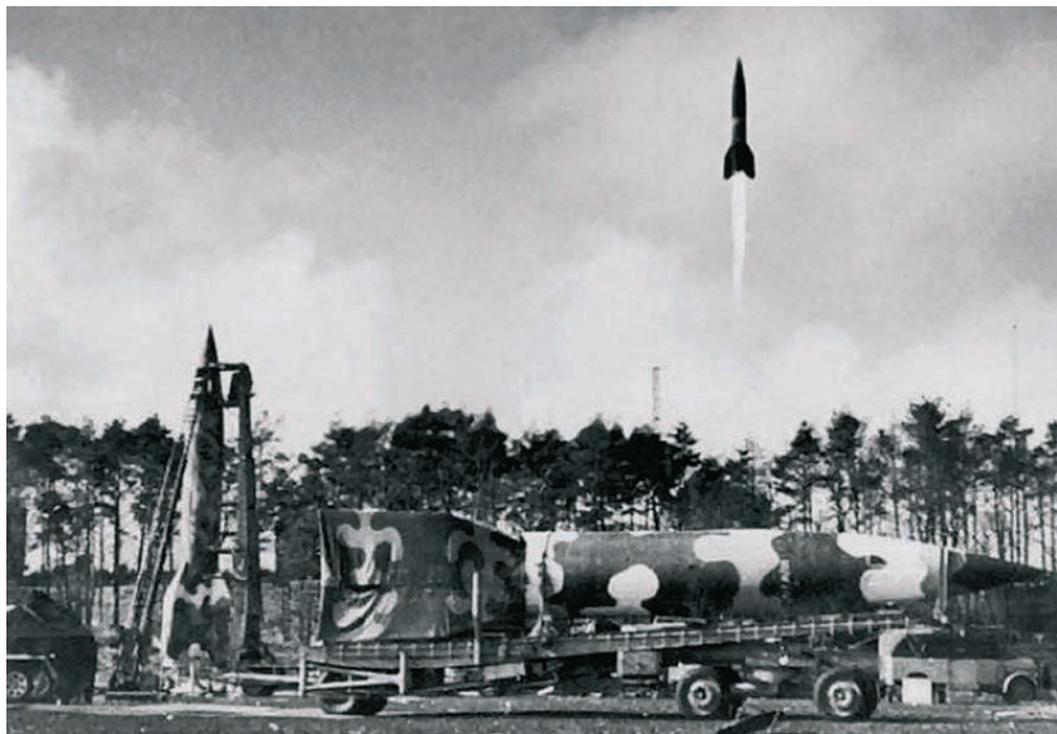
капитан артиллерии Вальтер Дорнбергер. Он разрабатывал и испытывал на военном полигоне в Куммерсдорфе под Берлином пороховые ракеты. В. Дорнбергер стал вторым учителем В. фон Брауна.

“Придурки из Тегеля” привлекли внимание рейхсвера, и переодетые в штатское офицеры пообещали ракетчикам финансовую помощь, если те докажут делом способность сделать что-либо заслуживающее внимания. Запуск летом 1932 г. демонстрационного изделия закончился полным провалом к разочарованию обеих сторон. И тогда Вернер фон Браун, 20-летний студент Берлинского университета (а не кто-либо другой из его старших товарищей по “Берлинскому ракетодому”) обращается со своими идеями и представлениями о ракетостроении к профессору баллистики университета Карлу Беккеру и ... получает его поддержку. Профессор предлагает юному ракетчику грант на подготовку докторской диссертации, возможность проводить в этих целях эксперименты на полигоне рейхсвера в Куммерсдорфе и, в случае успеха, – постоянную работу в ракетной лаборатории под началом В. Дорнбергера.

Судьба дает В. фон Брауну редкий шанс. До 1930 г. все работы с жидкостными ракетами в Германии носили



*Вальтер Дорнбергер и Вернер фон Браун. Конец 1930-х гг.*



*Немецкий ракетный центр в Пенемюнде. Запуск ракеты А-4 ("Фау-2"). 1943 г.*

любительский характер и проводились на скудные средства от спонсоров и рекламы. Молодой Вернер хорошо понимает, что кустарный метод исчерпал себя, что нужны обширные работы по всему комплексу проблем, а это требует денег, много денег... По совету своего отца, знающего намерения руководства рейхсвера и перспективы ракетного дела в стране, В. фон Браун соглашается. Решение окажется правильным, так как ни одна другая страна в этот период не имела таких серьезных намерений в создании баллистических ракет, как Германия. В. фон Браун, по словам друзей, коллег и согласно автобиографическим статьям, занимался конструированием боевых ракет с единственной целью: создавать ракеты для полета к Луне и планетам. Создание же боевых ракет он рассматривал лишь как средство

для финансирования своих космических проектов.

В эти же годы, по странному совпадению или случайности, С. П. Королёв, хорошо понимая, что в общественной организации ОСОАВИАХИМ развернуть работы ГИРД невозможно, добивается встречи с маршалом М. Н. Тухачевским и убеждает его в перспективности создания боевых дальнобойных ракет. Благодаря поддержке маршала, С. П. Королёв получил для ГИРД знаменитый подвал в доме № 19 на углу Садового кольца и Орликова переулкa, площадку на военном полигоне в Нахабино, средства на оборудование, станки и инструменты. 17 августа и 25 ноября 1933 г. в Нахабино запущены первые советские жидкостные ракеты ГИРД-09 конструкции М. К. Тихонравова и ГИРД-Х конструкции Ф. А. Цандера

(Земля и Вселенная, 1988, № 1; 1991, № 6; 1993, № 5; 2000, № 4).

В 1933 г. “Общество межпланетных сообщений” прекратило свою работу, в Германии не осталось объединений ракетчиков, а новый нацистский режим запретил гражданские опыты по ракетостроению. Только военные могли строить ракеты, для их нужд был построен огромный ракетный центр Пенемюнде (Peenemünde) на севере Германии на о. Узедом близ Балтийского моря. Это место было выбрано отчасти по рекомендации матери фон Брауна, вспомнившей, что ее отец любил в тех местах охотиться на уток. В октябре 1932 г. Вернера фон Брауна зачисляют в штат ракетного центра в Куммерсдорфе. Сначала референтом, но уже вскоре он назначается техническим директором. Всплывает масса проблем, и тут в полной мере проявилась разница в подходах к делу между ним и пионерами ракетостроения – таких как Г. Оберт, Ф. А. Цандер, Р. Годдард. В. фон Браун; пользуясь щедрым финансированием армии, он сразу привлекает самых квалифицированных консультантов и размещает заказы на специализированных предприятиях. В итоге он создает главное – систему создания сложных технических систем! Кооперация профильных



*Вернер фон Браун и Вальтер Дорнбергер (в центре) среди военного командования и специалистов на полигоне в Пенемюнде. Март 1941 г.*

организаций (при руководстве из единого центра) позволяет поставить дело на серьезную основу, привлечь лучших специалистов и вести работы широким фронтом. Позже В. фон Браун скажет: “Прежде, чем создать ракету надо совершить шестьдесят пять тысяч ошибок”. Г. Оберт считал, что он превосходил его как математик, физик и изобретатель, но, безусловно, был ребенком по сравнению с Брауном-менеджером. И сам барон точно понял, чем должен владеть руководитель: умением организовать и профинансировать гигантские и сложнейшие работы. В ракетной судьбе В. фон Брауна и личностной случилось редкое совпадение времени, места, обстоятельств; он сумел всем этим воспользоваться в максимальной степени!

В июле 1934 г. В. фон Браун в Берлинском университете защитил диссертацию “Конструктивные, теоретические и экспериментальные соображения к проблеме создания жидкостных ракет”, став самым молодым (22 года) в Германии доктором наук в области ракетостроения; она засекречивается по требованию армии (не публиковалась до 1960 г.), как и все работы в Германии по ракетам. Начиная с 1933 г., В. фон Браун приступает к созданию баллистических ракет серии А (Aggregat – изделие) в лаборатории руководителя Центра в Куммерсдорфе В. Дорнбергера. Первые три испытания в Куммерсдорфе ракет “А-1” длиной 1,4 м и массой 100 кг потерпели неудачу. К концу 1934 г. его группа успешно запустила две ракеты “А-2” массой 150 кг с гироскопом, они достигли высоты 2,2 и 3,5 км. Параллельно для новой ракеты разрабатывался мощный двигатель тягой 1 тс и временем работы 45 с.

В марте 1935 г. лабораторию посетил командующий сухопутными войсками генерал фон Фрич. Под большим впечатлением от увиденного он добился у фюрера выделения значительных дополнительных фондов на новые

опыты и, в связи со значительным размахом работ ракетной лаборатории, строительства огромного военного испытательного центра в Пенемюнде.

В мае 1937 г. лаборатория В. Дорнбергера переезжает в новый испытательный центр. В. фон Браун назначается техническим директором Центра и главным конструктором ракеты А-4 (“Фау-2”). Под его началом работают 4 тыс. специалистов (в дальнейшем их число достигнет 20 тыс.) из лучших научно-исследовательских учреждений; заказы для Центра выполняют крупнейшие фирмы. Его ракетный проект пользуется преимуществами “высшего приоритета”, – когда материалы, оборудование, специалисты предоставляются, а заказы выполняются вне очереди. Занимаемый пост и важность работ обязывают В. фон Брауна стать в марте 1937 г. членом НСДАП, а в мае 1940 г. вступить в СС. После войны он напишет: *“Мой отказ вступить в партию означал бы, что я должен отказаться от дела всей моей жизни... Я немедленно позвонил своему военному начальнику... генерал-майору Дорнбергеру. Он мне ответил, что... если я желаю продолжить нашу совместную работу, то у меня нет другого выбора, кроме как согласиться...”* После войны коллеги скажут, что он был аполитичным человеком, но готов был пойти на любые жертвы для того, чтобы исполнить свою мечту о полете на Луну. Он был уверен в том, что помощь нацистов всего лишь “необходимое” зло, которое поможет ему исполнить ее сразу же после окончания войны. В нем было что-то от доктора Фауста, и вся его жизнь была бесконечным крестовым походом... Он мечтал о космосе, но только боевые ракеты позволили ему – прекрасному организатору – получить огромные ресурсы, использовать в полной мере представившийся шанс!

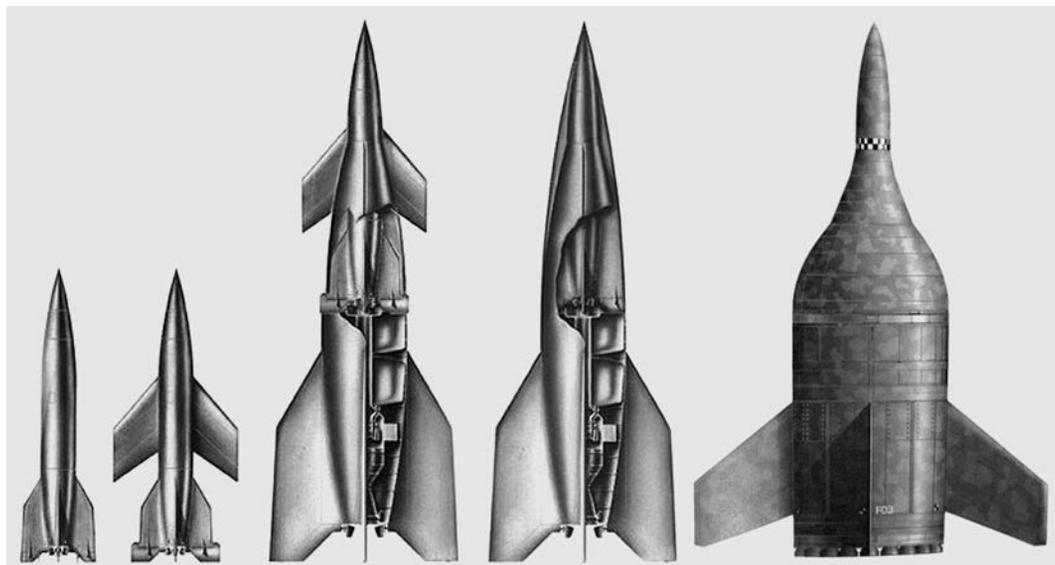
В 1939 г. Гитлер, уверенный в том, что выиграет войну имеющимся оружием, наполовину сократил ассигнования



*Баллистические ракеты “Фау-2” на стартовых площадках немецкого ракетного полигона в Пенемюнде. 1944 г.*

на А-4, а летом 1940 г. лишил проект статуса “высшего приоритета”. Это заметно сказалось на темпах разработки: первый успешный запуск А-4 (длина 14 м, стартовая масса 12,5 т, максимальная дальность полета 320 км) осуществлен только 3 октября 1942 г. Ровно 10 лет потребовалось В. фон Брауну для того, чтобы сделать первый шаг на своем пути к Луне. Позднее В. Дорнбергер скажет: *“Мы довели наше поколение до порога космической эры – и теперь дорога к звездам открыта”*. Это был первый в истории суборбитальный полет ракеты; не случайно некоторые специалисты считают эту дату началом космической эры. Примечательно, что на ее борту красовался логотип фильма Ланга “Девушка на Луне”. За успешный запуск В. фон Браун будет награжден железным крестом 1-й степени – высшей наградой рейха для гражданских лиц.

Но ракета А-4 имела еще множество недоработок, не хватало средств, нужна была поддержка Гитлера. В. фон Браун опасался, что фюрер потеряет терпение и “прикроет” проект – после катастроф под Москвой и Сталинградом судьба рейха висела на волоске. В апреле 1942 г. Г. Геринг издал директиву, которая категорически



*Проекты баллистических ракет А-4, крылатой А-4б, МБР А-9/А-10, А-11 и трехступенчатой А-12 конструкции Вернера фон Брауна. 1937–1944 гг.*

запрещала проводить какие-либо научно-исследовательские работы, если они не гарантируют создание (или повышение эффективности) того или иного вида оружия в кратчайшие сроки – шесть недель. Работы над вооружением, пригодным к применению после войны, предписывалось немедленно прекратить. Решение вопроса: продолжать или приостановить исследования – возлагалось на рейхсминистра вооружений Альберта Шпеера. А тот неоднократно присутствовал на пробных огневых испытаниях А-4, был восторженным сторонником В. фон Брауна и отдал приоритет его программе. Именно он организовал встречу ученого с Гитлером и всей верхушкой рейха в ставке “Вольфшанц” 7 июля 1943 г. Она имела огромное значение для судьбы проекта. Триумфальный доклад В. фон Брауна сопровождался показом цветного фильма об успешном запуске А-4 под девизом “мы сделали это”. Гитлер пришел в восторг, вернул программе “высший приоритет” и присвоил ему – самому молодому

в истории Германии – звание титулярного профессора.

В марте 1944 г. ракета А-4 неоднократно достигала высоты 189–190 км и формально стала первым рукотворным аппаратом в истории, вышедшим в околоземный космос и выполнившим снимки Земли из космоса. История создания и значение А-4 заслуживает отдельного рассказа. Приведем лишь слова главного специалиста НПО “Энергомаш” им. В.П. Глушко В.Ф. Рахманина: “По своим техническим характеристикам ракета А-4 была уникальным научно-техническим достижением, никто в мире даже близко не подходил к реализации такой мощной ракеты... И если в военном отношении ракета А-4 практически не оказала серьезного влияния на ход войны, то в научно-техническом плане ее создание стало выдающимся достижением немецких специалистов, получившим признание у специалистов всех стран, впоследствии создававших ракетное вооружение. Создание конструкции самой ракеты А-4,

*а также промышленной структуры для ее производства и войсковых частей, осуществлявших эксплуатацию, стало мощным катализатором мирового прогресса в ракетостроении, послужило толчком для дальнейшего развития фундаментальных и прикладных наук... А-4 стала первым камнем в фундаменте создания в СССР нового рода войск – РВСН, и позволила начать использование околоземного космического пространства на благо человечеству. Двигатели из Пенемюнде стали прототипами для двигателей советских ракет Р-1, Р-2, Р-5 и первой ступени Р-7”.*

В октябре 1942 г. Гитлер издал приказ о серийном производстве А-4 как “оружия возмездия”. Впечатляет масштабность контракта, заключенного с фирмой “Миттельверке”: “...производить 12 тыс. ракет А-4 с темпом 900 ракет ежемесячно... стоимость 480 млн рейхсмарок...”. Выходит так, что в годы наивысшего напряжения сил рейха В. фон Браун “лишил” фронт тысячи танков, самолетов, орудий и тем самым способствовал разгрому фашистской Германии. Это мнение не только патриарха нашего ракетостроения академика Б. Е. Чертока; вот, что напишет в своих мемуарах Альберт Шпеер, горячо поддержавший проект А-4 в июле 1943 г.: “Надо было делать ставку на зенитную ракету “Вассерфаль”... Вне всякого сомнения...эти ракеты в комбинации с реактивными истребителями “Мессершмидт-262” могли бы... сорвать воздушное наступление западных союзников с воздуха на нашу промышленность. Вместо этого огромные средства были затрачены на разработку и производство ракет дальнего действия, которые, когда осенью 1944 г., наконец, дошло дело до их боевого применения, обнаружили себя как почти полная неудача. Наш самый дорогой проект оказался и самым бессмысленным”. Ракета “Фау-2” как “оружие возмездия”, несмотря на чудовищные расходы, действительно

оказалась плохой. С сентября 1944 г. по март 1945 г. по Лондону, Парижу, Антверпену и другим европейским городам было выпущено 4200 ракет (все-го их произведено 6 тысяч).

В Великобритании от ракетных ударов погибло 2724 жителя. В десять раз больше погибло заключенных концлагеря “Дора-Миттельверке”, работавших на сборке “Фау-1” и “Фау-2” в подземном заводе “Миттельверке” в Гарце и в Пенемюнде. Они стали заложниками секретного “чудо-оружия” и подлежали уничтожению перед приходом американских и советских войск в апреле 1945 г. В. фон Браун видел эти ужасы, но изменить ничего не мог, не рискуя быть расстрелянным, – за ним следили уже с осени 1943 г. Когда поступили сведения, что он под видом новых, более мощных ракет (МБР А-9/А-10, А-11 и трехступенчатая А-12), проектирует корабли для полета на Луну и Марс, гестапо в середине марта 1944 г. арестовало его вместе со “старыми ракетчиками” К. Риделем и Г. Герттрупом (будет после войны работать в СССР). Гиммлер инкриминировал фон Брауну “пораженческие” настроения, саботаж и намерение улететь в Англию... приговорил к расстрелу! Лишь убеждения Гитлера в абсолютной необходимости В. фон Брауна для продолжения работ над ракетами А-4, крылатой А-4б и МБР А-9/А-10 спасли ему жизнь. В гестаповской тюрьме он отсидел две недели.

В апреле 1945 г. В. фон Браун, В. Дорнбергер и еще 118 ведущих ракетчиков (позже их число вырастет до 500) сумели перейти к американцам. Барон и его ближайшее окружение отлично понимали, что только в США они смогут продолжить свои дорогостоящие разработки. Заслуживает внимание версия о том, что уже в 1943 г. через старшего брата Вернера Зигмунда, работавшего помощником посла Германии в Ватикане, шли секретные переговоры с посланником Госдепа США при Ватикане католиком-миллионером



*Генерал В. Донрнбергер и В. фон Браун после “сдачи” американцам. Апрель 1945 г.*

Тэйлором о том, чтобы переправить В. фон Брауна и его ближайших сотрудников после окончания войны в США. Договоренность была достигнута, Вернер получил от Зигмунда необходимые инструкции для прибытия в страну. Этим, по-видимому, и объясняется целенаправленное движение колонны Вернера фон Брауна навстречу американским войскам. Миграционный закон запрещал въезд в США лиц с нацистским (и тем более эсэсовским) прошлым. Спецслужбы США в рамках операции “Пейперклип” (“Скрепка”) “отмыли” фон Брауна и его коллег от нацизма; они попали в число ученых, для которых разведка создала фиктивные биографии и удалила упоминания о воинских званиях, членстве в НСДАП и о связях с нацистским режимом из “открытых” записей. Информация была рассекречена только в 1984 г. Некоторое время команда

фон Брауна находилась под стражей, а затем с ракетами, деталями к ним и документацией была переправлена в Форт Блисс (штат Техас), недалеко от полигона Уайт Сэндз (штат Нью Мексико) для их испытаний. В 1945–1950 гг. на этом полигоне запускались ракеты А-4 с приборами для изучения верхних слоев атмосферы, а также испытания по проектам “Гермес” и “Бампер” (“WAC Corporal”). Там и была заложена основа ракетной программы США.

В Америке пришлось все начинать сначала: создавать ракетные центры и новые отрасли промышленности, готовить специалистов. Немцев не спешили подпускать к созданию ракет: у США была атомная бомба и стратегические бомбардировщики “Б-52”. Ракеты получают высший приоритет только в 1955 г., когда появится “абсолютное оружие устрашения” – МБР с ядерными боеголовками. Работа продвигалась медленно; любое предложение, касающееся новых идей о ракетах, отвергалось. Фактически В. фон Браун “потерял” первые 10 лет в США, этим был дан невольно шанс С. П. Королёву – догнать и перегнать барона. Руководство Советского Союза прекрасно понимало жизненную необходимость создания ракетно-ядерного щита, и, не смотря на тяжелейшие годы послевоенного восстановления экономики страны, давало столько средств, сколько было необходимо.

В 1947 г. В. фон Браун женился на кузине Марии фон Кисторп – тоже из семьи аристократов, с которой был обручен с довоенных времен. Когда Вернеру было 17 лет, он держал малышку Марию на руках при ее крещении в лютеранской церкви. Увидев ее голубые глаза, он сказал, что она будет его женой, так оно и случилось. По мнению журналистов, он был “образцовым джентльменом”, его семейная жизнь была счастливой, у них родились дочери Лилиан и Мария.

В 1947 г. В. фон Браун снова вернулся к “мирной тематике” в области

ракетной техники и космонавтике. Уже тогда он представил американской общественности свое видение долгосрочной программы освоения космического пространства – от спутника до пилотируемых полетов на Луну и Марс. В сентябре 1951 г. Британское межпланетное общество провело 2-й Международный конгресс по астронавтике, темой которого был искусственный спутник Земли.

В. фон Браун не мог поехать в Лондон, но его доклад о проекте обитаемой орбитальной станции был прочитан. Станция диаметром 61 м должна была располагаться на орбите высотой 1760 км; она предназначалась для изучения Земли. В марте 1952 г. в журнале “Collier’s Weekly” ученый опубликовал статью “Пересекая последнюю границу” с новым проектом орбитальной станции в форме “бублика” диаметром 75 м, вращающуюся вокруг центральной “втулки”; численность экипажа могла достигать 200–300 человек. В. фон Браун также предлагал создать трехступенчатую ракету-носитель для запуска такой станции стартовой массой до 7 тыс. т, причем “крылатая” третья ступень возвращалась



*Кадр из фильма “Космический вызов”. Вернер фон Браун держит модель своей трехступенчатой ракеты; за ним видны изображения крылатого орбитального корабля и космической станции, имеющей форму “бублика”. 29 февраля 1956 г. Фото публикуется с разрешения Смитсоновского института.*



*В. фон Браун с женой и дочерьми. Хантсвилл, 1956 г.*

на Землю (Земля и Вселенная, 2016, № 1). Он рассматривал искусственный спутник как нечто само собой разумеющееся и представил план экспедиции на Марс, взятый из своей книги “Марсианский проект”, в которой содержались расчеты последовательности этапов ее проведения.

В. фон Браун был активным пропагандистом космонавтики, выступал по телевидению, на заседаниях Конгресса и в университетах США, убеждая всех, что освоение космоса – одна из важнейших задач, стоящих перед человечеством. Например, он снялся 29 февраля 1956 г. в образовательном фильме министерства обороны “Космический вызов”, демонстрируя модель своей трехступенчатой ракеты, “крылатого” орбитального корабля и космической станции. Не покидая своего дома в Хантсвилле, куда он переселился с семьей, занял место “главного провидца” в сообществе энтузиастов космонавтики.

В 1950 г. В. фон Брауна назначают техническим руководителем Отдела по разработке управляемых ракет Армии США в Арсенале “Редстоун” в Хантсвилле (штат Алабама). Здесь он со своей группой специалистов организовал самый мощный в США научно-производственный комплекс



*В. фон Браун с макетом ИСЗ “Эксплорер-1”.  
Обложка журнала “Тайм” от 17 февраля 1958 г.*

для разработки многоступенчатых ракет-носителей. Но, будучи “трофеем” армии США и работая на нее, В. фон Браун в 1951 г. в лаборатории, состоящей из 130 немецких ракетчиков и 800 американских рабочих, разработал баллистические ракеты “Редстоун” (“Redstone” SSM-A-5; длина 19,3 м, стартовая масса 24 т, максимальная дальность полета 800 км). Они могли нести ядерные заряды и стали серьезным инструментом ядерного шантажа. До получения гражданства США в сентябре 1955 г. В. фон Браун и его коллеги работали “под присмотром” спецслужб на полулегальном положении. В Арсенале численность специалистов достигает 2 тыс. человек, начальники всех 30 отделов – немцы; в их числе Эрнст Стулингер и Курт Дебус, работавшие с ним в Пенемюнде. Только начиная с 1956 г. В. фон Браун возглавил программу разработки МБР “Редстоун”, позднее – ракет-носителей на его основе “Юпитер-С” (“Jupiter-C”) и “Юнона” (“Juno”); его назначают директором

Отделения оперативных разработок военного агентства баллистических снарядов (ABMA). В сентябре 1956 г. последняя ступень его модифицированной ракеты “Редстоун” (“Юпитер-С”) достигла высоты 1094 км и дальности полета 5311 км. Верхняя ступень служила макетом, но, будь заправлена топливом, а не песком, то, может быть, стала бы первым спутником... Несмотря на неоднократные просьбы В. фон Брауна, ему так и не позволили запустить спутник.

Первым спутником Земли был наш – СССР стала первой “космической сверхдержавой”; это был шок для США. Престижную задачу запуска ИСЗ в США отдали флоту. К В. фон Брауну обратились лишь после провала проекта ВМФ, когда 6 декабря 1957 г., как он и предвидел, ракета-носитель “Авангард” с ИСЗ массой всего 1,4 кг взорвалась, едва оторвавшись от стартового стола. Ему понадобилась меньше двух месяцев для доработки четырехступенчатой РН “Юпитер-С” (длина

21,8 м, стартовая масса 28,5 т) и спутника. “Эксплорер-1” массой 8,3 кг был выведен на орбиту 31 января 1958 г.

После его успеха В. фон Браун стал знаменитостью (портрет поместили на обложке журнала “Тайм”), он познакомился с лидерами США – точно так же, как и с лидерами нацистской Германии после первого удачного запуска А-4. Для того, чтобы делать ракеты, требовалась, в первую очередь, политическая воля лидеров государства. В. фон Браун получил поддержку президентов Д. Эйзенхауэра, Дж. Кеннеди и Л. Джонсона. На странице журнала “Миссائل дизайн девелопмент” в декабре 1958 г. писали: *“Браун является единственным человеком, не*

*считая самого президента, который может получить от конгресса миллиард долларов или даже более, нужного NASA”.*

СССР первым “запустил” в космос Юрия Алексеевича Гагарина. Ракета В. фон Брауна “Редстоун” вывела Алана Шепарда на борту КК “Меркурий-3” в суборбитальный полет лишь 5 мая 1961 г. Первый американский астронавт Джон Гленн (КК “Меркурий-Атлас-6”) попал в космос 20 февраля 1962 г. – через десять месяцев после полета Ю. Гагарина (Земля и Вселенная, 2017, № 2).

Америка отставала. Весной 1961 г., едва придя к власти и ощутив вместе со всей Америкой небывалое чувство



*Президент Дж. Кеннеди и Вице-президент Л. Джонсон посетили доктора Вернера фон Брауна в Центре космических полетов им. Дж. Маршалла и сообщили о решении послать человека на Луну. На втором плане – РН “Сатурн-1”. Хантсвилл, 11 сентября 1962 г. Фото публикуется с разрешения NASA.*



*В. фон Браун на стартовом комплексе № 39 Космического центра им. Дж. Кеннеди перед стартом РН "Сатурн-5" с КК "Аполлон-11". Июль 1969 г. Фото публикуется с разрешения NASA.*

унижения, Дж. Кеннеди в своем меморандуме NASA поставил вопросы: как можно опередить русских в космическом соревновании в течение 10 лет. Уже через 10 дней в письме на имя вице-президента В. фон Браун изложил свою точку зрения, во многом отличную от точки зрения руководства NASA. Оценив возможности советской ракеты, он сообщил, что опередить СССР можно только запуском человека на Луну. Однако для этого требуется ракета в 10 раз мощнее советской; если все силы бросить на ее создание, то к 1967–1968 гг. она будет готова. Барон снова получает уникальный шанс реализовать давнюю мечту.

Запуск ракет в США перешел из единоличного владения Пентагоном в руки NASA; при нем создан Центр космических полетов им. Дж. Маршалла в Хантсвилле под научным руководством В. фон Брауна. Он приступает к разработке ракет-носителей серии

"Сатурн". Теперь у него было еще больше денег и людей, теперь под его началом работают уже тысячи специалистов. Это позволило уже 27 октября 1961 г. успешно запустить новую РН "Сатурн-1" ("Saturn-1"; длина – 55 м, стартовая масса – 510 т, масса полезного груза – 10,2 т) конструкции В. фон Брауна.

Политическая воля президента Дж. Кеннеди, индустриальная и научная мощь великой страны и 20 млрд долларов позволили ему создать РН "Сатурн-5" сверхтяжелого класса (первый запуск – 9 ноября 1967 г.) и корабль "Аполлон" для полета на Луну. Уникальность ракеты заключается не только в гигантских размерах – высота 110 м (стартовая масса – 2960 т, масса полезного груза – 140 т, масса груза при полете к Луне – 65,5 т), но и в масштабности работ и в новом подходе к организации самого проекта! Поражает продуманность и отработанность как отдельных узлов, так и ракеты в целом! Это вылилось в высочайшую надежность "Сатурна-5". 20 июля 1969 г. командир "Аполлона-11" Нейл Армстронг стал первым человеком на Земле, ступившим на лунную поверхность (Земля и Вселенная, 1970, № 5; 2009, № 5; 2013, № 1). За этот полет В. фон Браун был награжден медалью NASA "За выдающуюся службу". Затем состоялись еще шесть лунных экспедиций и последний полет ракеты-гиганта 14 мая 1973 г. – когда она вывела на орбиту тяжелую орбитальную станцию "Скайлэб" массой 77 т (!), на которой работали три экспедиции (Земля и Вселенная, 2004, № 3). Итого 13 запусков РН "Сатурн-5", и все успешные!

В начале 1930-х гг. молодой студент В. фон Браун посетил презентацию, устроенную Огюстом Пикаром, который в то время был "пионером" полетов в стратосферу и зарабатывал на свои опыты выступлениями в цирке. Вернер подошел к нему и заявил: "Знаете, я планирую когда-нибудь

отправиться в полет на Луну”; он сдержал свое слово!

В 1970-х гг. он уже мечтал о лунной базе и станции, о пилотируемом полете на Марс; он планировал осуществить такие проекты в течение 20 лет. Им не суждено было реализоваться в связи со свертыванием борьбы двух космических сверхдержав. В. фон Брауну предложили отменить полеты на Луну и заняться пусками разведывательных и коммерческих спутников. Начались конфликты, и вскоре ученому пришлось уйти в отставку. После ухода из NASA в 1972 г. В. фон Браун прожил всего пять лет, умер от рака 16 июня 1977 г. в окружении семьи и старых друзей в своем доме в г. Александрия (штат Вирджиния). В последний путь вместе с родными и близкими его проводил экипаж “Аполлона-11”. В 1994 г. Международный астрономический союз присвоил имя Вернера фон Брауна кратеру на видимой стороне Луны.

В. фон Браун отличался утонченными манерами, внешне являл собой типичный облик “арийца”: плотного телосложения, ростом 190 см; крупные,

правильные, выразительные черты лица, светлые волосы, голубые глаза. Темпераментный, харизматичный, склонный к лидерству, он всегда пользовался неизменным уважением и авторитетом, хотя был весьма строгим к лентяям и хитрецам. Подчиненные называли его “Зевсом”. Доктор Браун был не только обаятельным красавцем, но и широко образованным человеком, неплохим художником, летчиком-любителем, плавал с аквалангом. Конструктор написал множество научно-популярных книг, фантастических рассказов, статей и сценариев фильмов (сотрудничал с Уолтом Диснеем). Он страстно лоббировал интерес к ракетам, был мессионером межпланетных странствий и “пророком” космического века. Как говорят его биографы, барон – участник многих международных научных конференций – надеялся встретиться с загадочным советским Главным конструктором. Увы, это было невозможно...

*В.А. КОВАЦЕНКО,*

*С.А. ГЕРАСЮТИН*

---

## *Информация*

---

### **Самая “тесная” орбита звезды вокруг черной дыры**

Астрономы обнаружили систему X9, в которой звезда движется с периодом в полчаса по орбите вокруг черной дыры – двойной

системы, расположенной в 14 800 св. лет от Земли в шаровом скоплении 47 Тукана. Орбита звезды может оказаться самой тесной для бинарных систем в нашей Галактике. Это открытие было сделано с помощью космических рентгеновских обсерваторий “Чандра” и “NuSTAR”, а также телескопа Australia Telescope Compact Array, расположенного на территории Западной Австралии. Система X9 непрерывно меняет свою яркость в рентгеновском диапазоне

с периодом 28 мин, что, по-видимому, соответствует одному полному обороту звезды-компаньона вокруг черной дыры. Кроме признаков присутствия большого количества кислорода в этой системе, в ней также обнаруживаются свидетельства того, что вокруг черной дыры обращается белый карлик, находящийся от нее на расстоянии всего лишь в 960 тыс. км.

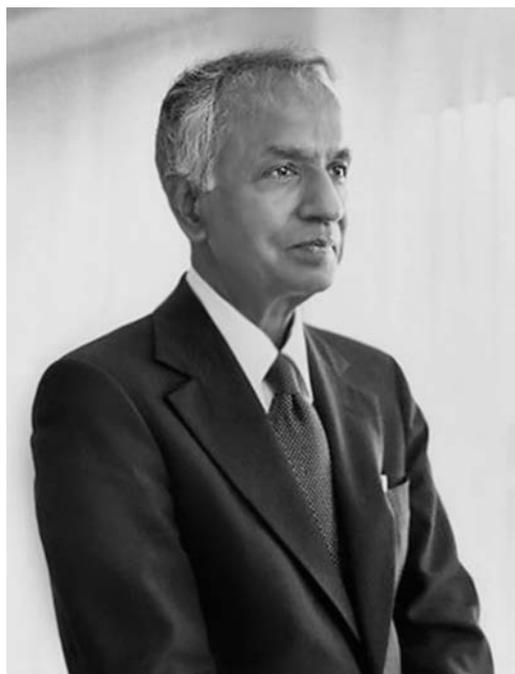
*Пресс-релиз NASA,  
15 марта 2017 г.*

## Субрахманьян Чандрасекар

Субрахманьян Чандрасекар (Subrahmanyan Chandrasekhar) – выдающийся астрофизик, физик-теоретик и педагог, лауреат Нобелевской премии (1983), член Национальной Академии наук США (1955) и Лондонского королевского общества (1944), внес огромный вклад в теорию относительности и релятивистскую астрофизику, в динамику и эволюцию звезд. Основные труды посвящены исследованию динамики, строения звезд и их атмосфер, проблемам гидродинамической и гидромагнитной устойчивости в рамках

общей теории относительности; математической физике (теории стохастических процессов). Получил фундаментальные результаты в релятивистской астрофизике и других разделах теоретической астрофизики. Развил теорию белых карликов, установил их конечную массу (предел Чандрасекара), определил конечные стадии эволюции звезд.

С. Чандрасекар (по национальности – тамиль; не имеют фамилии: Чандрасекар – имя, Субрахманьян – отчество) родился 19 октября 1910 г. в Лахоре (Индия, ныне Пакистан) в интеллигентной семье. Он был первым сыном (и третьим из десяти детей) Чандрасекара Субрахманьи Айяра – индийского правительственного чиновника, помощника аудитора железных дорог на северо-западе британской Индии (также музыковеда) и его жены, Ситы (до замужества Балакришнан) – преподавателя литературы и лингвиста. Дядя будущего астрофизика, ученый-физик Венката Рамана (1888–1970) – Нобелевский лауреат 1930 г. (работы по рассеянию света и открытие эффекта спектроскопии молекул и кристаллов, названного в его честь), основателя (в 1934 г.) и первого президента Индийской академии наук. Воодушевленный примером дяди, Чандра (как его всегда называли родные) решил стать ученым. Одаренный от природы мальчик учился дома под руководством родителей и приглашенных педагогов, он любил музыку и поэзию. В 1922 г. поступил в школу в Мадрасе, куда семья переехала в 1918 г.



*С. Чандрасекар. Конец 1970-х гг.*

Окончив школу в 1925 г., он поступил в Президентский колледж Мадрасского университета, где выбрал основным предметом физику; увлекся заманчивой темой эволюции звезд, особенно интересуясь последними открытиями в астрофизике. Будучи старшекурсником, он в 1928 г. опубликовал статью, где, в связи с процессами внутри звезд, анализировалась термодинамика эффекта Комптона (изменение длины волны рентгеновского излучения при рассеянии фотонов); названа так по имени лауреата Нобелевской премии американского физика А. Комптона. В 1930 г. Чандрасекару присвоили степень бакалавра, вручив диплом с отличием.

В том же году за отличную учебу он получил стипендию индийского правительства для обучения в аспирантуре Кембриджского университета. Во время долгого путешествия в Англию Чандрасекар читал книгу выдающегося астрофизика сэра А. Эддингтона "Внутреннее строение звезд", которую получил в качестве награды на конкурсе по физике. В книге утверждалось, что, когда истощается топливо в звездах, они сжимаются, выделяя избыток энергии. А такая звезда, как Солнце, превратится в раскаленный шар размером с Землю – белый карлик плотностью в  $10 \text{ т/см}^3$ , после чего она будет остывать, оставаясь вечно неизменной.

С этого времени молодой ученый посвятил себя служению науке. Его жизнь можно разделить на несколько этапов теоретических исследований. Вот что он написал в автобиографии: "Было семь периодов в моей жизни: звездная структура, включая теорию белых карликов (1929–1939); звездная динамика, включая теорию броуновского движения (1938–1943); теория переноса излучения, включая теорию звездных атмосфер и квантовую теорию отрицательного иона водорода, и теория планетных атмосфер, включая теорию освещенности



*Семья Чандрасекар: мать Сита (держит на руках Чандрасекара) и отец Айяр с двумя дочерьми. Лахор, Индия. 1910 г.*

*и поляризации солнечного неба (1943–1950); гидродинамическая и гидромагнитная устойчивость, включая теорию конвекции Рэлея-Бенара (1952–1961); равновесие и устойчивость эллипсоидальных фигур равновесия, отчасти в сотрудничестве с Н. Лебовиц (1961–1968); общая теория относительности и релятивистская астрофизика (1962–1971); математическая теория черных дыр (1974–1983)".*

В Тринити-колледже в Кембридже Чандрасекар три года изучал теоретическую физику и теорию эволюции звезд под руководством известного британского астрофизика Р. Фаулера. По совету английского физика-теоретика, одного из создателей квантовой механики П. Дирака Чандрасекар последний год своих докторских исследований провел у датского физика-теоретика, лауреата Нобелевской премии Н. Бора в Институте теоретической физики в Копенгагене. Получив докторскую степень летом 1933 г.,



*С. Чандрасекар после защиты докторской степени. Кембридж, Англия. Лето 1933 г.*



*В Тринити-колледже. Кембридж, Англия. 1930-е гг.*

он получил блестящее образование. Еще четыре года Чандрасекар входил в состав ученого совета Тринити-колледжа. Там во время учебы и работы он установил дружеские отношения с профессорами Кембриджа, в том числе с А. Эддингтоном и специалистом в области физики звездных атмосфер и внутреннего строения звезд Э. Милном.

В возрасте 21 года начинающий ученый опубликовал три работы по астрофизике: “Конфигурации звездных масс при сильном сжатии”, “Максимальная масса идеальных белых карликов” и “Плотность белых карликов”. Изучая динамику звезд и этапы их эволюции, ему удалось рассчитать предельную массу белых карликов. Чандрасекар показал, что большие и малые звезды ведут себя по-разному по окончании ядерных реакций. С помощью квантовой механики и теории относительности он проанализировал поведение звездного вещества в процессе его сжатия: если масса звезды достаточно мала, то гравитационное давление, вызывающее сжатие, постепенно уравновешивается внутренним давлением и звезда достигает внутреннего равновесия (при размерах белого карлика). Этот вывод остается справедливым в классической физике, где его источником считается по преимуществу тепловая энергия электронов; или в рамках квантовой механики, когда приходится учитывать величину энергии Ферми (по имени Э. Ферми; Земля и Вселенная, 2015, № 3), зависящую от плотности электронов. Если критическая масса звезды превзойдет в 1,4 раза массу Солнца, то ее гравитационное поле превысит противодействующие силы и звезда сожмется до невероятно малого размера и огромной плотности, превратившись в белый карлик. Это ограничение названо “пределом Чандрасекара”.

В октябре 1933 г. Чандрасекар был удостоен премии – именной стипендии Тринити-колледжа на период с 1933 по

1937 г. В 1934 г. его пригласили на заседание Королевского астрономического общества в Лондоне, попросив рассказать о своих вычислениях звезд на последней стадии эволюции. Он сделал доклад, в котором выдвинул идею черных дыр. В нем говорилось, что сжимающаяся мертвая звезда с массой, в два-три раза превышающей массу Солнца, выделит огромное количество энергии, превратившись в сверхновую, а затем взорвется. Ее наружная оболочка будет выброшена в окружающее пространство, “остаток” сожмется до размеров устойчивой нейтронной звезды плотностью порядка  $100 \text{ млн т/см}^3$ .

В январе–марте 1936 г. состоялся его краткий визит в Гарвардский университет (Кембридж, штат Массачусетс) по приглашению директора, известного астронома доктора Х. Шепли. Один из крупнейших американских астрофизиков О.Л. Струве и президент Чикагского университета Р. Хатчинс предложили Чандрасекару должность научного сотрудника.

Во время поездки в Индию в 1936 г. Чандрасекар женился на стипендиатке Президентского колледжа Лалите Дорайсвами (по национальности индианка). Она стала его поддерживать во всех делах, обеспечив условия для научной деятельности, окружив его заботой и вниманием (детей у них не было).

В январе 1937 г. Чандрасекар переехал в США, заняв должность научного сотрудника на астрономическом факультете Чикагского университета. В 1938 г. ученый стал адъюнкт-профессором, в 1944 г. – полным профессором и с 1947 г. до конца жизни состоял почетным профессором астрофизики Чикагского университета. Лишь в 1953 г. он получил американское гражданство.

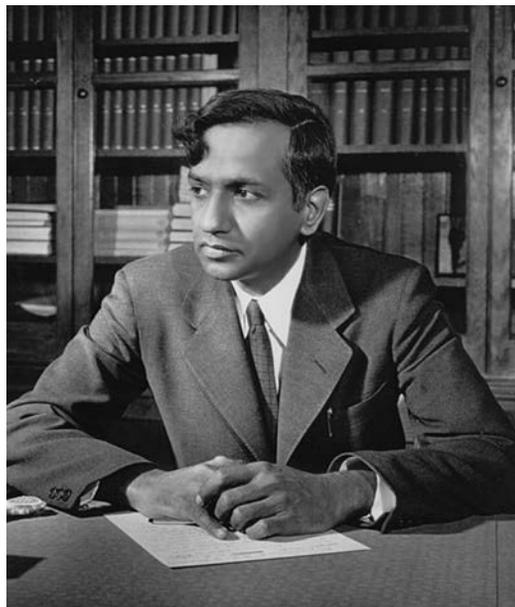
В ранних исследованиях (1929–1939 гг.), продолжая работы Г. Лейна, Р. Эмдена и А. Эддингтона, Чандрасекар изучил свойства звезд с точки зрения общих физических законов,



*С. Чандрасекар с женой Лалитой в обсерватории Макдональда Техасского университета. 1939 г.*

рассмотрел свойства вещества, формирующегося под действием огромных температур и давления звездных недр. Разработал теорию механического равновесия белых карликов на основе точного уравнения состояния для полностью вырожденного газа, рассмотрел звездные конфигурации с вырожденным ядром. В конце 1930-х гг. – начале 1940-х гг. создал полную теорию эволюции и внутреннего строения массивных звезд. В своей монографии “Введение в учение о строении звезд” (1939, пер. на русск. в 1950) строго и последовательно изложил теорию внутреннего строения звезд, рассмотрел физическое состояние вещества и излучения внутри звезд.

В 1942 г. совместно с бразильским физиком М. Шёнбергом изучил звездные конфигурации с различным химическим составом в ядре и в оболочке, определил предел для изотермического ядра звезды, с превышением которого начинают протекать термоядерные реакции в сферическом слое вне ядра звезды (предел Шёнберга–Чандрасекара); эта теория легла в основу моделей строения красных гигантов. Ученый проанализировал процессы



*Профессор Чикагского университета.  
Конец 1940-х гг.*

переноса излучения в звездных атмосферах, предложил методы решения уравнений, используемых для их описания; разработал математический аппарат теории черных дыр и использовал его для проверки устойчивости этих объектов.

После работ по изучению внутреннего строения звезд Чандрасекар в книге "Принципы динамики звезд" (1942, пер. на русск. в 1948), исходя из закона всемирного тяготения, на основе классической механики построил теорию звездной динамики и вывел все возможные при таком подходе следствия. Рассмотрел особенности динамического трения, замедление движения любой звезды в галактике из-за гравитации окружающих звезд. В его монографии "Стохастические проблемы в физике и астрономии" (1943, пер. на русск. в 1947) изложены исследования по теории случайных марковских процессов и ее применению в разделах физики и астрономии. Особый интерес для ученых в книге представляет

вопрос о статистике гравитационного поля, происходящего от случайного распределения звезд во Вселенной.

Во время Второй мировой войны он служил консультантом военного министерства США на испытательном полигоне в Абердине (штат Мэриленд). Чикагский университет принял участие в манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы, и Чандрасекар тоже внес свой вклад, работая вместе с Э. Ферми, Дж. Франком и другими.

В период между 1943 г. и 1950 г. он развивал теорию переноса излучения в атмосферах звезд и планет – важную для понимания звездной атмосферы, яркости и образования спектральных линий. Свои исследования подытожил в труде "Перенос лучистой энергии" (1950, пер. на русск. в 1953). Чандрасекар сформулировал ряд основных задач теории и получил решения дифференциальных уравнений переноса – в частности, с учетом поляризационных эффектов; рассчитал таблицы основных специальных функций теории переноса излучения; предложил эффективный приближенный метод решения уравнения переноса дискретных ординат, ставший основой большинства современных численных методов; получил первые надежные оценки коэффициента поглощения отрицательного иона водорода – главного источника непрозрачности в атмосферах звезд промежуточных классов.

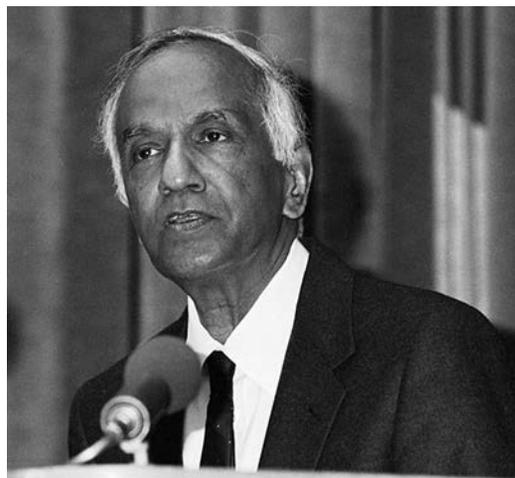
Кроме перечисленных областей наук, он занимался гидродинамикой и гидродинамической устойчивостью (1952, 1961), равновесием и устойчивостью эллипсоидальных фигур вращения (1961, 1968), а также общей теорией относительности и релятивистской астрофизикой (1962, 1971). В области гидродинамики ученый рассмотрел процессы конвекции, решил проблему устойчивости конвективных движений в жидкости в присутствии магнитного поля и без него. Применил (совместно с Н. Лебовицем) разработанный им вириальный метод решения некоторых



*Президент США Л. Джонсон вручает С. Чандрасекару медаль “За научные достижения” Национального научного фонда США. Вашингтон, 1966 г.*

гидродинамических задач (монография “Гидродинамическая и гидромагнетическая стабильность”, 1961 г.), что позволило получить новые результаты в теории эллипсоидальных фигур равновесия вращающейся гравитирующей жидкости и в теории их устойчивости (монография “Эллипсоидальные фигуры равновесия”, 1968 г., пер. на русск. в 1973 г.).

Чандрасекар в своих исследованиях точно ставил конкретную задачу, описывая физическую модель со всеми гипотезами и ограничениями; ему удавалось связывать математические термины и модели с их “физическим содержанием”. Эти работы не устарели и сейчас, они по-прежнему составляют основу для их развития.



*С. Чандрасекар выступает с лекцией. 1970-е гг.*



*Основоположники теоретической астрофизики В.А. Амбарцумян и С. Чандрасекар на симпозиуме “Принцип инвариантности и его приложения”. Бюракан, Армения. Октябрь 1981 г.*

Аналогичный стиль изложения результатов присущ выдающимся советским теоретикам-астрофизикам – академику В.А. Амбарцумяну и его ученику академику В.В. Соболеву. С. Чандрасекар, В.А. Амбарцумян и В.В. Соболев – основатели теоретической астрофизики. По случаю своего 80-летия (1988 г.) В.А. Амбарцумян получил личное поздравление от Чандрасекара с признанием заслуг советского ученого. Чандрасекар дважды побывал в СССР – в 1934 г. и в 1981 г. Как почетный гость Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения) он принял участие в международном симпозиуме “Принцип инвариантности и его приложения”, который проходил с 26 по 30 октября 1981 г. По окончании форума Чандрасекар выступил с лекциями на встречах в Москве (ГАИШ МГУ) и в двух обсерваториях Ленинграда.

Только в начале 1960-х гг. идеи Чандрасекара получили более широкое распространение. Особенно веским аргументом в их поддержку явилось

открытие пульсаров Нобелевским лауреатом 1974 г. Э. Хьюишем и его сотрудниками (Земля и Вселенная, 1971, № 1).

В 1974–1983 гг. Чандрасекар разработал теорию черных дыр. В монографии “Математическая теория черных дыр” (1983 г., в 2-х частях, пер. на русск. в 1986 г.) он развил математический аппарат и рассмотрел устойчивость этого типа звезд, построил теорию поля сверхмассивных тел, включая тест возмущений их электромагнитного и гравитационного полей. В ней он рассмотрел геометрию искривленного пространства–времени, привел альтернативные подходы к описанию невращающихся черных дыр, обобщил результаты исследований вращающихся заряженных черных дыр.

В 1983 г. Чандрасекар был награжден Нобелевской премией по физике “За теоретические исследования физических процессов, играющих важную роль в строении и эволюции звезд”. Он разделил награду с Уильямом Фаулером, получившим премию за экспериментальные исследования ядерных реакций, лежащих в основе формирования химических элементов во Вселенной. В своей речи Чандрасекар процитировал несколько поэтических строк Рабиндраната Тагора, в которых говорится о необходимости свободы для творческой деятельности: *“Есть две вещи, которые обо мне мало кто знает. Я никогда не брался за эффектные в том или ином смысле темы... и всегда работал в областях, которые, пока я там работал, не привлекали особого внимания. Успех можно понимать двояко. Успех, как его видят другие? Или успех, как ты видишь его сам? А если успех – это оценка извне, как ее измерить? Очень часто внешний успех оказывается ошибкой, приходит не туда и не за то. Как о нем вообще можно говорить? Сторонний наблюдатель может решить, что я добился успеха, потому что о некоторых*

аспектах моей работы пишут другие люди. Но это всего лишь суждение извне. И я понятия не имею, как его взвесить. Я не руководствуюсь стремлением к успеху. Успех – это противоположность неудачи. Но ни одно сознательное действие в нашей жизни не сводится к одному только успеху или к неудаче. Что такое успех? Ты берешь задачу и хочешь ее решить. Решаешь, и в каком-то смысле это и есть успех. Но что, если задача была тривиальна? Поэтому я никогда не стал бы серьезно рассуждать об успехе, ни в каком смысле”.

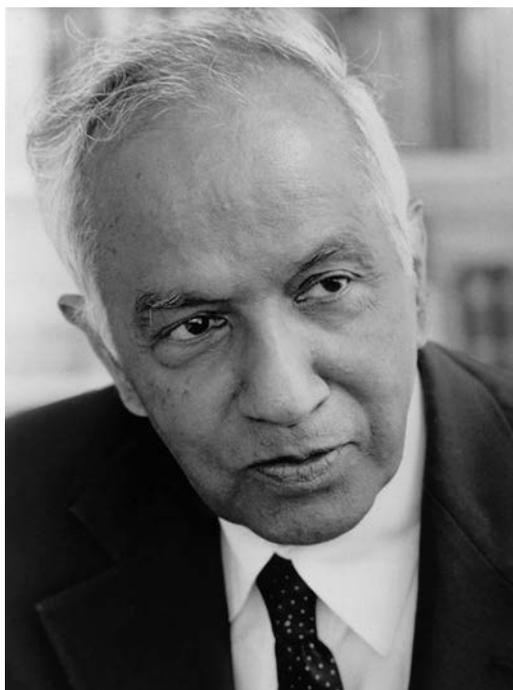
Нобелевская лекция Чандрасекара “О звездах, их эволюции и устойчивости” опубликована в русском переводе в журнале “Успехи физических наук” (1985. Т. 145. Вып. 3. С. 489). В последних словах его лекции прозвучало: «Математическая теория черных дыр – предмет чрезвычайной сложности. Но ее изучение убедило меня в справедливости древних изречений: “Простота – признак справедливости” и “Красота – привилегия истины”».

Чандрасекар, помимо Нобелевской, был удостоен и другими премиями: “Гиббсовская лекция” (1946), Генри Рассела (1949), Румфорда (1957), “Силлимановская лекция” (1962), Падма Вибушан (1968), Дэнни Хайнемана (Американского физического общества в области математической физики, 1974), Томалла (за выдающиеся достижения в общей теории относительности и гравитации, 1981), А. фон Гумбольдта (в области гравитационной физики и астрофизики, 1994), Марселя Гроссмана (1994).

Ученый-астрофизик награжден медалью Кэтрин Брюс Тихоокеанского астрономического общества (1952), золотой медалью Королевского астрономического общества (1953), медалью Румфорда Американской академии наук и искусств (1957), медалью Лондонского королевского общества (1962), национальной научной медалью США “За научные достижения” (1966),



*Вручение Нобелевской премии С. Чандрасекару королем Швеции Карлом XVI Густавом. Стокгольм, 1983 г.*

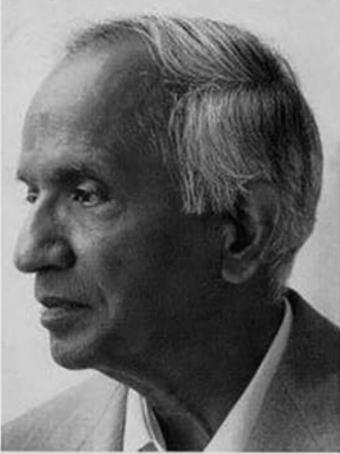


*С. Чандрасекар в последние годы жизни.*

# S. Chandrasekhar

## The Man Behind the Legend

Editor: **Kameshwar C. Wali**



Imperial College Press

Обложка биографической книги “С. Чандрасекар”, написанной К. Вали (1997 г.).

медалью Национальной академии наук США – Г. Дрэпера (1971), медалями Копли (1984) и Карла Шварцшильда (1986).

Чандрасекар был не только известным научным деятелем, но и прекрасным педагогом, многосторонним человеком, обладающим глубокими познаниями не только в астрофизике, но и в литературе, в музыке. В редкие часы досуга он слушал классическую музыку или много читал.

На протяжении 20 лет (1951–1972 гг.) был главным редактором “Астрофизического журнала” (“Astrophysical Journal”), желая популяризировать астрофизику. В последний год жизни издал научно-популярную книгу “Принципы Ньютона для читателя” (1995). В начале 1940-х гг., работая, в основном, в Йеркской обсерватории, он каждую неделю проезжал более 160 км для того, чтобы читать лекции двум своим

студентам и диссертантам Цзундао Ли и Чжэньнин Янг, получившим в 1957 г. Нобелевскую премию по физике. Чандрасекар был знаком, общался и переписывался с великими учеными XX в.: Н. Бором, Э. Ферми, Э. Паули, П. Дираком, А. Эддингтоном, Р. Оппенгеймером (научный руководитель Манхэттенского проекта); с А.И. Зоммерфельдом, Э. Милном, Дж. Франком и другими.

В 1991 г. Чандрасекар оставил памятную надпись на стене комнаты Группы релятивистской астрофизики в Римском университете “Ла Сапиенца”.

Субрахманьян Чандрасекар – один из величайших астрономов мира – умер 21 августа 1995 г. в госпитале Чикагского университета от остановки сердца (Земля и Вселенная, 1996, № 1).

В 1985 г. в честь Чандрасекара Международный астрономический союз назвал малую планету 1970 SB – “Чандра” (“Chandra”). Имя ученого получила также космическая обсерватория NASA, запущенная на околоземную орбиту в 1999 г. (Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 59–60; см. статью [\[М.Г. Ревнивцева\]](#) и А.А. Лутовинова в этом номере журнала).

Чикагский университет издал избранные научные труды С. Чандрасекара в 6-ти томах (1989–1996), 7-й том содержит очерки по философии науки и эстетике и личные заметки, вошедшие в последнюю монографию Чандрасекара, посвященную философии эстетики в науке: “Истина и красота: эстетика и мотивация в науке” (1987).

Изданы биографии Чандрасекара: К. Вали “Чандра” (1991), Ю. Паркер “Чандрасекар. Мемориальные биографии Национальной академии наук США” (1995). К 100-летию С. Чандрасекара была издана его научная автобиография (редактор К. Вали, 2010) с увлекательными комментариями, выдержками дискуссий, с оценками, примерами личного общения ученого; они погружают читателя в атмосферу той эпохи – эпохи высших достижений в теоретической физике и астрофизике.

С.А. ГЕРАСЮТИН

---

## Информация

---

### Рассвет новой эры сверхновой 1987А

23 февраля 1987 г. астрономы обнаружили одну из самых ярких сверхновых SN1987A, которая пылала ярче, чем 100 миллионов Солнц на протяжении нескольких месяцев после открытия. С тех пор звезда продолжает восхищать астрономов впечатляющими световыми вспышками. Ближайшая к нам сверхновая SN1987A (тип II) расположена в Большом Магеллановом Облаке на расстоянии примерно в 168 тыс. св. лет от Земли. На основе радиоизображений обсерватории ALMA и снимков, полученных с помощью KTX и космической обсерваторией “Чандра” (см. стр. 1 обложки), созданы объемное изображение и динамическая модель этой сверхновой.

Начиная с 1990 г., SN1987A находится под пристальным вниманием

ученых; зафиксированы последние стадии звездной эволюции, указывающие на то, что она прошла важный рубеж. Оказалось, что у сверхновой есть два светящихся в рентгеновском диапазоне плотных кольца, образовавшихся при слиянии двух звезд, когда высокоскоростной звездный ветер столкнулся с медленным ветром, созданным на более ранней фазе голубого сверхгиганта массой 17  $M_{\odot}$ . Плотное кольцо газа вокруг сверхновой диаметром около светового года уже находилось там, по крайней мере, за 20 тыс. лет до взрыва звезды. Вспышка ультрафиолетового излучения от взрыва “зарядила” газ в кольце и заставила его светиться много десятилетий. Центральная структура внутри кольца увеличилась примерно до 0,5 св. года. В 2001 г. остатки вещества от взрыва разлетелись со скоростью более 7 тыс. км/с и достигли внутреннего кольца, это стало причиной его нагрева и генерации рентгеновского излучения; с 2001 г. по 2009 г.

поток которого от кольца увеличился в три раза. Собранные в 1999–2017 гг. обсерваторией “Чандра” данные показали, что расширяющееся внешнее кольцо неуклонно становилось ярче. В последние несколько лет яркость кольца в рентгеновских лучах перестала расти. В 2013–2015 г. нижняя левая часть кольца стала исчезать, ударная волна переместилась за его пределы, в область с меньшей плотностью газа. Пока на месте вспышки сверхновой никакого компактного объекта (нейтронной звезды или черной дыры) не обнаружено.

Сверхновые вызывают формирование новых звезд из сброшенного ими при взрыве плотного газа, обогащенного углеродом, азотом, кислородом и железом – это основные компоненты всех известных форм жизни. Будущие наблюдения SN1987A должны дать уникальную возможность заглянуть в начальную стадию этого процесса.

*Пресс-релиз NASA,  
24 февраля 2017 г.*

---

## Информация

---

### Открытие новой формы звездообразования

Недавно группой европейских астрономов с помощью спектроскопических инструментов – приемников MUSE и X-shooter, установленных на 8,2-м телескопе VLT Европейской Южной Обсерватории (ESO) – выполнены исследования двух сталкивающихся галактик. Зарегистрированы колоссальные

извержения вещества из ядра одной из двух галактик в окрестности сверхмассивной черной дыры; впервые обнаружено рождение звезд (см. стр. 3 обложки, сверху).

Получено изображение одной из звезд – IRAS F23128–5919 – находящейся на расстоянии 600 млн св. лет от нас. В этой области пространства звезды возрастом в несколько десятков миллионов лет с очень высокими скоростями движутся в направлении от центра галактики, что естественно для объектов,

находящихся в мощном потоке выбрасываемого из ядра вещества. В результате излучения молодых звезд возникают ударные волны в газе, и активное галактическое ядро заставляет окружающий газ светиться.

Наблюдения подтвердили, что звезды могут образовываться в экстремальных условиях внутри мощных выбросов вещества из сверхмассивных черных дыр, которые “прячутся” в ядрах большинства галактик. В процессе поглощения

окружающего их вещества они разогревают его и выбрасывают часть вещества наружу в виде мощных плотных потоков звездного ветра; при этом выделяется гигантское количество энергии в активных турбулентных центральных областях галактик.

*“Астрономы давно предполагают, что условия внутри таких потоков могут оказаться подходящими для образования звезд, но никто пока не наблюдал этого в действительности – это крайне сложная наблюдательная задача. Звезды, которые формируются в потоках ветра вблизи галактического*

*центра, могут замедляться и даже начинать двигаться в направлении “на центр”, но звезды, которые образуются в выбросе, испытывают меньшее торможение и даже могут навсегда покинуть свою галактику. Наши наблюдения замечательны именно тем, что они однозначно доказывают: внутри истечений вещества из черных дыр действительно формируются звезды”*, – прокомментировал открытие Р. Майолино, руководитель одной из групп Кембриджского университета.

Открытие должно заметно изменить наши

представления о свойствах и эволюции галактик. Оно обещает стимулировать развитие некоторых областей астрофизики: например, решение проблем приобретения галактиками определенной формы; ответить, каким образом происходит обогащение межгалактического пространства тяжелыми элементами и откуда может выделяться космическое инфракрасное фоновое излучение (схожее с микроволновым “реликтовым” фоном). Результаты исследования публикуются в журнале “Nature”.

*Пресс-релиз ESO,  
27 марта 2017 г.*

---

## Информация

---

### **КТХ: самая большая звезда нашей Галактики**

С помощью Космического телескопа им. Хаббла сфотографирован регион с множеством крупных по размерам звезд; среди них – самая большая звезда Млечного Пути Westerlund 1–26, находящаяся на расстоянии в 15 тыс. св. лет от нас в созвездии Жертвенника (см. стр. 4 обложки). Она по размеру чуть больше, чем орбита Юпитера; в 1,5 тысячи раз больше Солнца, а ее светимость – в 380 тыс. раз. Массу звезды сложно установить из-за большой активности светила и невысокой плотности внешних ее оболочек, однако астрономы предполагают, что она превышает солнечную в несколько десятков раз. Эта звезда, как рассказывают ученые; находится внутри крупного су-

перскопления Westerlund 1 – семейства из нескольких тысяч очень молодых и необычайно крупных звезд, чей средний возраст составляет всего 4–5 млн лет. В этой “звездной семье” присутствуют несколько крупных желтых гипергигантов и красных сверхгигантов, а также десятки необычно активных звезд Вольфа–Райе и множество “обычных” гигантов, чья масса в десятки раз выше солнечной. Несмотря на молодость скопления, многие звезды в нем уже достигли “преклонных лет жизни” или уже окончили свое существование, так как крупные светила эволюционируют в течение всего лишь нескольких миллионов лет.

Ярким представителем этого класса “пожилых гигантов” является крупнейшая звезда скопления – красный сверхгигант Westerlund 1–26. В октябре 2013 г. с помощью телескопа VLT вокруг него обнаружено облако ионизованного

водорода размером 1,3 пк. Если бы это скопление не закрывали от нас газопылевые облака, то тогда Westerlund 1–26 и ее соседки были бы самыми яркими звездами на небосводе. Одним из главных открытий последних лет стало обнаружение огромного количества материи, выбрасываемой гигантом в окружающую среду; поэтому он “окружил себя” мантией из раскаленной плазмы. Последние расчеты астрофизиков показывают, что выбросы Westerlund 1–26 распространились на расстояние, составляющее примерно 4 св. года, сформировав туманность.

Дальнейшие наблюдения за Westerlund 1–26 и другими необычными звездами в Westerlund 1, как надеются ученые, помогут понять – какую роль играют такие крупные сверхскопления в формировании и эволюции галактик.

*Пресс-релиз  
ESA, NASA,  
6 марта 2017 г.*

## Памяти Георгия Михайловича Гречко

8 апреля 2017 г. в Москве на 86-м году жизни скончался Георгий Михайлович Гречко (34-й космонавт, 75-й астронавт мира) – дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, ученый, инженер-конструктор.

Георгий Михайлович родился 25 мая 1931 г. в Ленинграде. Прочитав книги Я.И. Перельмана “Межпланетные путешествия” и Н.А. Рынина

“Межпланетные сообщения” в 3-х томах, увлекся космонавтикой. В 1955 г. с отличием окончил Ленинградский механический институт, работал инженером-конструктором в ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва). В конце 1950-х гг. участвовал в экспедиции к месту падения Тунгусского метеорита; учился в аэроклубе, летал на планерах и самолетах, прыгал с парашютом.

Г.М. Гречко участвовал в запуске первого ИСЗ, в расчетах и выборе траекторий полетов первых пилотируемых кораблей, в работах на стартовых площадках космодрома Байконур. В 1966 г. зачислен в отряд космонавтов-испытателей ЦКБЭМ первого набора (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва). Во время одного из парашютных прыжков сломал ногу, был отстранен от тренировок; в это время он занимался спортом и работал над диссертацией. В 1968 г. вновь стал готовиться к полетам. Тогда же защитил кандидатскую диссертацию, посвященную новой методике расчета полетов АМС на Луну. В 1968–1982 гг. готовился в составе экипажей КК “Союз-9 и -12” по лунной программе и программам длительных экспедиций на орбитальных станциях “Салют-2,-3,-4 и -6”.

Г.М. Гречко выполнил три полета в космос в качестве бортинженера общей длительностью 134 сут 20 ч 32 мин: 11.01–9.02.1975 г. на ОС



*Космонавт Г.М. Гречко. 1975 г.*



*Экипаж 5-й основной экспедиции на борту орбитальной станции "Салют-7": В.В. Васютин, Г.М. Гречко, В.П. Савиных, А.А. Волков и В.А. Джанибеков. 18 сентября 1985 г.*

"Салют-4" (КК "Союз-17"), 10.12.1977 г. – 16.03.1978 г. на ОС "Салют-6" (КК "Союз-26/27") и 17–26.09.1985 г. на ОС "Салют-7" (КК "Союз Т-14/13"). Совершил выход в открытый космос длительностью 1 ч 28 мин.

В 1984 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук; Г.М. Гречко – автор 28 научных публикаций.

В 1985 г. проходил подготовку к полету в основном экипаже в качестве



*Г.М. Гречко с доктором физико-математических наук А.С. Гурвичем. Обсуждение материалов докторской диссертации космонавта. 1984 г.*

бортинженера краткосрочного полета на ОС "Салют-7". В 1986 г. ушел из отряда космонавтов.

Георгий Михайлович был кандидатом в мастера по автомобильному спорту, имел 2-й разряд по планеризму, 3-й разряд по самолетному спорту, 2-й разряд по стрельбе из винтовки и пистолета. Вместе с космонавтом А.А. Губаревым снял на станции "Салют-4" научно-популярный фильм "Командировка на орбиту". В 2014 г. опубликовал книгу воспоминаний "Космонавт № 34. От лучины до пришельцев".

В 1992–1997 гг. Георгий Михайлович заведовал лабораторией "Исследования атмосферы Земли космическими средствами" в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.

С 1997 г. он – заместитель председателя наблюдательного совета "Банка инвестиций и сбережений", с 2007 г. – член совета директоров ОАО "Инвестсбербанка" ("ОТП Банк").

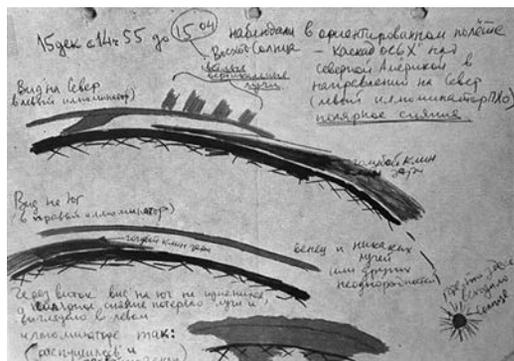
Г.М. Гречко был заместителем председателя Советского комитета защиты мира, президентом Ассоциации планетариев России. В 2002–2008 гг. возглавлял Северо-западную межрегиональную общественную организацию Федерации космонавтики РФ. Награжден тремя орденами Ленина, Золотой медалью им. К.Э. Циолковского (АН СССР), медалью "За заслуги в освоении космоса", орденом "Роза ветров" Международного комитета по аэронавтике и космическим полетам, другими орденами и медалями (в том числе иностранными); лауреат Государственных премий Украины и Эстонии; Герой Чехословакии; Почетный гражданин ряда городов России, Болгарии и Чехии.

РАБОТА Г.М. ГРЕЧКО В ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. А.М. ОБУХОВА РАН

Второй космический полет Георгия Михайловича Гречко, продолжавшийся с 10 декабря 1977 г. по 16 марта 1978 г., был отмечен рядом важных

наблюдений за свойствами атмосферы (Земля и Вселенная, 1978, № 2, с. 2–4; 1978, № 3, с. 2–5). Наблюдения велись с борта орбитальной станции “Салют-6”: Г.М. Гречко, выполняя визуальные наблюдения верхних слоев атмосферы (делал зарисовки восхода Солнца и звезд в бортжурнале), заметил мерцания звезд. После возвращения на Землю Георгий Михайлович познакомился с заведующим лабораторией Института физики атмосферы АН СССР доктором физико-математических наук профессором Александром Сергеевичем Гурвичем, которого заинтересовал вопрос о мерцаниях звезд. Дело в том, что по существовавшим тогда представлениям, мерцания звезд, вызванные атмосферной турбулентностью, не должны были быть заметны невооруженным глазом. Теория турбулентности, развитая советскими математиком А.Н. Колмогоровым и геофизиком академиком А.М. Обухова, предполагает изотропию неоднородностей – иными словами, у этих неоднородностей нет выделенного направления, и их характерные размеры по всем направлениям в среднем одинаковы. Г.М. Гречко также выполнил ряд зарисовок контура Солнца: на нем при наблюдении через атмосферу возникали характерные “ступеньки” вследствие рефракционных искажений (Земля и Вселенная, 1981, № 2). Все эти наблюдения приводили к выводу, что, помимо изотропных турбулентных неоднородностей, в атмосфере существует другой вид структур, для которых характерно наличие выделенного направления; они называются анизотропными и имеют форму горизонтальных “блинов”. В 1980 г. А.С. Гурвичем в соавторстве с Г.М. Гречко и Ю.В. Романенко была опубликована статья, в которой впервые была высказана и обоснована идея присутствия в атмосфере двух видов неоднородностей: изотропных и анизотропных.

С 1981 г. по 1983 г. Г.М. Гречко работал над диссертацией «Оптические



Страница бортжурнала с наблюдениями, выполненными 15 декабря 1977 г. на орбитальной станции “Салют-6”. Рисунок Г.М. Гречко.

исследования земной атмосферы, ионосферы и астрофизических объектов с пилотируемых орбитальных станций “Салют”» в докторантуре при Институте астрофизики и физики атмосферы АН ЭССР в Тарту. В 1984 г. Георгию Михайловичу было присвоено звание доктора физико-математических наук. В 1986 г. в ИФА АН СССР организована Лаборатория исследования атмосферы космическими средствами под руководством Г.М. Гречко, впоследствии ее переименовали в Лабораторию дистанционной рефрактометрии. Эту лабораторию Георгий Михайлович возглавлял до 1992 г.; за время ее существования под его научным руководством защищены три кандидатские диссертации.

Конец 1980-х гг. – начало 1990-х гг. выпали на период начала “перестройки” – очень трудного времени для науки. Г.М. Гречко осознавал важность развития коммуникационных и компьютерных технологий. Его высокий авторитет, энергичность и настойчивость позволяли добиваться решения ряда организационных и финансовых вопросов. Так в лаборатории появился терминал сети передачи данных “ПД-200” и первые персональные компьютеры – от 8-битовых “Правец-8” до IBM PC-XT,



Одно из посещений Г.М. Гречко Мемориального музея космонавтики. 2010-е гг.

на которых был выполнен ряд научных расчетов. В лаборатории появилась электронная почта, которой пользовался в те годы весь Институт.

---

## Информация

---

### Обширные магнитные поля во Вселенной

Немецкие астрономы с помощью 100-м Эффельсбергского радиотелескопа наблюдали несколько скоплений галактик. Около их границ обнаружены магнитные поля, демонстрирующие свою исключительную упорядоченность на протяжении 5–6 млн св.

лет, это – самые обширные структуры такого рода во Вселенной.

Скопления галактик являются крупнейшими гравитационно связанными объектами во Вселенной. Столкновения между ними приводят к ударному сжатию наполняющего их горячего газа и магнитных полей. В результате образуются дугообразные структуры, называемые “реликтами” (relics); они отличаются своим радио- и рентгеновским излучением. Сжатие магнитных полей приводит к упорядочению силовых линий, что

Георгий Михайлович Гречко был человеком глубоко порядочным, принципиальным, обладал неиссякаемым оптимизмом и чувством юмора. Он обладал огромной работоспособностью и природной любознательностью. Широчайший спектр его интересов охватывал множество направлений – от науки и искусства до спорта, вплоть до поиска внеземных цивилизаций.

В настоящее время в ИФА им. А.М. Обухова РАН работает Лаборатория турбулентности и распространения волн (“преемница” Лаборатории дистанционной рефрактометрии), в которой продолжают научные исследования, связанные с космическим зондированием атмосферы Земли.

*М.Е. ГОРБУНОВ,  
доктор физико-математических наук  
Е.А. ЛИТВИНОВА,  
ведущий инженер  
А.В. ШМАКОВ,  
кандидат физико-математических наук  
Институт физики атмосферы  
им. А.М. Обухова РАН*

также оказывает влияние на испускаемые радиоволны; излучение становится линейно поляризованным. С момента их первого открытия в 1970 г. и до настоящего времени эти структуры были обнаружены примерно в 70 скоплениях галактик, однако на самом деле их может быть намного больше, считают ученые. “Реликты” указывают на гигантские газовые потоки, которые непрерывно формируют структуру Вселенной.

*Журнал  
“Astronomy & Astrophysics”,  
23 марта 2017 г.*

## **Роль взвешенных аэрозольных частиц в глобальных процессах в атмосфере**

Л.С. ИВЛЕВ,

доктор физико-математических наук

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова,  
Санкт-Петербург

---

С 21 по 25 мая 2016 г. в Санкт-Петербурге проходила юбилейная 10-я Международная конференция “Естественные и антропогенные аэрозоли”, совмещенная с региональной конференцией “Естественные и антропогенные аэрозоли России”. Она была приурочена к 80-й годовщине известного ученого в области физики и химии атмосферных аэрозолей, профессора, главного научного сотрудника Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова Л.С. Ивлева. Первая конференция проходила 21–23 мая в Георгиевском зале Госуниверситета аэрокосмического приборостроения – старинном здании, построенном для ветеранов войн после победы русского флота в Чесменском сражении; вторая конференция – продолжение первой – состоялась 24–25 мая в помещении Русского географического общества. На всех этапах проведения этих мероприятий в них приняли участие примерно 150 представителей научной общности России, Китая, США,

Германии, Украины, Белоруссии, Таджикистана. Участвовали регионы России: Москва, Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Томск, Восточная Сибирь (Иркутская область), Архангельск, Ростовская область, Крым.

На открытии Конференции проректор по научной и инновационной деятельности профессор **Е.А. Крук** (Государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург; ГУАП) поздравил юбиляра с 80-летием, пожелал ему здоровья и больших творческих успехов.

По актуальности рассматриваемых вопросов и уровню их решения представленные на конференциях доклады отвечали самым высоким научным требованиям, что соответствовало названию обеих конференций. Влияние аэрозолей, начиная с частиц нанометрового диапазона и кончая капельными частицами в облаках, на физико-химические процессы в окружающей среде

и свойства последней, особенно для атмосферы, весьма существенно. Наиболее актуальная и злободневная в настоящее время проблема изменения глобального климата, тесно связанная с генерацией аэрозолей естественного (почвенная пыль, биогенные, сульфатные и сернокислотные частицы, продукты вулканических извержений) и антропогенного происхождения (сернокислотные, золы и углеродные частицы, продукты истирания движущихся конструкций), влияющих на экологическое состояние окружающей среды, широко обсуждалась на большинстве заседаний. Участники конференций внесли определенные коррективы, в частности, в тематику проблем противодействия вредным влияниям аэрозолей. Увеличилась доля докладов, посвященных этой проблеме и влиянию на данный процесс атмосферных аэрозолей: пылевые бури, извержения вулканов, облакообразование, электрорискообразование, электорискообразование. Более детально исследовались

возможные целенаправленные воздействия на климат и технология искусственных воздействий на природную среду. Конференции проходили по следующим научным направлениям:

– климат Земли и активные воздействия на природную среду (15 докладов включены в “Труды” конференции);

– вода и фазовые переходы (9);

– оптические свойства аэрозолей и облаков, дистанционное зондирование (13);

– озон, примесные газы, гетерогенные реакции (8);

– физико-химия и динамические процессы (10);

– атмосферные загрязнения и общая экология (9);

– аппаратура и методика измерений (6);

– вопросы мироздания (7).

Таким образом, были представлены 94 доклада, из которых в “Сборник” конференции вошли 69 статей. Более четверти всех докладов касались вопросов погоды и климата и воздействия на них. Наиболее общие и фундаментальные вопросы были рассмотрены в докладах академика Армянской национальной академии, доктора физико-математических наук **С.В. Авакяна** (Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова), доктора физико-математических наук **О.М. Покровского** (Российский гидрометеорологический университет, РГМУ) и включенной в “Сборник” работе доктора физико-математических наук **Г.М. Крученицкого** (Центральная аэрологическая обсерватория).

Ведущая роль океана в формировании климата Земли обусловлена ее теплоемкостью, примерно в тысячу раз превышающей теплоемкость атмосферы.



*Академик С.В. Авакян.*

Определенная идеализация есть в распространенной концепции механизма “термохалинной” циркуляции океана, возникающей в результате перепадка плотности воды, вследствие неоднородности распределения температуры и солености в океане. Например, в работах немецкого профессора океанолога К. Вюнша демонстрируется, что ячейки меридиональной циркуляции в каждом из океанов – Тихом, Атлантическом и Индийском есть меняющийся зональный размер, составляющий всего несколько десятков километров. Это существенно затрудняет моделирование динамики океана на основе модели общей циркуляции атмосферы и океана, основанной на конечно-разностных аппроксимациях уравнений гидротермодинамики, описываемых равномерной метрикой пространства. В океане постоянно возникают температурные аномалии и вихревые движения, которые характеризуются меняющимися масштабами процессов, влияющими на дальнейшую эволюцию концентрационных полей. Вследствие этого наблюдаются

существенные расхождения между экспериментальными измерениями и результатами моделирования температурных полей в океане. В этом докладе представлены тренды рядов годовых значений температуры воздуха в центральной Англии и чисел Вольфа в 1700–2000 гг., свидетельствующие о неопределенности прогноза климатических характеристик по имеющимся данным.

В своем выступлении академик **С.В. Авакян** рассмотрел формирование конденсационных дымок в тропосфере вследствие изменения скорости процесса диссоциативной рекомбинации кластерных ионов, происходящей под влиянием потока микроволнового (СВЧ) радиозлучения ионосферных ридберговских электронов, находящихся в высоковозбужденном состоянии. Возникающая при этом дымка в виде “молодых” перистых облаков вызывает уменьшение оптической прозрачности нижней атмосферы для уходящего в космос потока тепловой радиации подстилающей поверхности.

Опыт разработки и эксплуатации современных операционных систем, реализующих расчеты по климатическим моделям, показывает, что для устранения ошибок и сбоя в них требуются сотни миллионов человеко-часов тестирования. Это на несколько порядков превышает реальный ресурс для отладки климатических моделей. Достоверность получаемых с помощью этих моделей данных позволяет, в частности, утверждать об отсутствии научного обоснования антропогенной природы наблюдаемых климатических изменений, по мнению



*В.И. Уйбо сообщил об атмосферных осадках исации воздуха летом 2014 г. в Московской области.*

Г.М. Крученицкого. Таким образом, проблема прогноза климата по-прежнему не решена.

Особый интерес представляют работы по методологии коррекции метеословий (авторы работы: доктор физико-математических наук **С.П. Перов**, научный сотрудник Международной академии народной дипломатии **В.И. Уйбо**, доктор физико-математических наук **Л.С. Ивлев** и кандидат химических наук **В.П. Челибанов**), в которой используется хорошо известный “эффект бабочки” Э. Лоренца. Предсказуемость: может ли взмах крыльев бабочки в Бразилии вызвать торнадо в Техасе? Кандидат технических наук **Ю.П. Михайловский** (Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова) и **В.И. Уйбо** предложили различные технологии воздействия на природную среду (в частности, введение химических реагентов и заряженных частиц).

В нескольких докладах представлены результаты совместных искусственных

воздействий на атмосферные, сейсмические и гидрологические процессы. Работы по изучению роли глубинных вод в климатических процессах и по образованию флюидного пузыря под корой США выполнил **Л.С. Ивлев**. Академик Национальной академии Таджикистана, доктор физико-математических наук **С.Х. Негматуллаев** сообщил новые сведения об аномальном “поведении” оптических и микрофизических характеристик атмосферы перед землетрясением. Анализ появления озоновой дыры над Россией зимой 2016 г., по данным **Л.И. Сыроваткина** (МГУ), провела группа по изучению искусственных воздействий на окружающую среду (Л.С. Ивлев, С.П. Перов, В.И. Уйбо, В.П. Челибанов). Кандидаты физико-математических наук **Т.Б. Цыркина** и **Л.А. Обвинцева** (Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова; НИФХИ) представили обзорную работу по гетерогенной гибели молекул озона. Определенный интерес получил примыкающий к этой проблематике доклад кандидата физико-математических наук **Г.Д. Федоровского** (СПбГУ) – об атомно-термо-флуктуационной природе прочности гетерогенных систем.

В физике принято считать, что законы сохранения массы и количества движения обязаны выполняться в пространстве искомого решения. Это возможно в динамически замкнутых системах, по массе и количеству движения. В геофизике и астрофизике пространство, в котором формализуется динамическая система, часто имеет “открытые границы”, а тогда и физические

“источники” и “стоки” массы, количество движения должны “входить в решение” по постановке математической задачи. Предлагаются постановки краевых задач моделирования таких систем. Например, при вычислении приливо-отливных движений жидкости краевые условия на свободной границе задают колебания жидкости (гармоники амплитуд и фаз); эти данные являются “источником” движения и, таким образом, и решателем краевой задачи.

Предлагаемые в докладе кандидатом физико-математических наук **В.Н. Молчановым** (СПбГУ) уравнения движения относятся к предельным обобщениям механики вязкой несжимаемой жидкости. В написании новых уравнений движения добавлен косинус-проектор ускорения силы тяжести на “горизонтальную ось декартовых координат” – подложку наклоненного движения водотока. Этот проектор был запущен Л. Эйлером, Д. Бернулли и их последователями.

Чрезвычайно интересным и важным стала обсуждаемая на конференции проблема “Вода и фазовые переходы”. На основе результатов анализа получаемых электронно-колебательных переходов энергетических характеристиках в атомно-молекулярных структурах созданы структурные модели центров их кластерной организации объединения (несколько однородных элементов). По данным вопросам выступили автор модели кластерной организации воды **В.А. Резников** (ГУАП), доктор физико-математических наук **Л.С. Ивлев** и кандидат физико-математических наук

**Т.В. Рудакова** (СПбГУ). Образование молекул водяного пара в сообществах в значительной степени обусловлено ионизацией нижнего слоя атмосферы (тропосферы). Аномально низкая подвижность кластеров в газовой фазе свидетельствует об их глобулярной организации, связанной с упорядочением и образованием регулярных молекулярных центров. Об этом рассказали **Л.С. Ивлев** и **В.А. Резников**. Вода существует в виде глобулярных надмолекулярных центров (комплексы молекул воды, обычно сферической формы), связанных водородными связями, включающими делокализованные электрон-протонные состояния. Существует единая для кислорода и водорода подсистема коллективных электронных состояний, подтверждается организация гексагонального сообщества из семи возбужденных атомов водорода. Рассмотрено различие между энергией водородной связи и энергией связи в воде.

В докладе кандидата физико-математических наук **Л.В. Пивоваровой** и **Л.С. Ивлева** впервые предложена законченная квантово-механическая концепция гетерогенного льдообразования в облаках. Согласно ей, ядра обычных кристаллических центров выполняют роль каталитических центров, и кристаллизация становится гомогенным процессом. Активными центрами конденсации являются конгломераты ("гроздь") молекул воды.

В докладе тюменских ученых – доктора физико-математических наук **А.В. Шавлова** и кандидата физико-математических



*Выступление доктора физико-математических наук С.П. Перова.*

наук **В.А. Джуманджи** – показана возможность взаимного притяжения и существования метастабильного состояния положительно и отрицательно заряженных капель воды в капельно-ионной плазме.

Большой научный интерес представляли доклады кандидатов физико-математических наук **Ю.А. Довгальюк**, **Е.В. Богданова** (ГГО им. А.И. Воейкова) и кандидатов физико-математических наук **А.М. Чукиной**, **В.В. Чукина** (РГГМУ), связанные с проблемой поведения воды в атмосфере, которая обусловлена ее физико-химическими свойствами: электризацией конвективного облака и изменениями его микроструктуры. Проблема контроля, прогноза и управления погодными условиями, в частности, в пожароопасный период, для лесов, бесспорно, является первоочередной задачей, выполняемой специалистами ряда организаций России. Об этом сообщили в своих докладах доктор технических наук **А.П. Доронин** (Военно-космическая академия

им. А.Ф. Можайского, ВКА), **С.П. Перов** и **В.И. Уйбо**. Кандидат физико-математических наук **С.А. Терпугова** (Институт оптики атмосферы СО РАН) осветила вопрос моделирования роста частиц в результате конденсации.

Традиционно большую долю докладов заняли работы по распространению электромагнитных волн в слабо рассеивающих и, в частности, в слоисто-неоднородных анизотропных средах, с которыми выступили доктора физико-математических наук **В.Г. Фарафонов** с соавторами (ГУАП) и **А.Г. Петрушин** (МИФИ). Проблемам разработки систем экологического аэрокосмического мониторинга были посвящены доклады представителей ВКА им. А.Ф. Можайского: доктора технических наук **А.П. Доронина** и **Н.Д. Парнышкова**.

Представляется весьма перспективной методика восстановления аэрозольных характеристик, основанная на полиномиальных множественных регрессиях между оптико-локационными и искомыми характеристиками аэрозолей. С этой проблемой выступили доктор физико-математических наук **М.М. Кугейко** и кандидат физико-математических наук **С.А. Лысенко** (БГУ, Республика Беларусь). Особый интерес имеют результаты исследований оптических характеристик аэрозолей различных климатических регионов, в частности, горно-пустынных зон Таджикистана (доктор физико-математических наук **С.Ф. Абдуллаев** и др., Физико-технический институт АН Таджикистана), лесных массивов восточной Европы и Сибири (кандидат физико-математических наук **Г.Н. Толмачев** и др.,



*Доклад кандидата физико-математических наук Л.В. Пивоваровой.*

Институт оптики атмосферы СО РАН).

Из работ по оптике аэрозолей, в частности их дистанционному зондированию и мониторингу атмосферных загрязнений, следует также отметить материалы, содержащие новые данные по их пространственно-временной структуре в ряде регионов России и стран СНГ: доктора физико-математических наук **М.А. Свириденкова** и др. (ИФА РАН); кандидата физико-математических наук **А.И. Махмудова** и др. (ФТИ АН Таджикистана); кандидата географических наук **Л.П. Голобокова** и доктора географических наук **Т.В. Ходжера** (Институт лимнологии СО РАН).

Весьма содержательными и дискуссионными были заседания, посвященные исследованию физико-химических атмосферных процессов. Их можно разделить на следующие: исследования гомогенных и гетерогенных фазовых переходов при различных внешних воздействиях: электрическим полем, исследования

фотохимических и гетерогенных реакций с образованием аэрозольного вещества в атмосфере и взаимосвязь содержания примесных газов и аэрозолей; электрические явления в аэрозольных и облачных системах. Эти работы выполнялись (кроме сотрудников НИФХИ), также научными сотрудниками СПбГУ и ОПТЭК (кандидатами химических наук **В.П. Челибановым**, **Е. Ясенко**, **А.М. Маругиным**), СПФТИ (доктор физико-математических наук **А.М. Полуботко**). Интересный результат образования узких вертикальных ячеек типа “солевых пальцев” был экспериментально исследован в Таджикистане (доктор физико-математических наук **С.Ф. Абдуллаев** и др., ФТИ АН Таджикистана). Удачное лабораторное моделирование плазмоидов – шаровых молний – было выполнено **В.А. Резниковым**. Несколько работ были посвящены описанию разработок новой аппаратуры и методикам измерений атмосферных характеристик и компонент (аспирант **А.А. Рудь**, ВКА им. А.Ф. Можайского; кандидаты физико-математических наук **В.М. Волгин**, ГУАП; **А.Н. Сахаров**, ОПТЭК).

В разделе “Вопросы мироздания” наибольший интерес представляют работы о случайности открытия-гипотезы Э.-П.-М. Бибербаха (доктор физико-математических наук **Н.А. Широков**, СПбГУ) и работы доктора филологических наук **Н.Н. Вашкевича** и его последователя – ученика, кандидата физико-математических наук **С.С. Липницкого** (СПбГУ). Первая – о тесной связи русских с арабским Востоком, в частности, с Сирией и Финикией, вторая – о псевдоморфозах

в смысловых полях. Особенно любопытно обнаружение явного вхождения планет Солнечной системы в соответствующие разделы этнолингвистической таблицы Вашкевича: Юпитера – в пятый, Сатурна – в шестой, что отражается в их геометрической структуре.

Последний раздел сборника «Из архива трудов конференции “Естественные и антропогенные аэрозоли”» рассказывает о малоизвестной истории процессов гомогенного льдообразования в облаках, без воздействия образующих лед реагентов, с привлечением квантово-механической концепции, возникшей в результате коллективной работы научных сотрудников нескольких вузов страны и Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Небольшая заметка посвящена памяти инициатора этих исследований кандидата физико-математических наук, руководителя кафедр в Харьковском



*С.А. Терпугова выступила с докладом “Моделирование конденсационного роста частиц по результатам нефелометрических измерений”.*

Политехническом институте и Калининградском государственном университете А.С. Кочемировского (1936–2002).

По завершении рабочих заседаний конференций были обсуждены их итоги и представлено совместное решение 10-й Международной научной конференции

“Естественные и антропогенные аэрозоли” и региональной научной конференции “Естественные и антропогенные аэрозоли России”. Труды конференции были изданы отдельным томом с цветными иллюстрациями и распространены среди научной общечественности, в том числе

среди участников ежегодного 25 семинара-конференции “Система планета Земля”, проходившего под руководством В.Л. Сывороткина на геологическом факультете МГУ.

*Фото*

*Г.Д. ФЕДОРОВСКОГО*

---

## *Информация*

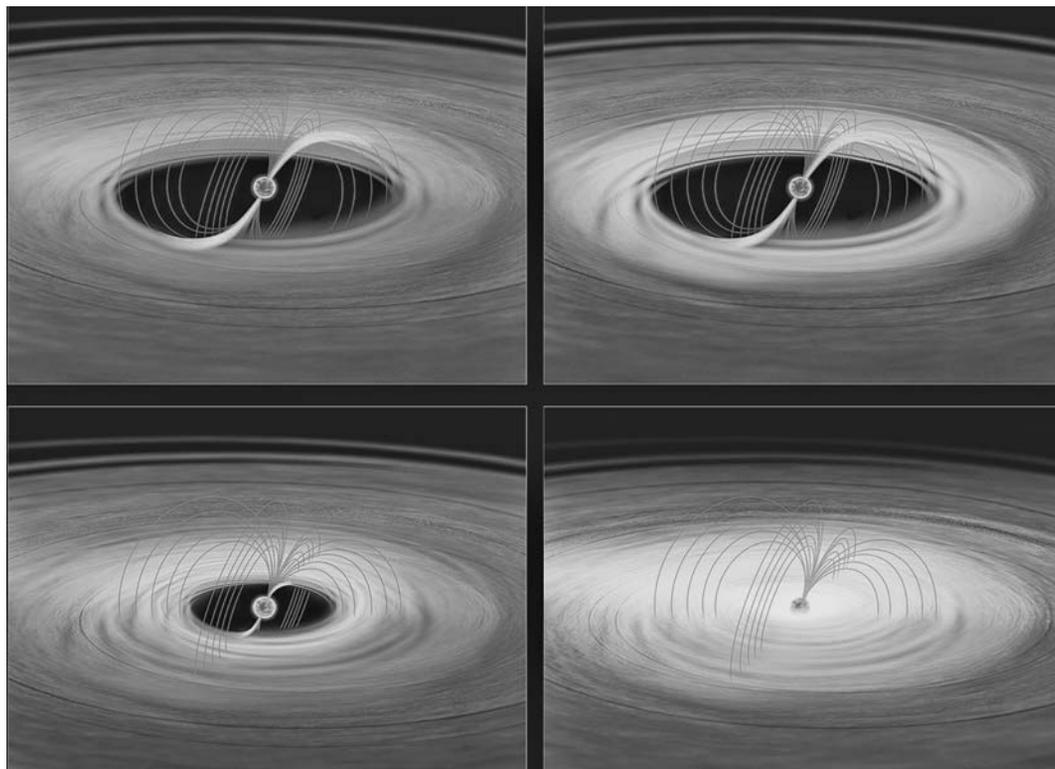
---

### **Открытие тайны Быстрого Барстера**

Ученые, выполнив с помощью космических обсерваторий “XMM-Newton” (ESA),

“NuSTAR” и “Swift” (NASA) наблюдения нейтронной звезды в системе Быстрого Барстера (MXB1730–335), вероятно, решили 40-летнюю загадку рентгеновских всплесков. Барстеры (burst – вспышка) – вспыхивающие галактические рентгеновские источники,

представляющие собой аккрецирующие нейтронные звезды с орбитальными периодами – от нескольких часов до нескольких дней. Полученное название отражает взрывной характер их активности. Вспышки барстеров были открыты в 1975 г.



Четыре изображения, характеризующие поведение газа в аккреционном диске бинарной системы MXB1730-335 (Быстрый Барстер), созвездие Скорпион. Рисунки ESA/ATG medialab.

американо-голландской космической обсерваторией “ANS”. Барстеры делятся на быстрые и обычные; последние встречаются намного чаще. Обычно случаются термоядерные взрывы на поверхности нейтронной звезды, часто на нее падает большой объем вещества звезды-компаньона, что и наблюдается в виде вспышки. Время развития вспышки составляет 0,1–5 с, время затухания – 3–100 с; характерная энергия рентгеновских фотонов – до 20 кэВ. Абсолютная рентгеновская светимость барстеров составляет во время вспышки примерно  $10^{37}$ – $10^{38}$  эрг/с.

Обнаруженный в 1970-х гг. Быстрый Барстер представляет собой двойную систему, содержащую маломассивную звезду “средних лет” и нейтронную звезду.

Гравитационное притяжение нейтронной звезды “перетягивает” газ звезды-компаньона, из которого затем образуются аккреционный диск и спирали, движущиеся к нейтронной звезде. Этот объект расположен в созвездии Скорпиона на расстоянии около 32 616 св. лет от нас в шаровом скоплении. Вспышки источника длятся от 2 до 680 с, а интервал между вспышками колеблется от 10 с до 1 ч. Подобные вспышки II рода наблюдаются и у других источников: например, у Суг X-1 в Лебедь.

Большинство нейтронных звезд из двойных систем непрерывно генерируют большое количество рентгеновских лучей, прерываемых дополнительными рентгеновскими вспышками через каждые

несколько часов (или дней). Ученые в течение десятилетий задавались вопросом – что за внезапные, непредсказуемые и чрезвычайно интенсивные рентгеновские вспышки происходят в Быстром Барстере и почему они так и не были зафиксированы в других бинарных системах? Сейчас обнаружено, что магнитное поле нейтронной звезды создает разрыв между звездой и диском вокруг нее, предотвращая поглощение захваченной материи. Газ накапливается в диске, а затем (при определенных условиях) он весь и сразу падает на нейтронную звезду, производя интенсивные вспышки рентгеновского излучения.

*Пресс-релиз NASA,  
31 января 2017 г.*

## Мемориальному музею Г.С. Титова–50 лет

Алтайский край – уникальный регион, сохранивший нетронутую красоту природы, богатства земных недр, уникальные исторические памятники. Но, пожалуй, самым главным достоянием Алтая являются его люди, на весь мир прославляющие своим

творчеством, подвигами, победами и достижениями свою малую родину.

В 2011 г. после масштабной реконструкции распахнул для посетителей свои двери мемориальный музей Героя Советского Союза, второго космонавта планеты Германа Степановича

Титова (1935–2000; Земля и Вселенная, 2001, № 1). Алтай для него был не только географическим понятием, это была для него категория нравственная, отсюда – его корни, здесь жили и живут друзья его юности – люди, которые любили и любят его до сих



*Школьный музей космонавтики. 1965 г.*

пор – улыбчивого, доброго, настоящего, нашего. Возможно, поэтому именно здесь, в селе Полковниково Алтайского края и появился музей, посвященный этому выдающемуся человеку, герою нашей страны.

Алтайский государственный мемориальный музей Г.С. Титова – уникальный историко-культурный объект, повествующий жителям и гостям Алтайского края об истории развития космонавтики в нашей стране, о легендарном полете второго космонавта планеты Земля Германа Степановича Титова, о его жизни, а также о жизни и творчестве отца космонавта, известного алтайского педагога-просветителя – С.П. Титова.

Полувековая история музея – это разные периоды его становления – от школьного здания (1965 г.), где была открыта первая экспозиция, – до государственного учреждения Алтайского края (2002 г.). Идея основания музея принадлежит отцу космонавта – Степану Павловичу Титову. В 1965 г. с помощью односельчан она успешно воплотилась в жизнь. Именно Степан Павлович стал первым хранителем музейных реликвий, ставшими сегодня уникальными.

1961 год. После полета в космос Германа Степановича Титова в Полковниково не только стало



*“Открытая” экспозиция Алтайского государственного мемориального музея Г.С. Титова. 2010 г.*

приезжать много гостей со всех уголков нашей необъятной Родины для того, чтобы посмотреть, как живет семья прославленного космонавта, но поступало и много подарков, сувениров; почтой высылали фотографии, газетные вырезки. Степан Павлович с удовольствием общался с гостями, рассказывал о сыне, показывал свой сад. Вскоре семья переехала в новый дом, а в старом домике (“ласточкинском гнезде”) Степан Павлович оформил небольшую экспозицию и сам начал проводить экскурсии для всех желающих.

В 1965 г. освободилось здание школы-семилетки, в которой с 1945 г. по 1950 г. учился Г.С. Титов и преподавал его отец. Было решено разместить на втором этаже здания школьный музей (на первом еще

работала группа продленного дня). Учителя вместе со школьниками стали проводить экскурсии, был организован кружок “Юный экскурсовод”. Вскоре юные гиды побывали в Москве на Слете школьных музеев космонавтики и привезли диплом и грамоту Министерства просвещения.

Постепенно, к 1990 г., школьный музей преобразовался в музей муниципального (был передан в ведение администрации Косихинского района), появились официальные должности – директора и экскурсовода. В это же время оформлены две экспозиции – “Голубая моя планета” и “Степан Павлович Титов. Учитель. Мир увлечений”. В них представлены 800 художественных работ и зарисовок; скульптурные работы, стихи, гербарии,



*Фрагмент экспозиции "Голубая моя планета". 2010 г.*

вышивки, выполненные рукой Степана Павловича. Возобновилась переписка с семьей космонавта, Степан Павлович передал 78 своих работ для оформления экспозиции, рассказывающей о нем самом.

В 2002 г., увековечивая память о Г.С. Титове в с. Полковниково, музей приобретает новый статус – становится государственным учреждением культуры "Алтайский государственный мемориальный музей Г.С. Титова".



*Алтайский государственный мемориальный музей Г.С. Титова. 2011 г.*

Улучшилось финансирование музея, увеличился и штат – появилась должность главного хранителя фондов; больше стало проходить интересных мероприятий. Появилась возможность неоднократно бывать в Москве, в гостях у семьи Г.С. Титова. Музей пополнился многочисленными экспонатами из семейного архива Титовых.

Наряду с успехами оставались и проблемы: старое здание музея требовало ремонта, не было кабинетов для сотрудников музея, но главное – не было фондохранилища. В 2007 г. музей посетил губернатор Алтайского края А.Б. Карлин, была принята ведомственная целевая программа развития музея. В ее рамках проведена реконструкция существующего помещения и было построено новое здание. Построен новый музейный комплекс с прекрасным фондохранилищем и экспозиционными залами – были значительно увеличены выставочные площади. Благодаря усилиям сотрудников появились новые экспозиции.

В отдельном помещении на двух этажах удалось сформировать и разместить мемориальную экспозицию. В настоящее время в здании школы открыта постоянная экспозиция "От родника – к звездам",

посвященная истории семьи космонавта, детским годам Германа Титова. Центральное место занимают материалы о родителях Германа Степановича – Степане Павловиче и Александре Михайловне Титовых. Отец космонавта – талантливый человек, сельский педагог, просветитель, литератор, художник и музыкант; настоящим украшением мемориальной коллекции, посвященной ему, стали музыкальные инструменты, картины, стихи и письма Степана Павловича, его награды.

Из представленных на втором этаже мемориального здания материалов мы не только узнаем любопытные факты о детских и юношеских годах Германа Титова, но и ближе “знакомимся” с его мамой Александрой Михайловной и сестрой Земфирой Степановной. Здесь можно познакомиться с наиболее ценными предметами музейной коллекции – личными вещами Г.С. Титова, сопровождавшими его в раннем детстве: это деревянный стульчик, домашняя парта, шарфик, лыжи-записки, школьно-письменные принадлежности. Небольшое количество предметов и фотографий иллюстрируют рассказ о годах учебы Германа Титова в 9-й Военной авиационной школе первоначального обучения



*Музей после реконструкции. Первая экскурсия для почетных гостей. 2011 г.*

летчиков ВВС (г. Кустанай Казахской ССР) и в Сталинградском высшем военно-авиационном училище летчиков (Новосибирск).

В новом современном здании музея размещилась экспозиция “Алтай и космос”, посвященная истории развития космонавтики и, конечно, полету второго космонавта планеты, нашего земляка Г.С. Титова. Первый

раздел экспозиции “Утро космической эры” знакомит с историей космонавтики; неизменный интерес вызывают у наших гостей размещенные в открытом доступе спускаемый аппарат корабля “Союз ТМА-21”, части космического корабля “Восток” и макет “Гагаринского старта”. Второй раздел экспозиции посвящен полету в космос, а также жизни



*Экспозиция “Утро космической эры”. 2015 г.*

и работе Германа Степановича после полета; увековечиванию его памяти. Здесь представлены газетные и журнальные публикации, книги, редкие фотографии, документы, сувениры, личные вещи Германа Степановича, его награды. Семья в жизни Германа Степановича всегда занимала особое, важное место, и неслучайно один из разделов экспозиции посвящен его близким – жене, детям. Фотографии, на которых Герман Степанович запечатлен в кругу семьи в редкие минуты отдыха, составляют основу этого раздела экспозиции.

Всего 65 лет прожил Герман Степанович. Память о нем увековечена в названиях улиц городов, его имя носят школы и лицеи, предприятия. В честь Г.С. Титова названы кратер в Море Москвы на обратной стороне Луны, малая планета № 13010 Германтитов

(открыта в 1986 г.), подводная гора в Тихом океане, пассажирский лайнер А-320 авиакомпании “Аэрофлот”, Главный испытательный космический центр Министерства обороны России.

На Алтае с особым трепетом и вниманием относятся к сохранению памяти о Г.С. Титове. Таким главным хранителем, безусловно, является наш музей. Сегодня его запасы насчитывают свыше 10 тыс. единиц хранения: это письменные и вещественные источники (экземпляры периодических изданий и журналов 1960–2000-х гг.; многочисленные документы, грамоты, дипломы; учебная и методическая литература середины прошлого столетия; эпистолярное наследие семьи Титовых и их личные вещи; коллекции нумизматики, филателии и фалеристики; фотодокументы, техническая коллекция).

Вот уже более 15 лет передают в фонды музея уникальные материалы вдова Германа Степановича – Тамара Васильевна и его дочери, сестра Земфира Степановна, а также старожилы села и гости нашего музея. Все это бережно хранится в фондах и демонстрируется в постоянных экспозициях и на сменных выставках.

На основе уникальных фондовых коллекций сформировалось особое, значимое направление в работе музея – его просветительская деятельность. Музей практикует разные формы работы с посетителями: это обзорные и тематические экскурсии, программы, тематические уроки, музейные гостиные, круглые столы, концертно-тематические программы, мастер-классы, кинопрограммы, встречи с интересными людьми и др. Они рассчитаны на самую разную аудиторию, но, в первую очередь, адресованы детям. Для малышей разработана специальная интерактивная экскурсия в сопровождении Звездочета; для школьников разных возрастов разработаны и стартуют музейные образовательные программы “Музей – детям”, “Мир глазами художника”, “Здесь Родины моей начало”.

На постоянной основе проходят в музее выставки детского творчества.



*Фрагмент экспозиции “Алтай и космос”. 2015 г.*

Например, традиционной стала одна из них – “Искусство, озаренное звездами”; она проводится в канун дня рождения С.П. Титова. По результатам конкурса оформляется выставка. Наши посетители с удовольствием принимают участие в детских праздниках – например, в День защиты детей, а также приуроченных к встрече Нового года; ежегодно проводятся конкурсы рисунков на асфальте.

В Алтайском крае действует губернаторская программа “Эстетическое воспитание детей и молодежи средствами искусства”. По ее условиям, школьники из разных районов и городов края могут посетить музейные мероприятия на бесплатной основе. Наш музей активно участвует в этой программе: ежегодно более 3 тыс. наших гостей становятся участниками мастер-классов, смотрят новые кинопрограммы, для них проводятся экскурсии.

Большую помощь в еще одном, важном направлении просветительской деятельности нашего музея – патриотическом воспитании подрастающего поколения – на протяжении многих лет оказывают нам наши партнеры. Мы сотрудничаем с 35-й ракетной дивизией РВСН, с Главным испытательным центром испытаний и управления



*“Открытая” экспозиция музея. 2015 г.*



*Почетные гости музея на юбилейных мероприятиях в честь 80-летия со дня рождения Г.С. Титова. 2015 г.*

космическими средствами им. Г.С. Титова в Краснознаменске. Традиционно проходят встречи ребят с участием военнослужащих, на деле помогающим музею в воспитании патриотов Родины: например, в канун Дня защитника Отечества школьники и военные могут помериться силами в интеллектуальных и спортивных конкурсах,

за круглым столом обсудить плюсы и минусы армейской службы, а, побывав в расположении части, познакомиться с бытом солдат и военной техникой. Накануне 9 мая, в дни празднования Дня Победы в Великой Отечественной войне, школьники и военнослужащие поздравляют с праздником ветеранов и просто становятся нашими гостями.

Интересно проходят мероприятия, посвященные Дню космонавтики, дню полета Г.С. Титова в космос и, конечно, ко Дню его рождения. Их участниками становятся и настоящие герои. Не один раз мы встречались с Алексеем Ивановичем Скурлатовым, ветераном Великой Отечественной войны, прототипом памятника русскому солдату-освободителю в болгарском Пловдиве; у нас в гостях побывали и ветераны войны в Афганистане – летчики-штурмовики, выполнявшие много боевых вылетов.

Особую важность приобретают мероприятия, посвященные семье космонавта. Ежегодно в апреле мы отмечаем день рождения отца космонавта – удивительного, самобытного человека, именем которого названа учительская премия, учрежденная губернатором Алтайского края.

В канун Дня матери проводятся программы, где мы знакомим посетителей с удивительными судьбами женщин семьи Титовых: мамы космонавта Александры Михайловны Титовой и его супруги Тамары Васильевны. Наши почетные гости – Тамара Васильевна Титова и вся ее семья вместе с нами празднуют юбилеи со дня рождения и дня полета Германа Степановича Титова. Так было и в сентябре нынешнего года, когда мы отмечали 80-летие со дня рождения Германа Степановича. В рамках этих торжеств прошла презентация книги К.К. Сомова “Герман Титов. Позывной Орел”, изданной в рамках губернаторского проекта “Алтай. Судьба. Эпоха”. Был открыт барельеф на здании музея, представлен фотоальбом “Алтайский государственный мемориальный музей

Г.С. Титова” из серии “Музеи Алтая”. Почетными гостями на всех мероприятиях была дочь второго в мире космонавта Татьяна Германовна и ее сын Андрей, Герой России летчик-космонавт С.Н. Ревин, представитель главного испытательного космического центра имени Г.С. Титова.

В настоящее время музеев ежегодно принимает в своих стенах более 20 тыс. посетителей.

Уверены, что и в дальнейшем интерес к Мемориальному музею Г.С. Титова будет расти, а желающих поучаствовать в музейных культурно-просветительских мероприятиях, прикоснуться к историко-культурному наследию России будет все больше.

*Г.Н. ПАРОШИНА,  
Г.Д. КАЙГОРДОВА,  
директор музея,  
Т.В. ПОДОЛЬСКАЯ,  
главный хранитель  
фондов музея*

# НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: сентябрь–октябрь 2017 г.

Таблица 1

## ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
<b>Сентябрь</b>		
3	16	Меркурий проходит в 3,3° южнее Марса
4	14	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
5	5	Нептун в противостоянии с Солнцем
5	12	Марс проходит в 0,7° севернее звезды Регул ( $\alpha$ Льва)
6	7	<b>Полнолуние</b>
10	4	Меркурий проходит в 0,7° южнее звезды Регул ( $\alpha$ Льва)
11	23	Юпитер проходит в 3,1° севернее звезды Спика ( $\alpha$ Девы)
12	12	Меркурий в наибольшей западной элонгации (18°)
13	6	<b>Луна в последней четверти</b>
13	16	Луна в перигее
16	14	Меркурий проходит в 3' севернее Марса
18	0	Луна проходит в 1° южнее Венеры
18	19	Луна проходит в 1° южнее Марса
18	23	Луна проходит в 1° южнее Меркурия
20	2	Венера проходит в 0,5° севернее звезды Регул ( $\alpha$ Льва)
20	5	<b>Новолуние</b>
22	10	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
22	20	<b>Осеннее равноденствие</b>
27	0	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
27	5	Луна в апогее
28	2	<b>Луна в первой четверти</b>
<b>Октябрь</b>		
5	16	Венера проходит в 12' севернее Марса
5	18	<b>Полнолуние</b>
8	21	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
9	6	Луна в перигее
9	18	<i>Покрытие Луной звезды Альдебаран (<math>\alpha</math> Тельца)</i>
12	12	<b>Луна в последней четверти</b>
17	11	Луна проходит в 1° севернее Марса
18	1	Луна проходит в 2° севернее Венеры
19	17	Уран в противостоянии с Солнцем
19	19	<b>Новолуние</b>
24	11	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
25	1	Луна в апогее
26	18	Юпитер в соединении с Солнцем
27	22	<b>Луна в первой четверти</b>

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

## ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
					восход	заход	восход	заход	восход	заход
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м
Сентябрь 01	10	41	+08	22	05:23	18:41	05:07	18:57	04:40	19:24
11	11	17	+04	40	05:35	18:23	05:26	18:32	05:10	18:47
21	11	53	+00	49	05:47	18:04	05:44	18:06	05:40	18:10
Октябрь 01	12	29	-03	05	05:59	17:45	06:03	17:40	06:10	17:33
11	13	05	-06	55	06:11	17:26	06:22	17:15	06:41	16:57
21	13	42	-10	36	06:24	17:09	06:42	16:51	07:13	16:21
31	14	21	-14	01	06:38	16:53	07:02	16:29	07:46	15:45

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

**Пример.** Определить время восхода Солнца 06 сентября 2017 г. в Москве (широта – 55°45', долгота – 2°30', 2-я часовая зона – московское время UT + 3<sup>ч</sup>). Пользуясь *Таблицей II*, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 6 сентября, получаем 05<sup>ч</sup> 15<sup>м</sup>. Вычитаем из него долготу места, прибавляем 3<sup>ч</sup>, получаем 05<sup>ч</sup> 45<sup>м</sup>.

Таблица III

## ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
								45°	55°	65°		
	ч	м	°	'	"							
<b>Меркурий</b>												
Сентябрь 01	10	02,4	+08	50	3,3	9,9	0,06	–	–	–	утро	
11	10	10,0	+11	22	-0,2	7,4	0,40	0,7	0,5	–		
21	11	02,2	+08	01	-1,1	5,7	0,81	0,8	0,7	0,3		
Октябрь 01	12	08,3	+00	58	-1,4	5,0	0,98	–	–	–	утро	
11	13	12,2	-06	41	-1,5	4,7	1,00	–	–	–		
21	14	13,2	-13	37	-0,8	4,7	0,98	–	–	–		
31	15	13,5	-19	19	-0,4	4,9	0,93	–	–	–		
<b>Венера</b>												
Сентябрь 01	08	36,5	+18	40	-3,9	12,5	0,84	3,0	3,4	4,2	утро	
11	09	25,5	+15	44	-3,9	12,0	0,86	2,8	3,1	3,8	утро	
21	10	13,3	+12	03	-3,9	11,6	0,89	2,5	2,9	3,5	утро	
Октябрь 01	10	59,9	+07	47	-3,9	11,3	0,91	2,3	2,6	3,1	утро	
11	11	45,9	+03	08	-3,9	10,9	0,93	2,1	2,4	2,8	утро	
21	12	31,6	-01	44	-3,9	10,7	0,94	1,8	2,1	2,5	утро	
31	13	17,6	-06	35	-3,9	10,5	0,96	1,6	1,8	2,1	утро	

Таблица III (окончание)

Дата	$\alpha$		$\delta$		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
<b>Марс</b>												
Сентябрь	01	09	58,4	+13	37	1,8	3,6	1,00	–	–	–	
	11	10	22,7	+11	23	1,8	3,6	0,99	–	–	–	
	21	10	46,7	+09	02	1,8	3,6	0,99	0,7	0,6	–	
Октябрь	01	11	10,3	+06	36	1,8	3,7	0,99	1,1	1,1	1,0	утро
	11	11	33,6	+04	07	1,8	3,7	0,98	1,4	1,5	1,6	утро
	21	11	56,9	+01	36	1,8	3,8	0,98	1,8	1,9	2,1	утро
	31	12	20,0	–00	55	1,8	3,9	0,97	2,1	2,3	2,5	утро
<b>Юпитер</b>												
Сентябрь	01	13	22,1	–07	28	–1,6	32,1	1,00	1,4	0,2	–	вечер
	11	13	29,2	–08	11	–1,6	31,6	1,00	1,0	–	–	вечер
	21	13	36,7	–08	56	–1,5	31,2	1,00	0,6	–	–	вечер
Октябрь	01	13	44,5	–09	42	–1,5	30,9	1,00	–	–	–	
	11	13	32,6	–10	27	–1,5	30,7	1,00	–	–	–	
	21	14	00,8	–11	13	–1,5	30,6	1,00	–	–	–	
	31	14	09,2	–11	58	–1,5	30,6	1,00	–	–	–	
<b>Сатурн</b>												
Сентябрь	01	17	21,0	–21	58	0,4	17,0	1,00	4,0	2,7	–	вечер
	11	17	21,8	–22	01	0,5	16,7	1,00	3,6	2,5	–	вечер
	21	17	23,3	–22	04	0,5	16,5	1,00	3,3	2,2	–	вечер
Октябрь	01	17	25,4	–22	08	0,5	16,2	1,00	2,9	2,0	–	вечер
	11	17	28,2	–22	12	0,5	16,0	1,00	2,6	1,7	–	вечер
	21	17	31,5	–22	15	0,5	15,7	1,00	2,2	1,4	–	вечер
	31	17	35,2	–22	19	0,5	15,6	1,00	1,8	1,1	–	вечер

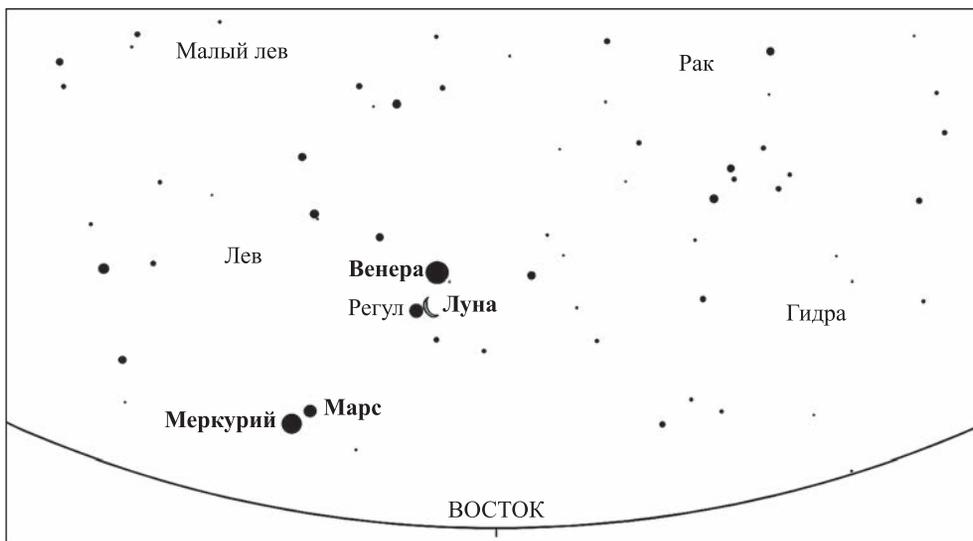
*Примечание.* Координаты даны на момент 0<sup>ч</sup> по Всемирному времени, F – фаза планеты.

### ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

**Меркурий** 4 сентября переходит от попятного движения к прямому. 10 сентября он проходит в 0,7° южнее звезды Регул ( $\alpha$  Льва), начинается его утренняя видимость в южных и средних широтах нашей страны. 12 сентября Меркурий находится в наибольшей западной элонгации (18°), она меняется от 18° до 28° (из-за большой вытянутости орбиты). 16 сентября планета проходит в 3' севернее Марса, 18 сентября Луна проходит на 1° южнее. Меркурий в этот период расположен недалеко от Солнца,

поэтому его видимость непродолжительна: в южных широтах России она составляет 0,7–0,8 ч, в средних: 0,5–0,7 ч, в северных (21 сентября) – 0,3 ч. Он постепенно удаляется от Земли, его видимый угловой диаметр уменьшается с 7,4" до 5,7", а блеск возрастает с –0,2<sup>m</sup> до –1,1<sup>m</sup>. После 21 сентября Меркурий не виден. 8 октября планета окажется в верхнем соединении с Солнцем.

**Венера** в сентябре–октябре приближается к Солнцу и видна в утреннее



*Вид восточной части звездного неба в Москве 18 сентября 2017 г. в 05<sup>ч</sup> 00<sup>м</sup> по московскому времени. Отмечены положения Меркурия, Марса, Венеры, звезды Регул ( $\alpha$  Льва) и Луны.*

время. В начале сентября она перемещается по созвездию Рака, 10 сентября переходит в созвездие Льва, 9 октября – в созвездие Девы. Продолжительность видимости Венеры постепенно сокращается: в северных широтах России с 4,2 ч 1 сентября до 2,1 ч 31 октября; в средних – с 3,4 ч до 1,8 ч; в южных – с 3,0 ч до 1,6 ч. Видимый угловой диаметр планеты уменьшается с 12,5'' до 10,5'', блеск равен – 3,9<sup>м</sup>. 20 сентября Венера проходит в 0,5° севернее звезды Регул ( $\alpha$  Льва), 16 октября – в 12' севернее Марса. Луна окажется вблизи Венеры 19 сентября и 18 октября.

**Марс** в начале сентября не виден. С 21 сентября мы можем его видеть в утренние часы в средних и южных широтах нашей страны, а в начале октября – в северных. В сентябре Марс перемещается по созвездию Льва, 12 октября переходит в созвездие Девы. Длительность его видимости растет: в южных широтах – с 0,7 ч 21 сентября – до 2,1 ч 31 октября; в средних – с 0,6 ч до 2,3 ч; на северных – с 1,0 ч 1 октября до 2,5 ч 31 октября.

Видимый угловой диаметр Марса постепенно увеличивается с 3,6'' до 3,9''. Блеск планеты в этот период равен 1,8<sup>м</sup>. Луна окажется вблизи Марса 18 сентября и 17 октября.

**Юпитер** быстро приближается к Солнцу. В северных широтах России планета-гигант не видна. В средних широтах Юпитер можно видеть только в самом начале сентября после захода Солнца не более 0,2 ч, а в южных – падает с 1,4 ч 01 сентября до 0,6 ч 21 сентября. 11 сентября он проходит в 3,1° севернее Спики ( $\alpha$  Девы). 22 сентября молодая растущая Луна окажется в 3° севернее Юпитера, заканчивается его вечерняя видимость. Угловой диаметр планеты в этот период снижается с 32,6'' до 31,2'', блеск составит около – 1,6<sup>м</sup>. 26 октября Юпитер окажется в соединении с Солнцем.

**Сатурн** перемещается по созвездию Змееносца и виден в вечернее время. В северных широтах нашей страны планета-гигант не видна. В средних широтах длительность его видимости уменьшается с 2,7 ч 1 сентября до

1,1 ч 31 октября; в южных – с 4,0 ч 1 сентября до 1,8 ч 31 октября. Видимый угловой диаметр планеты снизится с 17,0" 1 сентября до 15,6" 31 октября.

Блеск планеты – около 0,5<sup>m</sup>. Луна окажется вблизи Сатурна 27 сентября и 24 октября.

### ПОКРЫТИЕ ЛУНОЙ ЗВЕЗДЫ АЛЬДЕБАРАН

9 октября произойдет покрытие Луной звезды Альдебаран ( $\alpha$  Тельца), видимое на территории России. Приведены эфемериды для некоторых городов России, время указано всемирное.

Таблица IV

#### ИСЧЕЗНОВЕНИЕ И ПОЯВЛЕНИЕ ЗВЕЗДЫ АЛЬДЕБАРАН ЗА ДИСКОМ ЛУНЫ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ГОРОДОВ РОССИИ

Город	Исчезновение		Появление	
	час	мин	час	мин
Барнаул	17	18	18	06
Владивосток	17	50	18	55
Иркутск	17	22	18	27
Кемерово	17	23	18	10
Комсомольск-на-Амуре	17	28	19	11
Красноярск	17	25	18	17
Курган	17	28	17	51
Новосибирск	17	22	18	06
Омск	17	23	17	58
Оренбург	17	24	17	43
Петропавловск-Камчатский	18	28	19	37
Томск	17	25	18	09
Тюмень	17	33	17	52
Хабаровск	17	55	19	07
Чита	17	29	18	39
Южно-Сахалинск	18	08	19	17
Якутск	17	59	19	01

*В.И. ЩИВЬЕВ,  
г. Балашиха  
Московская область*

## Сейсмичность Земли во втором полугодии 2016 г.

В июле–декабре 2016 г. в Службе срочных донесений Федерального исследовательского центра Единой Геофизической службы РАН (ФИЦ ЕГС РАН)\* обработано 2310 землетрясений на земном шаре, из них 25 имели магнитуды  $M \geq 6,5$ , более 64 вызвали сотрясения земной поверхности (от едва ощутимых до разрушительных).

Наиболее активным по-прежнему был Тихоокеанский сейсмический пояс, где отмечено более половины – 1261 землетрясение.

На территории России и в странах СНГ в этот период наблюдалась сравнительно невысокая сейсмическая активность. На Дальнем Востоке (Камчатка, Курилы, Сахалин) – около 158 землетрясений, в Восточной Сибири (в основном в Байкальском регионе) – около 30, на Кавказе – около 100.

14 августа 2016 г. в западной части о. Сахалин

имело место ощутимое землетрясение с  $M = 5,6$ . Очаг находился на западе о. Сахалин, на глубине 25 км, в 56 км к югу от Александровска-Сахалинского, в 149 км к северу от Углегорска, в 166 км к юго-западу от пос. Ногликов. По данным ГС РАН, землетрясение ощущалось в Александровске-Сахалинском – силой в 5 баллов, в Первомайском, Углегорске – 4; в Поронайске, Тымовском – 3. Эпицентр землетрясения находился в 220 км к юго-западу от ощутимого землетрясения 19 февраля 2014 г.  $M = 5,4$  у северо-восточного побережья о. Сахалин и в 150 км к юго-западу от ощутимого землетрясения 30 июня 2014 г.  $M = 5$  в северо-восточной части о. Сахалин.

Следует заметить, что на сайте ЕГС РАН появился новый раздел *“Вы ощутили землетрясение? Сообщите нам об этом”*,

в котором помещается информация об откликах жителей, ощутивших землетрясение.

7 августа 2016 г. на Украине отмечено ощутимое землетрясение с  $M = 4,8$ . Очаг находился на территории Украины, на глубине 10 км, в 6 км к северо-западу от Мариуполя, в 71 км к северо-востоку от Бердянска. На территории России эпицентр был в 78 км к северо-западу от Ейска и в 104 км к западу от Таганрога. По данным ГС РАН, в России землетрясение ощущалось в Ейске, Таганроге, Должанской силой 3 балла; в Ростове, Азове, Батaysке – 2–3 балла.

На территории Краснодарского края (на Кубани) 30 октября 2016 г. зарегистрировано землетрясение, очаг которого находился на глубине 10 км в 10 км к западу от Нефтегорска, в 16 км к юго-западу от Апшеронска, в 50 км к северо-востоку от Туапсе

\* В 2016 г. к Геофизической службе РАН была присоединена Геофизическая служба Сибирского отделения РАН. Новая организация стала называться Федеральный исследовательский центр “Единая геофизическая служба РАН”. Здесь в дальнейшем для краткости будем писать Единая Геофизическая служба РАН (ЕГС РАН).

и в 85 км к северо-западу от Сочи. Землетрясение ощущалось в Нефтегорске – 4 балла, в Туапсе, Апшеронске – 3–4 балла, в Лазаревском – 2–3 балла и в Ставрополе и Сочи – 2 балла. Эпицентр землетрясения расположен в 23 км к северо-западу от ощущаемого землетрясения 15 ноября 2004 г. с  $M = 4,6$ .

Сейсмическая активность по-прежнему наблюдалась в Байкальском регионе – в районе строительства Байкало-Амурской магистрали – 14 сентября отмечено землетрясение с магнитудой 4,9, в районе Бурятии – 22 ноября 2016 г. зарегистрировано событие с магнитудой около 4-х (севернее пос. Северо-Муйска; оно ощущалось жителями Читы). В Амурской области (на границе Россия–Монголия) отмечены землетрясения 10 сентября –  $M = 3,9$  и 20 сентября с  $M = 5,2$ ; на Алтае 20 сентября с магнитудой 5,2. В Красноярском крае, в Кемеровской области (по данным Алтае-Саянского филиала СО РАН) отмечены колебания с  $M = 2,7–3,7$ .

Серия землетрясений отмечена и в Курильском регионе 23 октября 2016 г. с  $M = 5,2–5,9$ ; на Камчатке в районе Командорских островов в период 5–7 сентября с магнитудой  $M = 5,3–6,1$  и интенсивностью до 4–5 баллов.

21 сентября зарегистрировано землетрясение с  $M = 4,3$  на Кавказе, в Черном море (в 70 км от Сухуми).

Далее остановимся на наиболее сильных и разрушительных землетрясениях на земном шаре.

Значительным явлением в 2016 г. явилась серия сильных землетрясений в Центральной Италии, три из которых практически в течение двух месяцев отмечались на небольшой территории и имели магнитуду, превышающую 6,0.

По мнению итальянских сейсмологов, регион Центральной Италии характерен проявлениями сильных землетрясений (“Землетрясение в Центральной Италии: комментарий специалиста” – <http://onznnews.wdcb.ru/>). Геология и тектоника региона определяются процессами поддвига микроплиты Адриа под Апенниннами с востока на запад и движением Евразийской плиты в северо-восточном направлении по отношению к Африке.

Центральные Апеннины “пережили” несколько сильных землетрясений в недавнем прошлом. В сентябре 1997 г. имело место землетрясение в провинции Умбрия с  $M = 6,0$ : погибло 11 человек, уничтожено около 80 тыс. домов. Это событие было частью серии землетрясений – сейсмокомплекса, который включал восемь толчков с  $M > 5,0$  в двухмесячный период между сентяб-

рем и ноябрем того же года. 6 апреля 2009 г. возникло разрушительное землетрясение с  $M = 6,4$ . Тогда 295 человек погибли, более 1000 пострадали, 55 тысяч осталось без крова. В городе Аквила было разрушено или повреждено до 50 процентов зданий (Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 97–102).

Исторически известны землетрясения в этом районе: 2 февраля 1703 г. в одном из них произошло на севере города Аквила. Оно причинило серьезный ущерб и повлекло гибель более 3 тыс. человек. В церкви Сан-Доменико под рухнувшей крышей погибло 600 человек, город был полностью разрушен.

И вот 24 августа 2016 г. в Центральной Италии происходит сильное землетрясение с  $M = 6,2$ . Его эпицентр находился в 44 км к северо-западу от Аквилы, в 112 км к северо-востоку от Рима и в 83 км к юго-востоку от Перуджи. Очаг располагался на глубине 10 км, что и явилось причиной больших разрушений и гибели людей. По официальным данным, в результате землетрясения погибло 294 человека, 386 человек получили ранения, 238 из них были извлечены живыми из-под завалов.

В наибольшей степени пострадали населенные пункты, расположенные в горной местности: Аматриче, Пескара-дель-Тронто,



*Последствия землетрясения в Италии.  
24 августа 2016 г.*

*Последствия землетрясения в Италии.  
30 октября 2016 г.*

Аккумули. В Амагриче полностью разрушен центр города; сообщается о поврежденных зданиях, дорогах и мостах. Подземные толчки ощущались в Риме, Перудже, Риети, Норче, Флоренции и в Болонье.

В центральной части Италии образовался гигантский разлом длиной

25 км, пересекающий Апеннинскую горную гряду близ пика Ветторе высотой 2,5 км. Трещина тянется от коммуны Аркуата-дель-Тронто в регионе Марке до Умбрии. Глубина разлома – 20–30 см. После землетрясения 24 августа в течение полутора недель Национальная

сейсмическая сеть Италии зафиксировала в общей сложности более 5000 тыс. подземных толчков, 158 землетрясений были магнитудой от 3,0 до 4,0; 15 – от 4,0 до 5,0 и одно с магнитудой 5,4 в итальянской области Норчи.

26 октября 2016 г. в Центральной Италии в

провинции Мачерата в 18 ч 10 мин местного времени зарегистрировано землетрясение с  $M = 5,8$ . Через 2 ч 8 минут отмечен более сильный толчок с  $M = 6,2$ .

Два мощных землетрясения вечером 26 октября уничтожили многие исторические здания и многочисленные жилые дома; наиболее серьезно пострадали коммуны Уссита и Виссо. После первых землетрясений в первые сутки зафиксировано более ста афтершоков, самый мощный из них имел место вблизи коммуны Уссита. По словам главы итальянского правительства Маттео Ренци, несколько стартовых городов в результате подземных толчков стали непригодными для проживания, без крыши над головой остались по меньшей мере 4 тыс. человек. Власти выделили 40 млн евро для выхода из чрезвычайной ситуации. Как сообщалось, в результате удара стихии несколько человек получили травмы, жертв нет – так как люди переместились в убежища после предыдущих толчков.

Эпицентр первого землетрясения находился в центральной части Италии на глубине 10 км, в 63 км к северо-западу от Аквилы, в 69 км к юго-востоку от Перуджи и в 124 км к северо-востоку от Рима. Эпицентр второго землетрясения находился в центральной части Италии на глубине 10 км, в 3 км к северо-западу от

первого толчка. Эпицентр первого землетрясения расположен в 20 км, а второго – в 24 км к северо-западу от эпицентра разрушительного землетрясения 24 августа 2016 г.

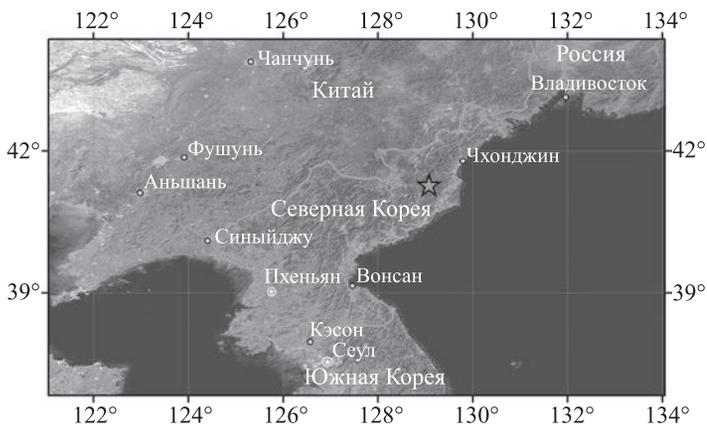
Серьезные разрушения зафиксированы в населенных пунктах Виссо, Уссита, Кастельанджело-суль-Нера, Камерино, Акуасанта Терме, Фабриано. Подземные толчки ощущались в Риме, Перудже, Риети, Норче, Флоренции, Болонье и в других районах Италии.

30 октября 2016 г. в Центральной Италии зарегистрировано новое разрушительное землетрясение с  $M = 6,7$ . По данным ИТАР-ТАСС, в результате землетрясения пострадали несколько десятков человек. Число лишившихся крова может достичь 100 тыс. жителей. В провинции Мачерата в результате землетрясения частично (или полностью) разрушены более 40 населенных пунктов, среди крупнейших городов, затронутых стихией, – Норча (область Умбрия), сообщается об обвалах нескольких (в том числе древних) церквей, включая Святого Бенедикта, при которой находится женский монастырь.

Серия мощных подземных толчков продолжала сотрясать Центральную Италию, и 18 января 2017 г. возникло землетрясение магнитудой 6,0. Очаг залегал на глубине 9 км. Эпицентр находился в 25 км от города

Аквила и в 97 км от Рима. Подземные толчки ощущались во многих районах Италии. Пострадали области Лацио, Абруццо и Марке. Ситуацию осложняют обрушившиеся на регион сильные снегопады. По информации Национального института геофизики и вуканологии Италии, с 24 августа 2016 г. по 19 января 2017 г. общее количество ударов подземной стихии в Центральной Италии превысило 47 тысяч. Около 960 землетрясений имело магнитуду от 3 до 4,6. Магнитуда девяти из них составила (или превысила) величину 5. Четыре землетрясения имели магнитуду от 6,0 до 6,7.

Кроме того, событием полугодия явилось катастрофическое землетрясение с  $M = 7,9$  в Новой Зеландии. 13 ноября 2016 г. на Южном острове Новая Зеландия возникло разрушительное землетрясение с  $M = 7,9$ . Очаг находился на территории Южного Острова Новая Зеландия, на глубине 10 км, в 94 км к северо-востоку от Крайстчёрча, в 152 км к юго-западу от Греймута и в 215 км к юго-западу от Веллингтона, столицы государства. По данным ИТАР-ТАСС, в результате землетрясения погибли 2 человека. Серьезно повреждены здания и мосты на восточном побережье Южного Острова. Землетрясение вызвало цунами: в районах Веллингтон и Каслпойнт высота волн достигала 2,49 м – максимума



Карта с эпицентром под-земного ядерного взрыва (красная звезда) в северо-восточной части Северной Кореи. 9 сентября 2016 г.

за последние 38 лет. На р. Кларенс прорвало дамбы, вниз по течению устремился мощный поток воды. Эпицентр землетрясения находился в 145 км к северо-востоку от эпицентра разрушительного землетрясения 3 сентября 2010 г.  $M = 7,1$  и в 108 км к северо-востоку от эпицентра сильного землетрясения 21 февраля 2011 г. с  $M = 6,3$  (Земля и Вселенная, 2010, № 6).

10 сентября 2016 г. в районе оз. Виктория, на границе Танзании и Уганды, зарегистрировано разрушительное землетрясение с  $M = 5,3$ , очаг – на глубине 10 км, в 42 км к северо-западу от Букоба (Танзания), в 77 км к юго-западу от Масаки и в 11 км к юго-востоку от Мбарары (Уганда). По данным ИТАР-ТАСС, в результате землетрясения погибли 16 человек, пострадали 253. В провинция Кагера Танзании в результате землетрясения были разрушены 840 зданий, среди них – 44 госучреждения.

25 ноября 2016 г. в Южном Синьцзяне (Китай) возникло ощутимое землетрясение с  $M = 6,5$ . Эпицентр землетрясения находился в Южном Синьцзяне (Китай, в приграничном районе с Таджикистаном и Кыргызстаном) на глубине 10 км, в 177 км к юго-западу от Каши (Китай) в 190 км к юго-востоку от г. Оша (Кыргызстан) и в 241 км к юго-востоку от Ферганы (Узбекистан). По данным ИТАР-ТАСС, в результате землетрясения разрушены 100 домов и повреждены еще 124 в Кызылсу-Киргизском автономном округе Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР. По данным казахстанских сейсмологов, землетрясение ощущалось в Алматы, Таразе, Чимкенте силой 2–3 балла, а также на территории Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана.

9 сентября 2016 г. в Северной Корее произведен подземный ядерный взрыв, который был зарегистрирован в Гео-

физической службе РАН. Определено время возникновения взрыва – 00 ч 29 мин гринвичского времени (03 ч 29 мин московского времени) и магнитуда – 5,4. Эпицентр взрыва находился в северо-восточной части Северной Кореи (районе ядерного полигона Пунгери) в 79 км к юго-западу от Чхонджина, в 312 км к юго-западу от Владивостока, в 381 км к северо-востоку от Пхеньяна. В этом же районе Северной Кореи были ранее зарегистрированы взрывы 25 мая 2009 г. с магнитудой  $M = 5,0$  (Земля и Вселенная, 2010, № 1, с. 108–111), 12 февраля 2013 г. с магнитудой  $M = 5,3$  (Земля и Вселенная, 2013, № 6) и 6 января 2016 г. с магнитудой  $M = 5,2$  в этом же районе Северной Кореи (Земля и Вселенная, 2016, № 6, с. 105–107).

Далее остановимся на наиболее сильных и разрушительных землетрясениях в Тихоокеанском огненном сейсмическом поясе. 21 ноября 2016 г. на восточном побережье



*Последствия разрушительного землетрясения ( $M = 6,8$ ) на побережье Северной Суматры, Индонезия. 6 декабря 2016 г.*

о. Хонсю (Япония) возникло сильное землетрясение с  $M = 7,1$ . Эпицентр находился на восточном побережье о. Хонсю на глубине 10 км, в 110 км к юго-востоку от Сендая, в 247 км к северо-востоку от Токио, столицы Японии.

Разрушительное землетрясение с  $M = 6,8$  отмечено 6 декабря 2016 г. на побережье Северной Суматры (Индонезия), очаг которого находился на северо-восточном побережье Северной Суматры на глубине 10 км, в 90 км к юго-востоку от Банда-Ачех, и в 343 км к северо-западу от Медана (Индонезия). В результате землетрясения

92 человека погибли, более 500 пострадали. Наиболее острая ситуация сложилась в округе Пидиджая: там были разрушены 105 магазинов, 125 жилых домов и 14 мечетей.

Самое сильное землетрясение года с магнитудой  $M = 7,7$  произошло 8 декабря 2016 г. Очаг находился в районе Соломоновых о-вов, на глубине 33 км, в 208 км к юго-востоку от Хониары (столицы Соломоновых островов).

После землетрясения была объявлена угроза цунами, но позже отменена. По данным Тихоокеанского центра по предупреждению

цунами, максимальная волна (высотой всего 12 см) была отмечена в Хониаре (столице Соломоновых о-вов). Зарегистрированы 20 афтершоков с магнитудой  $M = 5$  и более.

Параметры всех землетрясений представлены на информационном сервере Геофизической службы РАН (<http://www.ceme.gsras.ru>).

*О.Е. СТАРОВОЙТ,  
кандидат физико-математических наук*

*Л.С. ЧЕПКУНАС,  
кандидат физико-математических наук*

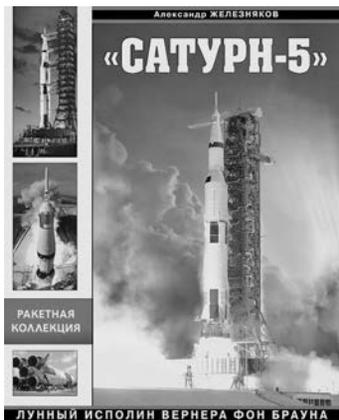
*М.В. КОЛОМИЕЦ  
Единая Геофизическая служба РАН (ЕГС РАН)*

## НОВЫЕ КНИГИ

### История самой мощной ракеты-носителя

Новое подарочное издание известного историка мировой космонавтики А. Железнякова «Сатурн-5» – лунный исполин Вернера фон Брауна» вышла в издательстве «Эксмо» (М., 2017). Книга содержит 22 параграфа, вот некоторые из них: «Вернер фон Браун»; «Ракета-носитель «Нова»»; «Речь президента Кеннеди»; «Ракеты-носители серии «Сатурн»»; «Проект «Аполлон»»; «Рейнджеры», «Сервейоры», «Орбитеры»; «Пожар на мысе Канаверал»; «Высадка в Море Спокойствия»; «Миссия с несчастливym номером»; «Четыре последние экспедиции»; «Несостоявшиеся полеты «Аполлонов»»; «Орбитальная станция «Скайлэб»»; «Советско-американский космический полет».

Самая грузоподъемная, мощная, сверхтяжелая



и самая большая на Земле ракета-носитель «Сатурн-5» была создана в середине 1960-х гг. в США. Это гениальное творение Вернера фон Брауна позволило открыть людям дорогу на Луну, но спутник Земли стал лишь первой целью американской космической программы; в дальнейшем с помощью этой ракеты предполагалось осваивать околоземную орбиту, исследовать Луну, запускать космические корабли к другим планетам.

Так правда ли, что 12 американских астронавтов оставили свои следы в лунной пыли и можно ли считать американскую программу «Аполлон» самым грандиозным и самым удачным инженерным мероприятием XX века?

Но почему тогда от этого мега-проекта пришлось отказаться, а «Сатурн-5» ушел в историю? На эти и другие вопросы вы найдете ответы в новой книге ведущего историка космонавтики, а также узнаете удивительные факты из истории покорения космоса: о создании «Сатурна-5», о предшественниках ракеты-исполина, ее летной судьбе, о лунных экспедициях, которые должны были помочь осуществить извечную мечту человечества – стремление к межпланетным полетам.

Коллекционное издание богато иллюстрировано эксклюзивными чертежами и фотографиями, снабжено библиографией.

Заведующая редакцией Л.В. Рябцева

Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

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

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректоры Р.В. Молоканова, Т.И. Шеповалова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 10.04.2017. Подписано в печать 07.06.2017. Дата выхода в свет 30.06.2017

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

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

Тираж 263

Зак. 1166

Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: ФГУП «Издательство «Наука»

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Телефон: (495) 276-77-28 доб. 42-31 или 42-32

E-mail: zevs@naukaran.com

Оригинал-макет подготовлен ФГУП «Издательство «Наука»

Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука» (Типография «Наука»)

121099, Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"  
Индекс 70336