

ISSN 0044-3948

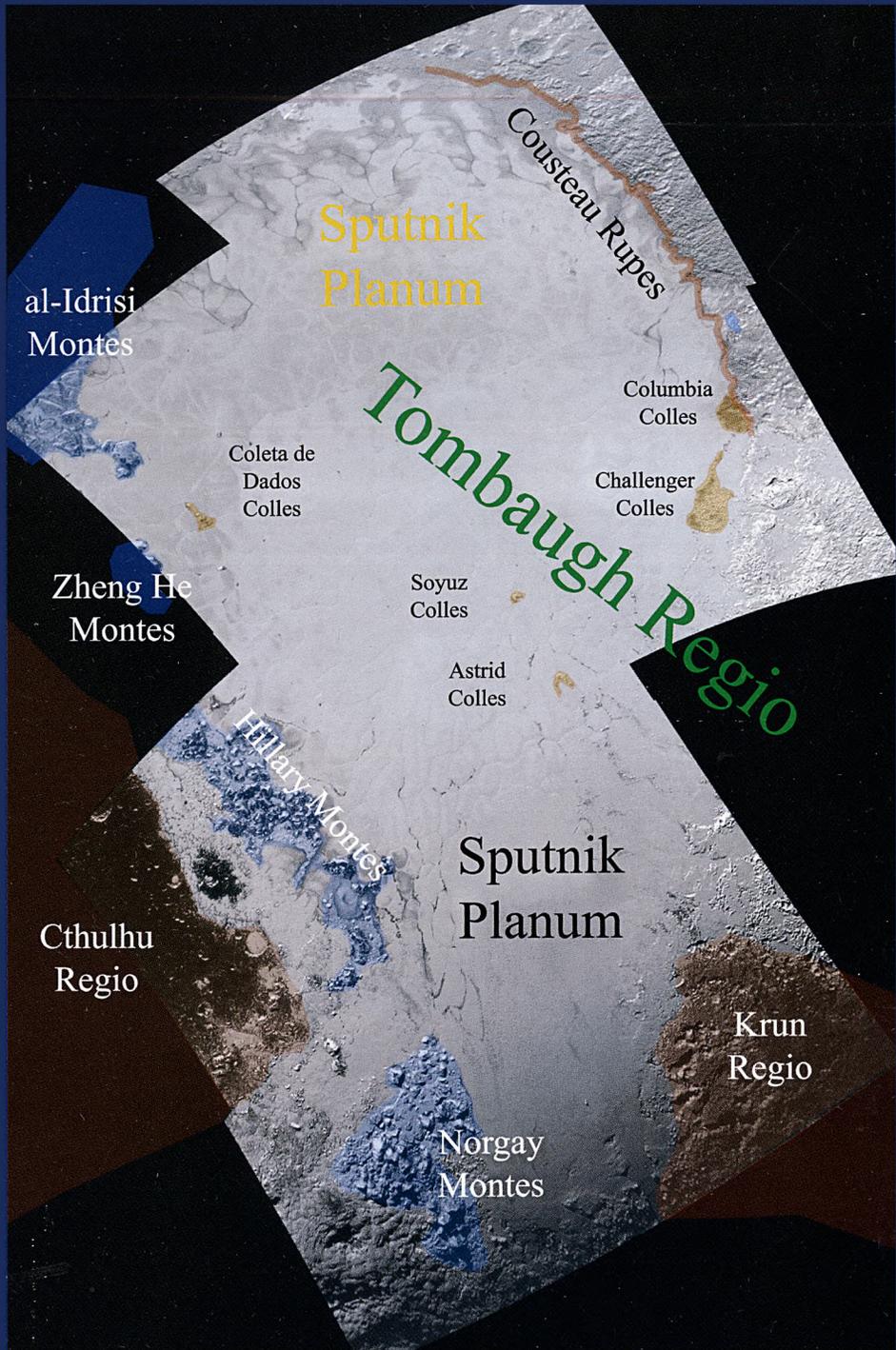
# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

НОЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

6/2015





al-Idrisi  
Montes

Sputnik  
Planum

Cousteau Rupes

Columbia  
Colles

Còleta de  
Dados  
Colles

Challenger  
Colles

Zheng He  
Montes

Soyuz  
Colles

Tombaugh Regio

Astrid  
Colles

Cthulhu  
Regio

Sputnik  
Planum

Hillary Montes

Krum  
Regio

Norgay  
Montes

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

6/2015



**Новости науки и другая информация:** “Кеплер” нашел Землю-2 [13]; Астероиды семейства Евфросины [25]; Солнце в июне – июле 2015 г. [26]; Сатурн в противостоянии [29]; Наноспутники для изучения планет [49]; Солнечный парусник [58]; “Кассини”: новые снимки Тефии и Дионы [64]; “Спитцер”: землеподобная экзопланета [87]; “Радиоастрон”: четыре года исследований [88]; “Новые горизонты”: исследование системы Плутона [94]; 43–45-я экспедиция на МКС [99].

## В номере:

- 3 ГАВРИЛОВ В.Б. Перспективы исследований на Большом адронном коллайдере  
14 СТОЖКОВ Ю.И. Космические лучи в земной атмосфере

## ЭКОЛОГИЯ

- 30 ПАРАМОНОВ С.Г., ПАСТУХОВ Б.В., АБЛЕЕВА В.А. Фоновый мониторинг в Приокско-Террасном заповеднике

## ЛЮДИ НАУКИ

- 39 ЕРЕМЕЕВА А.И. Вильям Парсонс (к 125-летию со дня рождения)  
50 ГЕРАСЮТИН С.А., РУСКОЛ Е.Л. Джерард Койпер (к 110-летию со дня рождения)

## СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 59 ТИХОМИРОВА Е.Н., ТРОФИЛЕВА И.Н. Фестиваль полнокупольных программ

## ИСТОРИЯ НАУКИ

- 66 ЖЕЛНИНА Т.Н. Из истории орбитальных станций до 1957 г. (продолжение)

## ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 78 БЛОХИНА Н.С., ПОКАЗЕЕВ К.В. Уникальное природное явление – термобар

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 89 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: январь – февраль 2016 г.

## ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 103 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Сейсмичность Земли в первом полугодии 2015 г.  
108 Указатель статей и заметок, опубликованных в “Земле и Вселенной” в 2015 г.



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

**На стр. 1 обложки:** Плутон. Фото АМС “Новые горизонты” (расстояние – 450 тыс. км, разрешение – 2,2 км). 13 июля 2015 г. Изображение составлено из снимков, сделанных фотокамерой LORRI, и раскрашено в цвета, определенные прибором Ralph. Фото NASA/JPL (к стр. 94).

**На стр. 2 обложки:** Карта участка поверхности Плутона с неофициальными названиями некоторых деталей рельефа. Фото NASA/JPL (к стр. 97).

**На стр. 3 обложки:** Вверху – фрагмент поверхности спутника Сатурна Тефии (415 × 490 км). Красные дугообразные полосы – разломы в ее ледяном панцире шириной несколько километров и длиной сотни километров. Изображение составлено из снимков, сделанных через светофильтры АМС “Кассини” 11 апреля 2015 г. с расстояния 53 тыс. км (разрешение – 300 м). Фото NASA/JPL (к стр. 64). Внизу – сравнительные размеры обитаемых зон Солнечной системы и систем у звезд с землеподобными экзопланетами Kepler 452b, Kepler 186f (к стр. 13).

**На стр. 4 обложки:** Туманность Шарплесс 2-308. Ее диаметр – 60 св. лет, возраст – 70 тыс. лет, она находится в 5200 св. лет от нас в созвездии Большого Пса. Этот пузырь из ионизованных атомов кислорода, выдутый быстрым ветром горячей звезды Вольфа – Райе массой более 20  $M_{\odot}$ , слабо светится изнутри. Снимок сделал К. Саймон (ESO) 22 июня 2015 г.

#### **In this issue:**

3 GAVRILOV V.B. Research Perspectives at the Large Hadron Collider

14 STOZHOKOV Yu.I. Cosmic Rays in the Earth's Atmosphere

#### **ECOLOGY**

30 PARAMONOV S.G., PASTUKHOV B.V., ABLEYEVA V.A. Background Monitoring in Prioksko-Terrasny Reserve

#### **PEOPLE OF SCIENCE**

39 EREMEYEVA A.I. William Parsons (to the 125<sup>th</sup> Anniversary of Birth)

50 GERASYUTIN S.A., RUSKOL E.L. Gerard Kuiper (to the 110 Anniversary of Birth)

#### **SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES**

59 TIKHOMIROVA E.N., TROFILEVA I.N. Festival of Fulldome Shows

#### **HISTORY OF SCIENCE**

66 ZHELNINA T.N. From the History of Orbital Stations before 1957 (conclusion)

#### **HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS**

78 BLOKHINA N.S., POKAZEYEV K.V. Unique Natural Phenomenon – Thermobar

#### **AMATEUR ASTRONOMY**

89 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: January–February 2016

#### **CHRONICLES OF THE EARTH'S SEISMICITY**

103 STAROVOYTO.E., CHEPKUNASL.S., KOLOMIETSM.V. Seismicity of the Earth in 1<sup>st</sup> half of 2015

108 Index of articles and notes published in “Earth and Universe” in 2015

#### **Редакционная коллегия**

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН,

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,

Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,

академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,

доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,

кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,

член-корр. РАН А.А. МАЛОВИЧКО, доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,

член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,

кандидат физ.-мат. наук О.С. УГОЛЬНИКОВ, член-корр. РАН В.П. САВИНЫХ,

академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

## Перспективы исследований на Большом адронном коллайдере

В.Б. ГАВРИЛОВ,  
доктор физико-математических наук  
Институт теоретической и экспериментальной физики,  
НИЦ “Курчатовский институт”

---

**В 2012 г. в экспериментах на Большом адронном коллайдере (БАК) был обнаружен бозон Хиггса – последний недостающий элемент современной теории микромира. В 2015 г. завершена модернизация коллайдера, и**



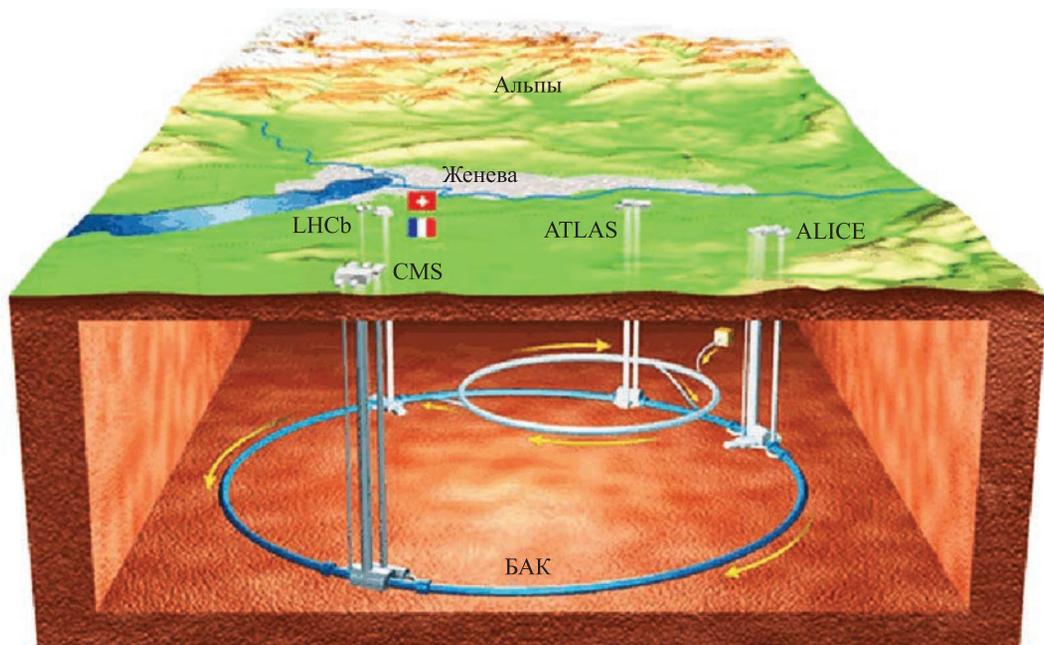
**он начал работу при значительно большей энергии. В статье обсуждаются основные результаты, полученные на коллайдере ранее, и перспективы исследований после его модернизации.**

БАК И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

В первой половине 2015 г. после двухлетнего перерыва начал работать Большой адронный коллайдер – самый мощный экспериментальный комплекс по исследованию фундаментальных частиц и их взаимодействий (Земля и Вселенная, 2008,

№ 6, с. 66–67; 2010, № 3, с. 37; 2013, № 2). БАК сооружен в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН), который находится на границе Швейцарии и Франции, недалеко от Женевы. Ускоритель размещается в тоннеле на глубине около 100 м под землей и представляет собой кольцо из 1624 сверхпроводящих магнитов,

охлажденных до 1,8 К, диаметром 27 км. В этом кольце пучки протонов, движущихся в противоположных направлениях, ускоряются до сверхвысоких энергий, а затем сталкиваются с суммарной энергией 14 ТэВ. В результате достигается максимальная на сегодняшний день энергия, что позволяет исследовать ранее не доступную



область взаимодействия субъядерных частиц.

Для регистрации частиц, образованных при столкновении протонов, в подземных залах расположены четыре основные экспериментальные установки ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus – тороидальный аппарат БАК), ALICE (A Large Ion Collider Experiment – эксперимент большого ионного коллайдера), CMS (Compact Muon Solenoid – компактный мюонный соленоид), LHCb (The Large Hadron Collider beauty experiment – красивый эксперимент БАК) и три вспомогательных детектора. Основная цель экспериментов ATLAS и CMS – поиск новых фундаментальных частиц и явлений, ALICE нацелен

на исследование столкновений ускоренных ядер, LHCb – на изучение распадов В-мезонов.

В экспериментах БАК регистрируются практически все вторичные частицы, образующиеся при столкновении протонов, за исключением тех, что вылетают под углами менее  $1^\circ$  по отношению к сталкивающимся протонам.

#### ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Во второй половине XX в. оформилась современная теория фундаментальных частиц и их взаимодействий, получившая название “стандартная модель” (СМ). В основе СМ лежит квантовая теория поля, объединяющая сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия фунда-

*Схема подземного кольца БАК с указанием расположения экспериментальных установок.*

ментальных частиц с неизвестными составляющими. Такие частицы, как протон и пи-мезон, считавшиеся в 1950-х гг. и начале 1960-х гг. “элементарными”, оказались, состоят из кварков и глюонов, связанных сильными взаимодействиями.

Стандартная модель включает 17 типов фундаментальных частиц, объединенных в четыре группы: кварки, лептоны, калибровочные бозоны и бозон Хиггса, стоящий особняком. Кварки обладают спином  $1/2$  и дроб-

масса →	$\approx 2,3 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 1,275 \text{ ГэВ}/c^2$	$\approx 173,07 \text{ ГэВ}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$
заряд →	2/3	2/3	2/3	0	0
спин →	1/2	1/2	1/2	1	0
	<b>u</b> верхний	<b>c</b> очарованный	<b>t</b> истинный	<b>g</b> глюон	<b>H</b> бозон Хиггса
Кварки	$\approx 4,8 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 95 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 4,18 \text{ ГэВ}/c^2$	0	0
	-1/3	-1/3	-1/3	0	0
	1/2	1/2	1/2	1	1
	<b>d</b> нижний	<b>s</b> странный	<b>b</b> прелестный	<b><math>\gamma</math></b> фотон	
Лептоны	$0,511 \text{ МэВ}/c^2$	$105,7 \text{ МэВ}/c^2$	$1,777 \text{ ГэВ}/c^2$	$91,2 \text{ ГэВ}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
		<b>e</b> электрон	<b><math>\mu</math></b> мюон	<b><math>\tau</math></b> тау	<b>Z</b> Z бозон
	$< 2,2 \text{ эВ}/c^2$	$< 0,17 \text{ МэВ}/c^2$	$< 15,5 \text{ МэВ}/c^2$	$80,4 \text{ ГэВ}/c^2$	
	0	0	0	=1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b><math>\nu_e</math></b> электронное нейтрино	<b><math>\nu_\mu</math></b> мюонное нейтрино	<b><math>\nu_\tau</math></b> тау нейтрино	<b>W</b> W бозон	
					Калибровочные бозоны

**Фундаментальные частицы Стандартной модели.**

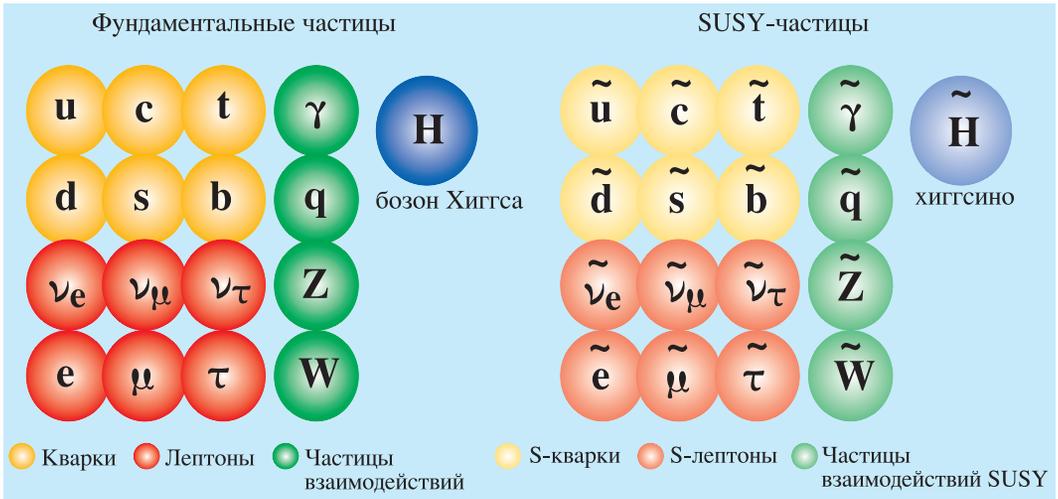
ным зарядом по сравнению с зарядом электрона. Протон и нейтрон содержат три легчайших (верхних и нижних) кварка, связанных глюонами – переносчиками сильных взаимодействий. Кварки и глюоны не могут находиться в свободном состоянии, а входят в состав сильновзаимодействующих частиц – барионов и мезонов. В группу лептонов входят электрически заря-

женные электрон, мюон и тау-лептон, а также электрически нейтральные нейтрино трех типов. В отличие от кварков, лептоны не участвуют в сильных взаимодействиях и могут находиться в свободном состоянии. За перенос электромагнитного взаимодействия отвечает фотон, за слабые взаимодействия – Z- и W-бозоны, за происхождение масс всех фундаментальных частиц – бозон Хиггса.

Наиболее эффективным инструментом для поиска новых фундаментальных частиц стали адронные коллайдеры. В них сталкиваются прото-

ны с протонами либо протоны с антипротонами, ускоренными до энергий, во много раз превышающих их энергию покоя. Впервые зарегистрированы Z- и W-бозоны на протон-антипротонном коллайдере ЦЕРН, топ-кварки на протон-антипротонном коллайдере в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США), бозоны Хиггса на БАК (Земля и Вселенная, 2013, № 2).

После открытия бозона Хиггса в СМ не осталось незаполненных вакансий для новых фундаментальных частиц, но это не означает, что надо прекратить даль-



нейшие поиски новых частиц. Хотя СМ и позволяет описать большинство из полученных данных, эта модель не применима для процессов, которые будут происходить при значительно более высоких энергиях. Вероятно, необходимо ввести в теорию, расширяющую СМ, частицы, ответственные за темную материю во Вселенной. Темная материя проявляется себя в различных астрономических наблюдениях (Земля и Вселенная, 2006, № 1; 2009, № 5; 2010, № 1; 2012, № 5). Со времен А. Эйнштейна ученых не покидает желание включить в единую теорию все виды взаимодействий, в том числе и гравитацию. Гравитация не входит в СМ и не играет заметной роли в процессах с участием фундаментальных частиц, идущих при достигнутых энергиях. Попытки решить указанные выше проблемы нашли

отражение во многих теоретических моделях, направленных на расширение СМ.

К одному из популярных направлений расширения СМ относятся “суперсимметричные” (SUSY) модели. В SUSY-моделях фактически удваивается количество фундаментальных частиц, поскольку всем известным фундаментальным частицам соответствуют их суперсимметричные партнеры, фермионам (объекты с полуцелым спином) – бозоны (объекты с целым спином) и наоборот. В суперсимметричных моделях не возникает проблем при расчетах характеристик процессов, идущих при сверхвысоких энергиях, а легчайшая из новых SUSY-частиц может объяснить природу темной материи во Вселенной.

Желание создать единую теорию фундамен-

*Фундаментальные частицы в SUSY-модели.*

тальных взаимодействий, включающую гравитацию, привела к появлению струнных моделей. В этих моделях частицы описываются как струны в многомерном пространстве. Дополнительные измерения проявляются только на очень малых расстояниях и поэтому не наблюдались до сих пор.

Массы наблюдаемых ранее тяжелых фундаментальных объектов СМ (Z, W, t, H) и характеристики процессов, приводящих к их образованию, были уже предсказаны с той или иной точностью в СМ, прежде чем были экспериментально обнаружены. Что касается масс новых фундаментальных частиц, появляющихся

в разных расширениях СМ, то, в зависимости от значений параметров моделей, их величины могут быть в широких диапазонах. Поэтому, если не наблюдается новых частиц, можно лишь поставить ограничения на области параметров, которые противоречат эксперименту. То же самое относится к масштабу расстояний, на которых должны проявляться дополнительные размерности пространства в соответствующих моделях.

ЧТО РАНЕЕ ПОЛУЧИЛИ НА БАК?

Открытие бозона Хиггса и измерение его основных параметров – наиболее значимый результат исследований, проведенных на БАК в 2010–2012 гг. Зарегистрированы основные моды распада бозона Хиггса ( $ZZ$ ,  $WW$ ,  $\gamma\gamma$ ,  $\tau\tau$  и  $bb$ ) и определены вероятности распада по этим каналам. Совместный анализ данных, полученных на установках ATLAS и CMS, позволил определить наиболее точное на сегодня значение массы бозона Хиггса, равное 125,09 ГэВ. По расчетам СМ, ширина бозона Хиггса с такой массой должна составлять около 4 МэВ, что значительно меньше, чем разрешение установок ATLAS и CMS, и поэтому она не может быть измерена по ширине пика в массовом распределении четырех лептонов. Наи-

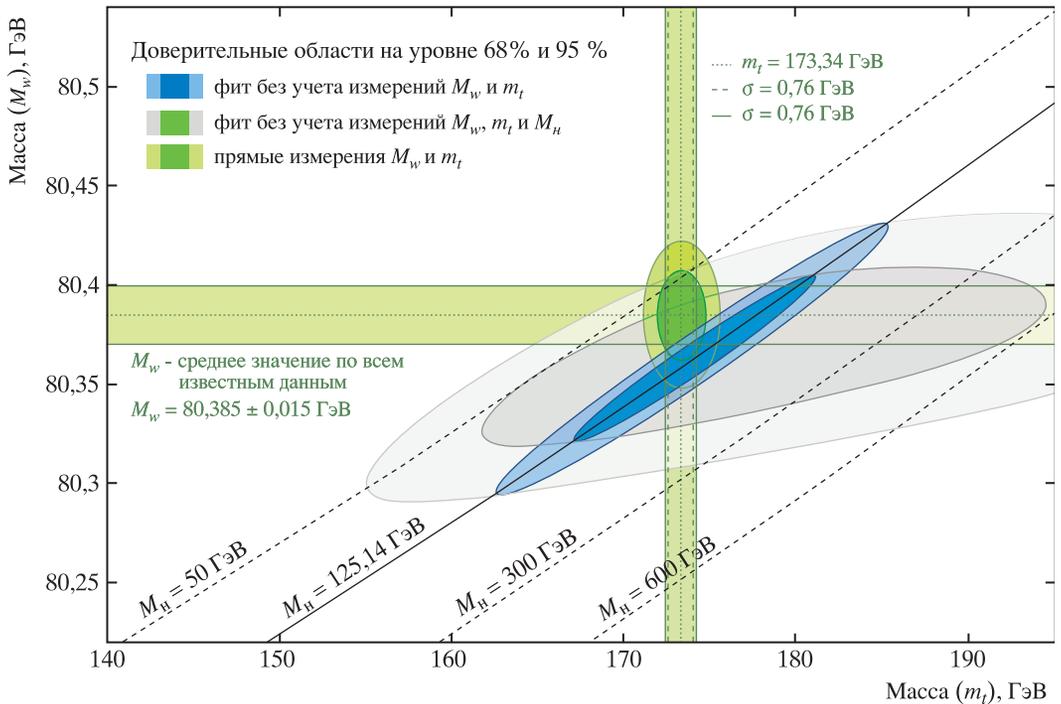
более строгое ограничение для ширины бозона Хиггса было получено в эксперименте CMS на основе анализа событий образования пары Z-бозонов с большой инвариантной массой. Установлено, что ширина бозона Хиггса на уровне достоверности 95% не превышает 22 МэВ. Исследованы его спин и четность, константы взаимодействия с другими частицами. Все свойства бозона Хиггса находятся в согласии с СМ в пределах экспериментальной точности.

Кроме бозона Хиггса искали новые частицы и процессы вне СМ, всевозможные проявления SUSY-моделей, образование суперсимметричных партнеров частиц СМ. При распаде SUSY-частиц в конечном итоге образуются легчайшие SUSY-частицы. Они стабильны и не регистрируются в детекторах, а могут только косвенно наблюдаться по присутствию большого недостающего поперечного импульса. Попытки обнаружить на установках ATLAS и CMS какие-либо процессы с образованием SUSY-частиц ни к чему не привели. Пришлось установить более строгие ограничения на области распространения их параметров, но еще остаются большие области этих параметров, в которых эксперименты на БАК оказываются нечувствительными.

Косвенным указанием на существование SUSY-частиц может быть отличие от предсказаний СМ вероятностей распада  $B_s$  мезона, состоящего из b- и s-кварков, на два мюона разных знаков. По расчетам СМ, его вероятность должна быть около  $4 \times 10^{-9}$ , то есть в среднем только четыре раза на миллиард. В случае SUSY-моделей вероятность такого распада предсказывалась гораздо большая для значительной области параметров. На протяжении многих лет поиски распада велись в различных лабораториях, но до БАК чувствительности коллайдеров не хватало. И только совместное рассмотрение результатов, полученных CMS и LHCb, указывало на достоверное наблюдение этого распада. Вероятность возникновения двух мюонов хорошо согласуется с СМ, что наложило дополнительные ограничения на область возможных параметров SUSY-моделей.

Поиск экзотических частиц и явлений вне рамок СМ, включая предсказанные в моделях с дополнительными пространственными размерностями, также не увенчался успехом, хотя и поставил новые ограничения на области разрешенных параметров в различных моделях.

В экспериментах БАК в области максимально доступных энергий изучены различные процессы СМ



и она подверглась проверке. Измерены сечения топ-кварков, Z- и W-бозонов. Образование адронных струй с большими поперечными импульсами позволило проверить квантовую хромодинамику в ранее не исследованной области. Результаты всех этих исследований согласуются с СМ.

В рамках СМ можно достаточно точно рассчитать соотношение между массами бозона Хиггса, топ-кварка и W-бозона, подтвержденное данными БАК.

#### МОДЕРНИЗАЦИЯ БАК

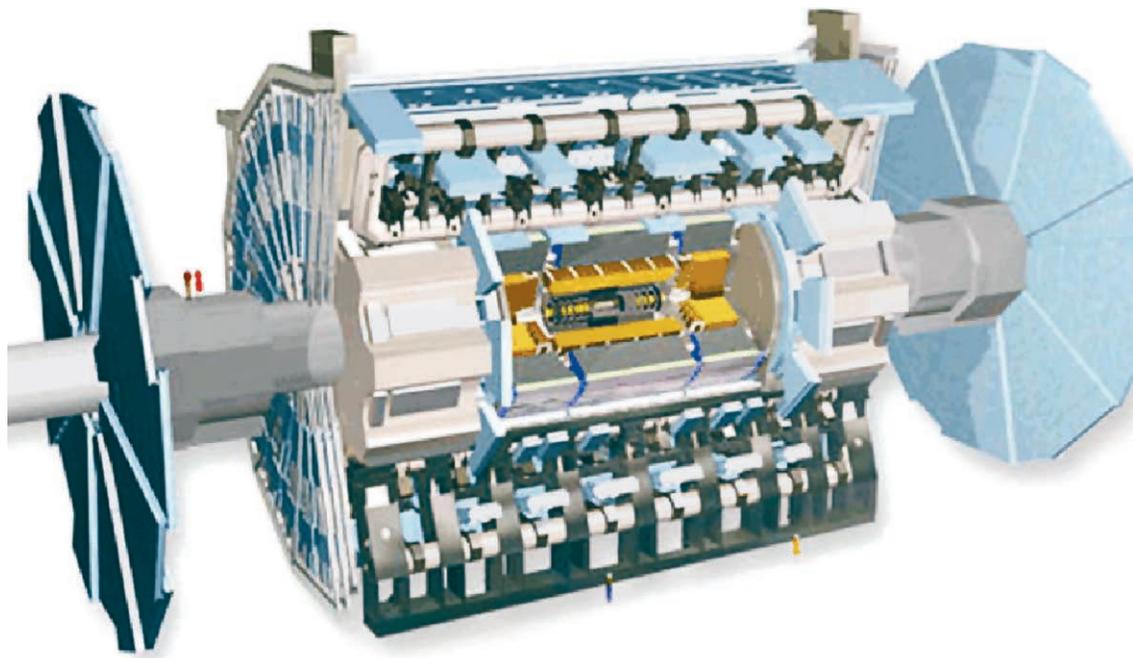
Основной целью оставки БАК на реконструкцию стало проведение работ, необходимых

для увеличения энергии сталкивающихся протонов. Максимальная энергия протонов в коллайдере определяется наиболее устойчивым магнитным полем в сверхпроводящих магнитах, которые удерживают протоны в пространстве. Если магнитное поле в сверхпроводнике превышает определенное пороговое значение, то сверхпроводимость нарушается и происходит отключение магнита. Происходит небольшое смещение сверхпроводящей обмотки в магните, в последующем включении магнит способен устойчиво функционировать при более высоком уровне магнитного поля в области пучка

*Диаграмма Стандартной модели. Современный уровень точности измерений для соотношения масс бозона Хиггса, топ-кварка и W-бозона (пересечение синего и зеленого эллипсов) хорошо согласуется со Стандартной моделью.*

протонов, чем до потери сверхпроводимости. Доведение магнитов до потери сверхпроводимости путем повышения тока в сверхпроводящих обмотках называется "тренировкой" магнитов.

Первоначальное значение максимального магнитного поля в области пучка немного отличалось для разных



*Устройство экспериментальной установки ATLAS Большого адронного коллайдера. В центре установки расположены трековые детекторы, окруженные электромагнитными и адронными калориметрами. Во внешней части установки расположены мюонные камеры.*

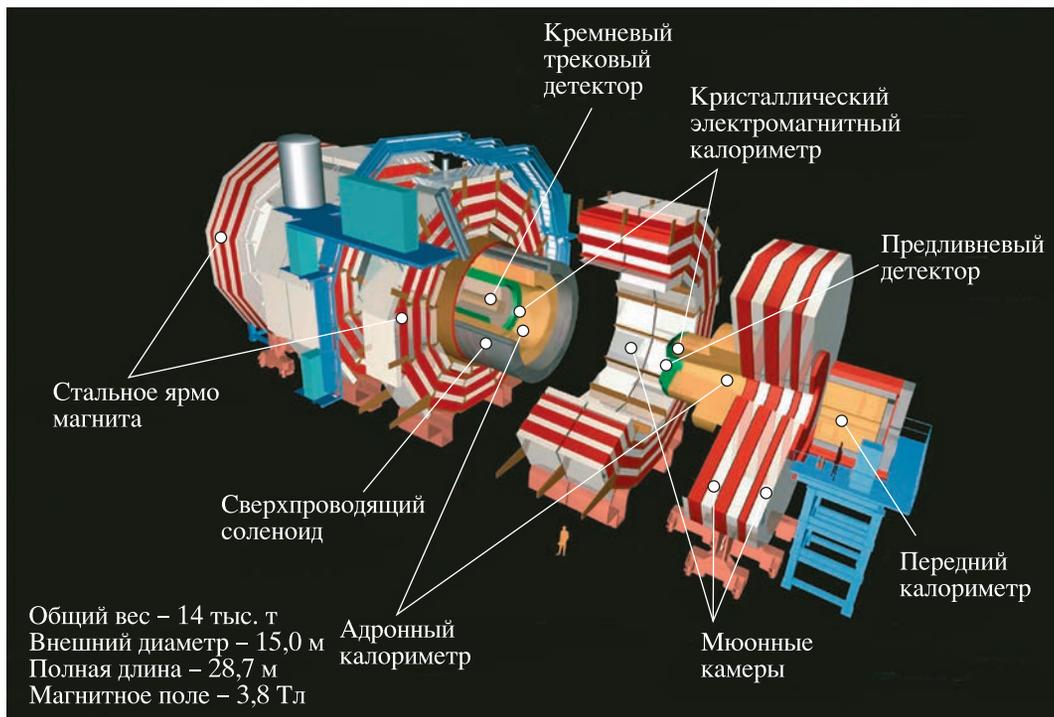
магнитов БАК, поэтому потребовалось провести множество циклов настройки магнитов, чтобы добиться их устойчивой работы для удержания протонов с энергией 6,5 ТэВ в каждом из сталкивающихся пучков.

При нарушении сверхпроводимости в обмотках магнита электрический ток из сверхпроводника перенаправляется в медные шины, которые

оказываются окружены сверхпроводником. В такой момент на эти шины приходится значительная нагрузка, максимальная в области соединения медных шин соседних магнитов. Чтобы избежать чрезмерного разогрева контактов шин соседних магнитов, потребовалось значительно их укрепить по сравнению с 2012 г., когда энергия протонов составляла 4 ТэВ. Поскольку устранение мелких неполадок БАК и укрепление контактов шин велось при комнатной температуре, а разогрев и охлаждение магнитов требует много времени, все заняло около двух лет. В настоящее время системы БАК и установки приведены в рабочее состояние, выполняется их

комплексная проверка с пучками протонов.

Одновременно проводилась модернизация экспериментальных установок. В установке ATLAS добавлен слой кремниевых трековых детекторов, расположенных в непосредственной близости к месту столкновения пучков. Специалисты смогут точнее регистрировать распады короткоживущих частиц в точке их образования. В торцевых областях CMS смонтированы внешние мюонные камеры, они смогут лучше отделять от фонов сигналы мюонов. Во внешнем центральном адронном калориметре гибридные вакуумные фотодиоды заменили на кремниевые фотодетекторы, нечувствительные



к магнитным полям. Все установки дополнены вычислительными станциями для быстрого отбора сигнальных событий, регистрируемых для дальнейшей обработки и анализа. Вычислительные станции повысили мощность каналов связи установок с центральным вычислительным комплексом ЦЕРН, это увеличит число записываемых событий.

#### ПЛАН РАБОТ БАК

В настоящее время завершилась подготовка БАК к работе на всех установках. Проведены проверки столкновений протонов при минимальной энергии – по 450 ГэВ в каждом из пучков, а

затем при энергиях по 6,5 ТэВ. С такой энергией БАК будет функционировать в 2015 г.

Следует отметить, что ускоренные протоны в БАК формируют сгустки по  $10^{11}$  протонов в каждом и именно эти группы протонов встречаются внутри установок. После проверки всех систем БАК на первом этапе были ускорены протоны всего в нескольких сгустках и проведены их столкновения. Затем количество групп доведут до 1300 в каждом из пучков, и некоторое время БАК продолжит исследования в таком режиме, так как необходимо проверить работу узлов установок и произвести

*Схема экспериментальной установки CMS и ее основных частей.*

точную настройку их параметров.

На следующем этапе количество групп протонов в каждом пучке предполагается увеличить до 2592 – это расчетный параметр БАК. Таким образом светимость БАК увеличится до  $10^{34}$  см<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>, что соответствует примерно миллиарду столкновений в секунду. Во второй половине 2015 г. специалисты улучшили фокусировку и точность сведения пучков в местах их пересечения. К кон-

цу 2015 г. интегральная светимость БАК в условиях ATLAS и CMS составила около 10 фемтобарн<sup>-1</sup> (фб<sup>-1</sup>; 1 фемтобарн = 10<sup>-39</sup> см<sup>2</sup>), то есть примерно 10<sup>14</sup> взаимодействий протонов в каждом из этих экспериментов. При этом удвоится количество зарегистрированных на БАК бозонов Хиггса.

Дальнейшая модернизация БАК пойдет в основном по пути увеличения светимости и повышения энергии протонов до расчетной величины – 7 ТэВ в каждом из пучков. Планируется набрать интегральную светимость примерно 300 фб<sup>-1</sup> к концу 2018 г. и примерно 3000 фб<sup>-1</sup> к середине 2030-х гг.

ЧТО ОЖИДАЕТСЯ?

В 2015 г. на БАК будет увеличена энергия пучков протонов с 4 ТэВ до 6,5 ТэВ, но накопленная светимость в экспериментах ожидается примерно в два раза меньше, чем в 2012 г. Можно ожидать принципиально новых результатов в поиске явлений вне СМ, для наблюдения которых ранее не хватало энергии сталкивающихся протонов. В первую очередь это касается поиска SUSY-частиц в области масс, недоступных ранее, но определяемых при энергии 13 ТэВ. Возможно дальнейшее уточнение параметров бо-

зона Хиггса, поскольку количество событий с его образованием, вероятно, удвоится к концу 2015 г. Ученые проверят СМ в новой, пока еще не исследованной области энергий.

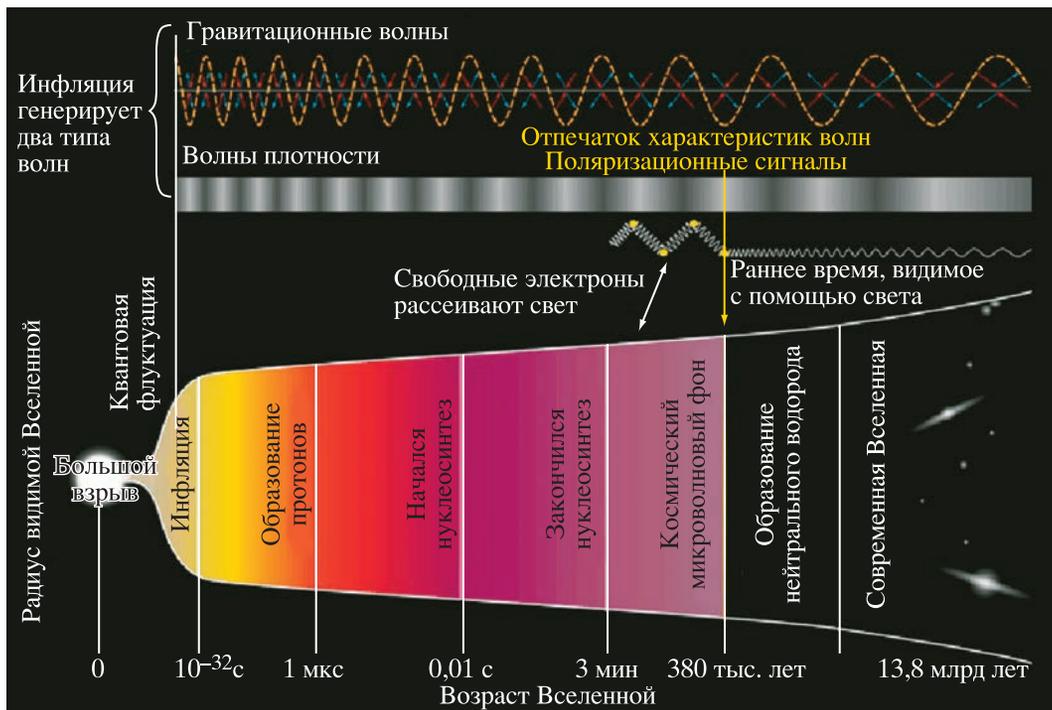
В последующие годы повышение светимости БАК значительно увеличит число событий образования бозона Хиггса. Это приведет к существенному возрастанию точности измерения его параметров и наблюдению редких распадов, например распада на два мюона, пока еще не зарегистрированного. Могут быть обнаружены новые частицы и явления вне СМ. Вероятность этих процессов очень мала, и для их регистрации потребуется обеспечить значительно большее число столкновений протонов, чем это планировалось в 2015 г.

СТОЛКНОВЕНИЯ ЯДЕР  
СВИНЦА НА БАК

Кроме пучков протонов, на БАК можно ускорять ядра свинца. В этом случае достигается гораздо большая по сравнению со столкновениями протонов энергия в системе центра масс – 574 ТэВ. Хотя такое увеличение энергии не дает преимуществ для поиска частиц и явлений вне СМ, оно позволяет достичь максимальной плотности энергий в объеме, значительно превышающем размер протона.

Согласно современным представлениям об эволюции Вселенной, она образовалась около 14 млрд лет назад в результате Большого взрыва и с тех пор непрерывно расширялась (Земля и Вселенная, 2007, № 3; 2009, № 2; 2012, № 5; 2014, № 1). В период от 10<sup>-12</sup> до 10<sup>-6</sup> с после Большого взрыва вещество во Вселенной находилось в состоянии кварк-глюонной плазмы (КГП), когда протоны и нейтроны еще не образовались, а кварки и глюоны могли свободно перемещаться в пространстве. В дальнейшем плотность вещества и энергии во Вселенной уменьшилась. Примерно через 10<sup>-6</sup> с после Большого взрыва образовались протоны и нейтроны, а кварки и глюоны оказались запертыми в них.

При взаимодействии высокоэнергичных ядер свинца можно достичь условий, сходных с теми, что были в первые мгновения после Большого взрыва. При повышении энергии ядер возрастает температура в области взаимодействий. Наибольшая энергия достигается при лобовом столкновении ядер, плотность энергии достигла 10 ГэВ/фм<sup>3</sup>, а температура – примерно 300 МэВ, или  $3 \times 10^{12}$  К. Эти параметры позволяют создать КГП и на БАК исследовать ее свойства.



Кварк-глюонная плазма, полученная при столкновении ядер, существует недолго, поскольку система быстро расширяется и охлаждается, что приводит к появлению большого числа вторичных частиц. Для исследования свойств КГП используются различные частицы с высокими энергиями, которые также образуются при столкновении ядер и успевают пролететь через область КГП до ее расширения и распада. Фотоны и Z-бозоны проходят через область КГП, практически не поглощаясь, а кварки и глюоны теряют энергию.

Повышение энергии столкновения ядер на БАК в 2015 г. по сравне-

нию с той, что была достигнута ранее, позволит исследовать КГП при еще большей температуре, то есть приблизиться к условиям, существовавшим в ранней Вселенной. Полученные на БАК данные о взаимодействии ядер свинца при максимально доступных энергиях позволят исследовать состояние вещества во Вселенной в период от  $10^{-12}$  до  $10^{-6}$  с после Большого взрыва. Поскольку астрофизические наблюдения не дают напрямую заглянуть в эту область, то результаты БАК помогут уточнить модель развития ранней Вселенной. Заметим, что реликтовое космическое излучение относится к периоду около 400 тыс. лет после

*Схема расширения Вселенной после Большого взрыва. Показана эволюция состояния вещества в ранней Вселенной по мере ее расширения.*

Большого взрыва, когда Вселенная остыла настолько, что произошла рекомбинация протонов и электронов в атомы водорода.

Одна из загадок ранней Вселенной – появление барионной асимметрии. По современным астрофизическим данным, все наблюдаемые космические объекты состоят из вещества, антивещества практически нет. Однако, согласно

модели Большого взрыва, кварки и антикварки в равном количестве присутствовали в КГП. Исследование взаимодействий частиц при высоких энергиях может помочь найти ответ на эту загадку.

После успешного обнаружения бозона Хиггса

и проверки СМ при энергии сталкивающихся протонов 8 ТэВ предполагается получить данные на энергии 13 ТэВ. Увеличение энергии позволит изучить неисследованную ранее область и, если повезет, увидеть, как устроен мир субъядерных частиц за рамками

СМ. Однако, в отличие от случая обнаружения бозона Хиггса, у нас пока нет четких предсказаний о том, какие новые процессы и частицы могут наблюдаться при более высоких энергиях и сколько протонов потребуются столкнуть, чтобы их увидеть.

---

## Информация

---

### “Кеплер” нашел Землю-2

В 20-ю годовщину обнаружения первой экзопланеты (1995) космической обсерватории “Кеплер” удалось найти в созвездии Лебедя планету и звезду – почти полные копии Земли и Солнца. Эта система находится в 1400 св. лет от нас. Звезда Kepler 452 относится к спектральному классу G2, но на 20% ярче и на 10% больше в диаметре, чем Солнце. Траектория движения Kepler 452b во-

круг звезды совпадает с орбитой Земли, год на экзопланете равен 385 земным суткам. Среда обитания на Kepler 452b имеет признаки сходства с нашей, то есть обладает всем необходимым для существования биологических организмов. По размерам она на 60 % больше Земли, ее возраст 6 млрд лет. В NASA предполагают, что жизнь на Kepler 452b вполне возможна.

К началу 2014 г., за 3,5 года работы по основной программе, каталог “Кеплер” насчитывает 4175 объектов, из более 3500 кандидатов 246 планет подтверждены различными научными группами исследователей. 14 мая 2014 г. обсерватория вышла из строя: сломался один из

трех гироскопов, а компьютер перешел в безопасный режим (Земля и Вселенная, 2014, № 5). Инженеры Лаборатории реактивного движения перевели “Кеплер” в особый топливосберегающий режим и поддерживают положение аппарата с помощью двигателей. Так может продолжаться достаточно долго – несколько лет. 30 мая 2014 г. стартовала новая миссия “K2”, которая представляет собой наблюдение за яркими звездами в плоскости эклиптики. С этого времени воскресшая обсерватория обнаружила на стыке созвездий Лебедя и Лиры дюжину планет, похожих по размерам на Землю.

Пресс-релиз NASA,  
23 июля 2015 г.

## Космические лучи в земной атмосфере

СТОЖКОВ Ю.И.,  
доктор физико-математических наук  
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Ученые зависят не от идей одного человека, а от комбинированной мудрости тысяч людей, которые все вместе думают над одной и той же проблемой. Каждый из них вносит свой маленький вклад в структуру знания, которая постепенно выстраивается.

*Эрнест Резерфорд*

7 августа 2012 г. научная общественность отметила знаменательную дату – 100-летие со дня открытия космических лучей австрийским ученым В. Гессом. В этот день он поднялся на воздушном шаре на высоту 5200 м и с помощью двух электроскопов измерил скорость ионизации воздуха. На основе полученных данных В. Гесс сделал заключение о существовании приходящей сверху проникающей радиации, которая впоследствии была названа космическими лучами (КЛ).

Космические лучи – заряженные частицы, которые состоят из протонов (85%), а-ча-



стиц (10%) и более тяжелых ядер (5%). Они рождаются главным образом в нашей Галактике (Земля и Вселенная, 1988, № 3; 2006, № 3; 2010, № 3). КЛ занимают важное место в исследованиях по астрофизике, ядерной фи-

зике, в изучении физики Солнца, солнечно-земных связей, физики атмосферы. Достаточно сказать, что в межзвездной среде нашей Галактики плотности энергии КЛ, межзвездной плазмы, энергии межзвездного магнитного поля примерно одинаковы и равны  $0,5-1 \text{ эВ/см}^3$ .

В статье рассказывается о долговременном эксперименте по регулярной регистрации потоков заряженных частиц в атмосфере, о связи этих потоков с солнечной активностью, их влиянии на электрические свойства атмосферы и их роли в процессе глобального потепления.

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО РЕГИСТРАЦИИ КЛ

За прошедшие с момента открытия КЛ годы многие лаборатории мира изучают их свойства и характеристики. Наблюдения за ними проводятся в открытом космосе, в земной атмосфере, на поверхности Земли, в глубоких шахтах и под ледяным панцирем Антарктиды. Установлено, что энергия частиц КЛ занимает очень широкий диапазон – от  $10^6$  эВ до  $10^{21}$  эВ ( $1 \text{ эВ} = 1,6 \times 10^{-12}$  эрг). На поверхности Земли КЛ регистрируют ионизационные камеры, мезонные телескопы и нейтронные мониторы. Измерения в атмосфере выполняют специальные радиозонды, поднимаемые на высоту 30–35 км. Для измерений в межпланетной среде используются искусственные спутники Земли и космические ракеты.

Мы будем рассматривать КЛ с энергией до  $5 \times 10^{10}$  эВ (50 ГэВ), которые составляют бо-

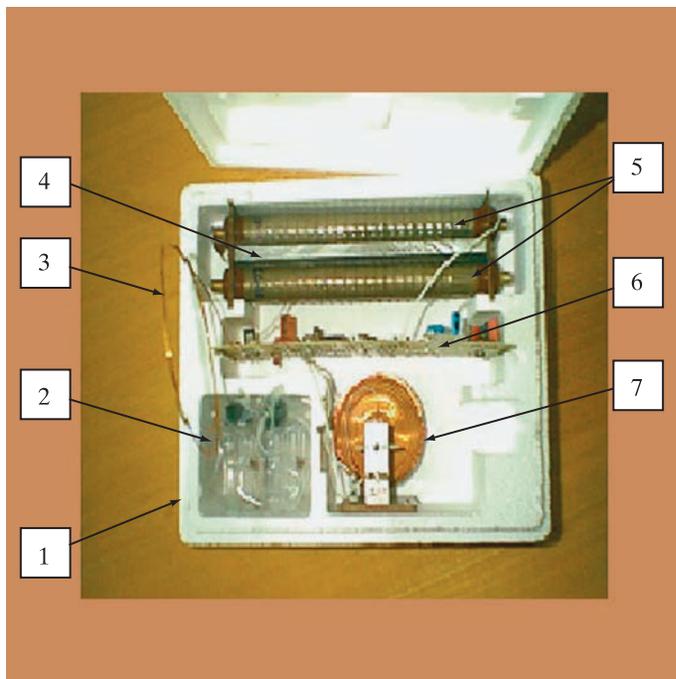
лее 95% всех частиц КЛ и несут более 60% всей их энергии. Характерная особенность частиц данного энергетического интервала – существенные временные изменения (вариации) их потоков от долей до нескольких десятков процентов. Солнечная активность – главная причина вариаций потоков КЛ.

Регулярные наблюдения потоков заряженных частиц в атмосфере с помощью радиозондов, поднимаемых на метеорологических баллонах, организовали академик С.Н. Вернов и его соратник профессор А.Н. Чарухьян. С середины 1957 г. измерения в атмосфере от уровня Земли до высоты 30–35 км производятся в север-

ных и южных полярных широтах и вблизи Москвы (Земля и Вселенная, 1977, № 1). В это же время академик С.Н. Вернов и профессор Н.В. Пушков впервые организовали в СССР сеть наземных станций КЛ, которые проводили (и проводят в настоящее время) непрерывные наблюдения потоков космических частиц на поверхности Земли.

Атмосфера Земли в этих экспериментах – естественный поглотитель частиц КЛ. Частицы малых энергий поглощаются в верхних слоях атмосферы, но чем выше энергия частиц, тем более глубоко они проникают в атмосферу. Кроме того, измерения в атмосфере проводятся на разных широтах

*Радиозонд для измерений потоков заряженных частиц в атмосфере: 1 – пенопластовый корпус, 2 – батареи питания, 3 – антенна, 4 – алюминиевый фильтр толщиной 7 мм, 5 – телескоп из двух газоразрядных счетчиков, 6 – электронная схема с блоком высоковольтного напряжения (~450 В) и УКВ-передатчиком, 7 – датчик атмосферного давления.*





(полярных, средних и низких). В этих случаях магнитное поле Земли служит анализатором частиц по их магнитной жесткости. В северные и южные полярные районы приходят частицы самых малых жесткостей. Наименьшие для данной широты значения ( $R_c$ ) называются геомагнитной жесткостью обрезания. По мере приближения к геомагнитному экватору  $R_c$  начинают возрастать и в экваториальных районах достигают 15–17 ГВ, что соответствует энергии протонов 14–16 ГэВ.

Мониторинг заряженных частиц в атмосфере выполняется с помощью радиозондов КЛ, разработанных в Физическом

институте им. П.Н. Лебедева РАН. В качестве детекторов в них применяются два газоразрядных счетчика СТС-6 отечественного производства. Верхний счетчик регистрирует глобальный поток заряженных частиц, падающих на него со всех направлений. Поток состоит из космических частиц, низкоэнергичных частиц радиоактивности (если она присутствует в атмосфере) и частиц, выпадающих в атмосферу в полярных широтах из внешнего радиационного пояса под действием геомагнитных возмущений. Верхний и нижний газоразрядные счетчики образуют телескоп двойных совпадений. Теле-

*Стандартный нейтронный монитор, действующий в Институте космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера. СО РАН, Якутск.*

---

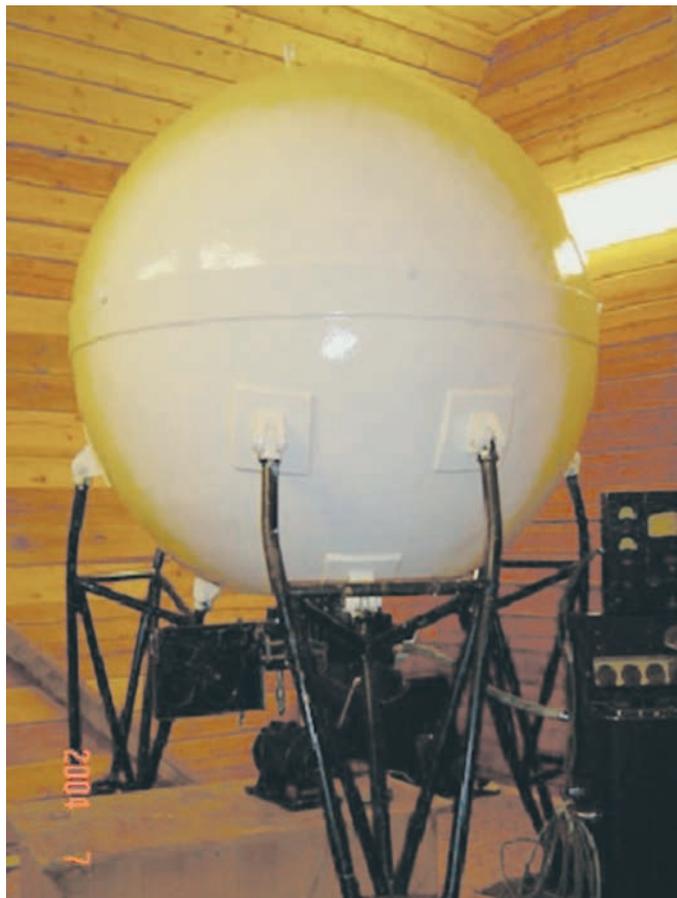
скоп регистрирует частицы, падающие на него с вертикального или близкого к нему направления. Между счетчиками помещен 7-мм алюминиевый фильтр, который поглощает частицы от радиоактивного распада и частицы, выпадающие из магнитосферы. Таким образом, телескоп регистрирует только космические частицы. Радиозонд КЛ передает на приемную наземную станцию радиоимпульс от каждой частицы, прошедшей

*Ионизационная камера, созданная в 1951 г. и по настоящее время действующая в Институте космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафара. СО РАН. Якутск.*

через газоразрядный счетчик или телескоп. С 1957 г. выпущено более 85 тыс. таких приборов.

До начала 1990-х гг. запуски радиозондов космических лучей проводились практически ежедневно. Но с 1990 г., в связи с недостаточным финансированием, запуски радиозондов на некоторых станциях прекратились совсем, а на других станциях проводятся три раза в неделю. На уровне Земли основные приборы, регистрирующие КЛ – нейтронные мониторы. В настоящее время в России работает 14 станций по непрерывной регистрации КЛ нейтронными мониторами, что составляет существенную часть мировой сети таких станций. К сожалению, работали свой ресурс ионизационные камеры, регистрирующие проникающую компоненту КЛ. По-видимому, в настоящее время единственный такой прибор действует в Якутске.

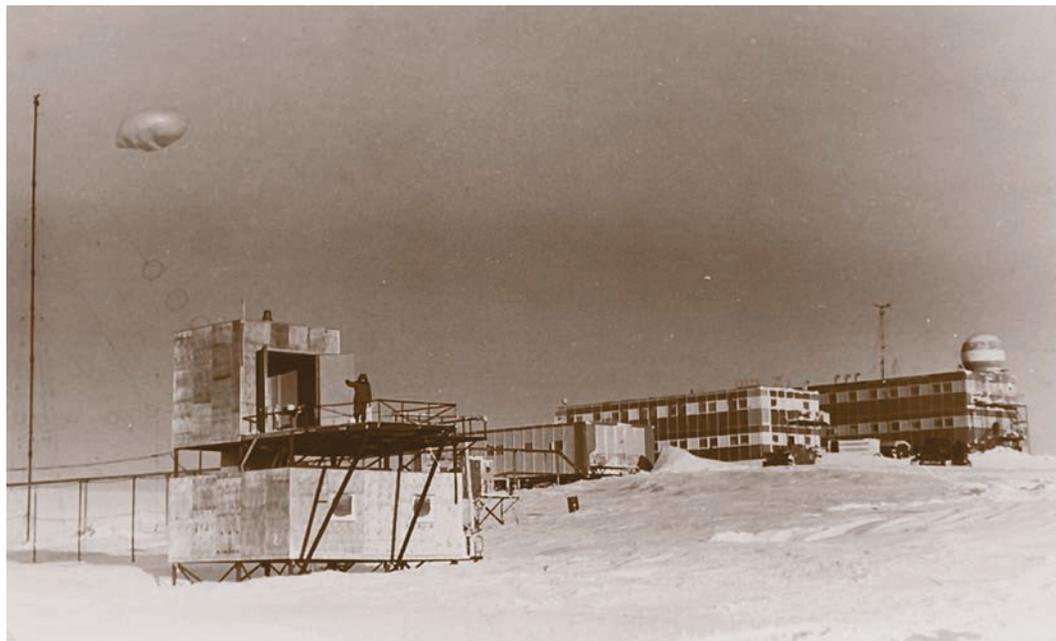
Наиболее длинные ряды экспериментальных данных о КЛ в атмосфере зарегистрированы в северных полярных широтах ( $R_c = 0,6$  ГВ) в Мурманской области. За по-



следние примерно 10 лет эти данные получены совместно с Полярным геофизическим институтом РАН; в Антарктиде на станции Мирный ( $R_c = 0,03$  ГВ) при активной поддержке Арктического и Антарктического научно-исследовательского института Росгидромета; под Москвой в г. Долгопрудном ( $R_c = 2,4$  ГВ); в Крыму ( $R_c = 5,6$  ГВ) совместно с Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР; в Норильске ( $R_c = 0,5$  ГВ) совместно с Институтом солнечно-земной физи-

ки СО АН СССР в Иркутске; в Тикси ( $R_c = 0,5$  ГВ) совместно с Тиксинской геофизической обсерваторией ИКФИА АН СССР; в Алма-Ате ( $R_c = 6,7$  ГВ) совместно с Казахским государственным университетом; в Ереване ( $R_c = 7,6$  ГВ) совместно с Ереванским физическим институтом АН Армянской ССР.

Детальное распределение потоков заряженных частиц в атмосфере в интервале широт от полярных районов до экваториальных было измерено в нескольких



морских экспедициях в периоды нескольких максимумов и минимумов солнечной активности. В каждом полете радиозонда после обработки данных мы регистрируем высотные кривые – зависимости скорости счета заряженных частиц от атмосферного давления ( $\text{г/см}^2$ ) или от высоты.

Наблюдаемая зависимость объясняется следующим образом: высокоэнергичные частицы КЛ, приходящие из межзвездной среды нашей Галактики, падают на границу атмосферы, взаимодействуют с ядрами воздуха и образуют вторичные частицы. Чем выше энергия падающей частицы, тем больше вторичных частиц образуется в атмосфере. Очень высокоэнергич-

ные частицы образуют огромное число вторичных частиц, называемых широкими атмосферными ливнями. Эти вторичные частицы и регистрируются радиозондами в атмосфере. На разных широтах по мере увеличения атмосферного давления (при приближении к земной поверхности) потоки вторичных заряженных частиц сначала возрастают, достигают максимума (максимум Пфотцера, или максимум переходной кривой в атмосфере), затем начинают существенно поглощаться воздухом, и к уровню Земли доходит небольшая часть вторичных КЛ.

При обработке данные радиозондов КЛ распределяются по 52 уровням в атмосфере в интервале

*Запуск радиозонда для исследования космических лучей на станции Мирный. Антарктида, 1982 г.*

давлений 5–1000  $\text{г/см}^2$ , что соответствует высотам от 35 км до уровня Земли.

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ  
И ГАЛАКТИЧЕСКИЕ  
КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

Галактические КЛ рождаются в нашей Галактике, их источники – взрывы сверхновых звезд. Из межзвездной среды КЛ приходят в Солнечную систему. Орбиты Земли достигает только часть потока КЛ, меняющаяся со временем из-за изменений уровня солнеч-

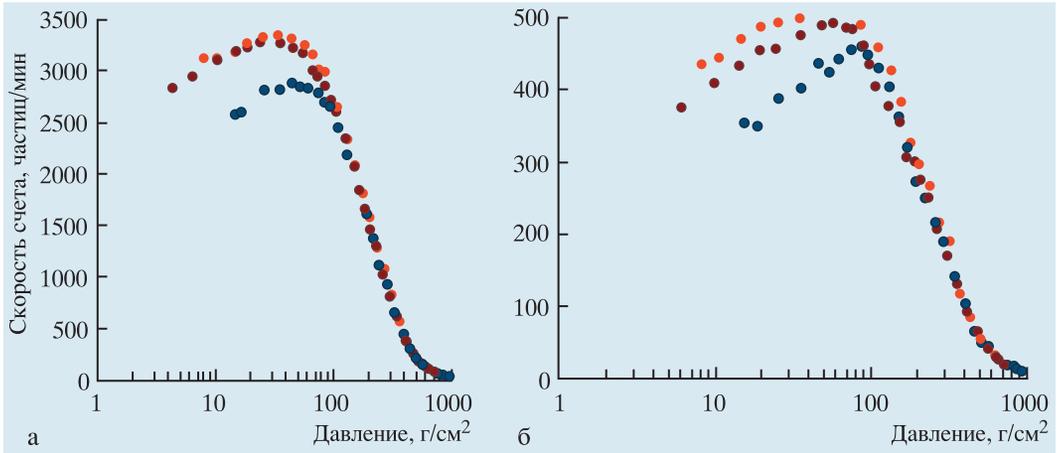
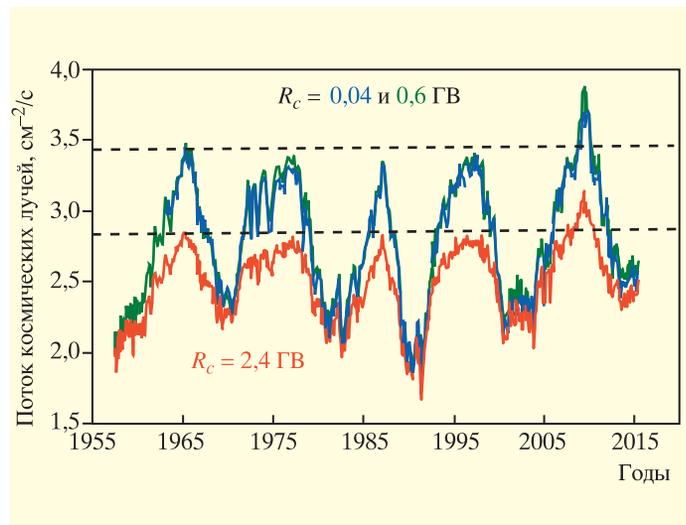


График зависимости скорости счета заряженных частиц от атмосферного давления (переходная кривая в атмосфере): а – данные одиночного счетчика, б – данные телескопа. Красные точки – северная полярная широта, Мурманская область; коричневые точки – Антарктида, Мирный; синие точки – северная средняя широта, Московская область, Долгопрудный.

ной активности. Дело в том, что околосолнечное пространство заполнено солнечным ветром с замороженным в него солнечным магнитным полем. На орбите Земли скорость солнечного ветра достигает 400 км/с, его плотность – 5–10 частиц/см<sup>3</sup>, индукция межпланетного магнитного поля –  $4-8 \times 10^{-5}$  Гс.

межпланетное магнитное поле занимают в межзвездной среде сферу, радиус которой примерно 100 а.е. Этот объем называется гелиосферой. В магнитном поле гелиосферы существуют многочисленные возмущения (магнитные неоднородности), которые переносятся солнечным ветром. Часть КЛ в результате рассеяния на этих движущихся неод-

График временного хода среднемесячных значений потоков заряженных частиц в максимуме переходной кривой в атмосфере (зеленая кривая – Мурманская область; синяя – Антарктида, Мирный; красная – Московская область, Долгопрудный). Пунктирные прямые – уровень потока галактических КЛ, измеренный в мае 1965 г.



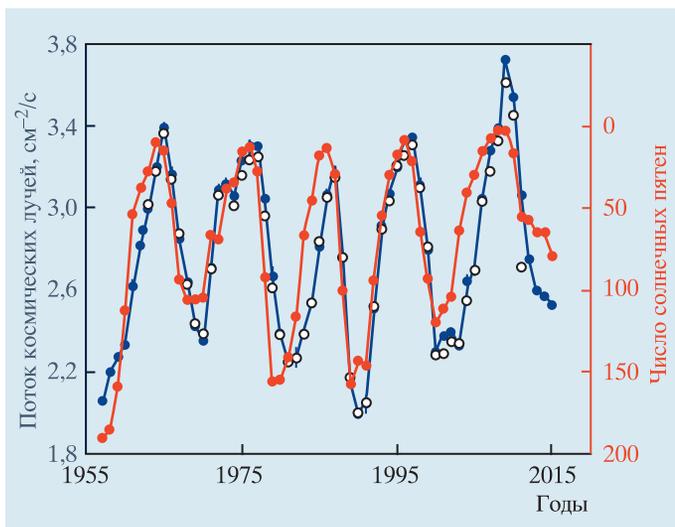


График временного хода среднегодовых значений потоков заряженных частиц в максимуме переходной кривой (синие кружки – Мурманская область, белые кружки – Антарктида, Мирный) и временного хода среднегодовых значений числа солнечных пятен  $R_z$  (красные кружки). Вертикальная ось для  $R_z$  дана справа и имеет обратный масштаб.

нородностях снова выносятся солнечным ветром в межзвездную среду. Поэтому регистрируемый на орбите Земли и в межпланетном пространстве поток КЛ меньше, чем в межзвездной среде, и его величина зависит от уровня солнечной активности.

Обычно уровень солнечной активности определяется числом солнечных пятен  $R_z$  (или их групп), наблюдаемых на солнечной фотосфере. Долговременные изменения  $R_z$  носят квазипериодический характер, достигая минимума (максимума) через примерно 11 лет (Земля и Вселенная, 2001, № 2; 2005, № 2). В минимумах 11-летнего солнечного цикла  $R_z$  очень низкое, суточные значения  $R_z$  лежат в пределах 0–20. В максимумах солнечной активности они могут достигать нескольких сотен. Такие

крупномасштабные изменения солнечной активности сильно влияют на характеристики межпланетной среды, в частности на плотность магнитных неоднородностей в солнечном ветре и, соответственно, на потоки КЛ в гелиосфере. Нужно отметить, что текущий 24-й солнечный цикл был невысоким ( $R_z < 90$ ). Низкая солнечная активность ожидается и в новом, 25-м солнечном цикле.

Кроме хорошо изученного 11-летнего цикла на Солнце и в гелиосфере существует магнитный цикл. Известно, что высокоширотные магнитные поля Солнца меняют свою полярность в период максимума или близко к максимуму солнечной активности. Полный цикл или период изменения направлений магнитных полей на Солнце и в гелиосфере состав-

ляет около 22 лет (солнечный магнитный цикл). Различают положительную и отрицательную фазы солнечного магнитного цикла. Положительная фаза соответствует периоду времени, когда магнитные силовые линии в северных полярных широтах (выше  $60^\circ$ ) выходят из солнечной фотосферы и в северной половине гелиосферы межпланетное магнитное поле направлено от Солнца. В южной половине, наоборот, магнитные силовые линии в южных солнечных полярных широтах входят в солнечную фотосферу и межпланетное магнитное поле направлено к Солнцу. Такую ситуацию мы наблюдаем в настоящее время. Северное и южное полушария гелиосферы с противоположно направленными магнитными полями разделены гелиосферным токовым

слоем, форма которого зависит от уровня солнечной активности. При низкой солнечной активности токовый слой почти плоский, при высокой активности он имеет сложную форму.

Галактические КЛ из межзвездной среды за счет диффузии проникают в Солнечную систему. Часть из них испытывает конвективный вынос в обратном направлении – в межзвездную среду. Диффузия частиц происходит на неоднородностях межпланетного магнитного поля, а их конвективный вынос из гелиосферы осуществляется магнитными неоднородностями, движущимися с солнечным ветром. При распространении заряженных частиц в расширяющихся магнитных неоднородностях межпланетного магнитного поля КЛ теряют часть своей энергии (адиабатические потери энергии). Кроме процессов диффузии, конвективного выноса частиц и адиабатических потерь энергии существует процесс, вызванный дрейфом КЛ в квазирегулярном магнитном поле гелиосферы. В течение положительной фазы 22-летнего магнитного цикла в каждой полусфере дрейф положительно заряженных частиц направлен к Солнцу и к плоскости гелиосферного токового слоя. В отрицательной фазе магнитного цикла направление дрейфа противоположное. Кро-

ме того, важно учитывать движение частиц вдоль гелиосферного токового слоя. В периоды низкой солнечной активности степень изогнутости токового слоя мала и вклад дрейфов в полный поток частиц возрастает, а с ростом солнечной активности роль дрейфов уменьшается.

В статье рассматриваются потоки КЛ в максимуме высотной кривой в атмосфере (максимум Пфотцера). Максимальная скорость счета радиозондов КЛ меняется с квазипериодичностью около 11 лет, и эти изменения происходят в противофазе с числом солнечных пятен  $R_z$ . Амплитуда изменений потоков КЛ в 11-летнем солнечном цикле составляет несколько десятков процентов. В 2009 г. были достигнуты максимальные значения потоков КЛ за всю 58-летнюю историю их наблюдений. Увеличение скорости счета было вызвано необычно низким уровнем солнечной активности и очень низкой индукцией межпланетного магнитного поля.

Таким образом, Солнце – источник меняющихся со временем солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Эти вариации вызывают соответствующие изменения (модуляцию) галактических КЛ. Существует сильная связь между уровнем солнечной активности и КЛ (увеличение солнеч-

ной активности приводит к уменьшению потоков КЛ и наоборот).

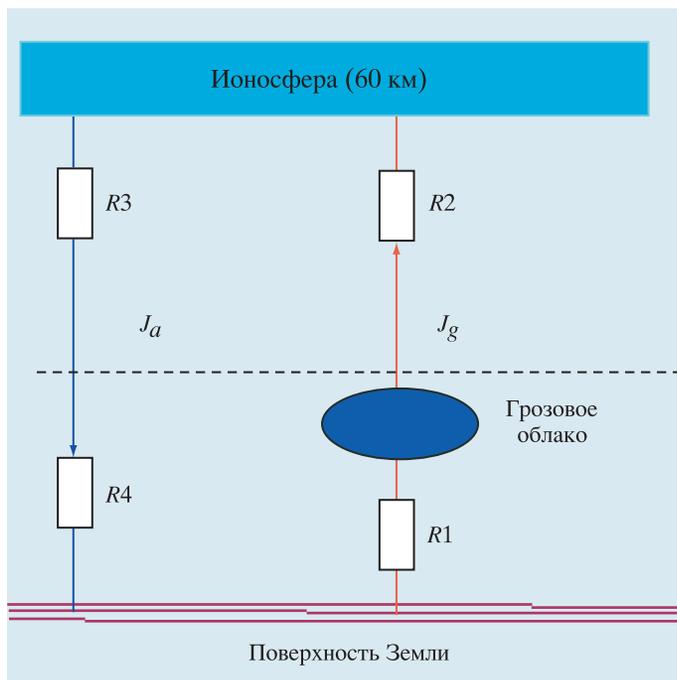
Временные зависимости потоков КЛ различны в интервалах между минимумами 11-летнего солнечного цикла. Например, временной ход значений потока КЛ имел пикообразную форму в 1957–1968 гг., а в следующий период, с 1969 г. по 1980 г., во временном ходе этой величины наблюдалось плато. Далее пикообразные зависимости и зависимости в виде плато чередуются. Наблюдаемое чередование обусловлено 22-летним солнечным магнитным циклом.

#### СОЛНЕЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ВЫСЫПАЮЩИЕСЯ МАГНИТОСФЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Во время мощных быстрых энерговыделений на Солнце (вспышек или корональных выбросов массы) ускоряются заряженные частицы (преимущественно протоны), которые регистрируются на Земле. Впервые солнечные космические лучи (СКЛ) от солнечных вспышек были зарегистрированы в 1942 г. с помощью наземных ионизационных камер. Регулярный мониторинг КЛ показал, что ускоренные частицы от солнечных вспышек наблюдаются в верхних слоях атмосферы полярных широт гораздо чаще, чем на уровне Земли. К настоящему времени на-



Схема глобальной электрической цепи, где  $R1-R4$  – электрические сопротивления в тропосфере и стратосфере. Стрелки показывают направление электрических токов: красная – от грозных облаков, синяя – разрядный ток в атмосфере.



тивностью менее 1% регистрируются счетчиком радиозонда КЛ (телескоп не регистрирует рентгеновское излучение).

Высыпающиеся в атмосферу частицы регистрируются в полярном овале, разделяющем в полярных широтах область замкнутых магнитных силовых линий магнитосферы от области открытых линий. Последняя называется полярной шапкой. Наша станция в Мурманской области находится в зоне полярного овала и к настоящему времени зарегистрировала более 500 событий высыпавшихся частиц. Станция Мирный в Антарктиде, где мы также выполняем регулярное зондирование, находится в полярной шапке, и высыпания там практически не наблюдаются.

Высыпания в земной магнитосфере вызываются корональными дырами на Солнце, которые иногда простираются от солнечных полярных широт до солнечного экватора. Эти корональные дыры – долговременные источники высокоскоростных потоков солнеч-

ного ветра. Воздействие таких потоков на магнитное поле Земли, как правило, приводит к возникновению геомагнитных бурь. Эти возмущения вызывают поступление в верхние слои атмосферы высокоэнергичных электронов (с максимальной энергией до нескольких МэВ) из внешнего радиационного пояса магнитосферы.

Одно из практических применений данных мониторинга КЛ в атмосфере – оперативная оценка радиационной обстановки в широком интервале высот. Дополнительно к естественному фону радиации может добавляться радиация, попавшая в атмосферу вследствие испытаний ядерного оружия, от аварий на атомных электростанциях или

на предприятиях, связанных с изготовлением или использованием радиоактивных материалов. С 1957 г. мы зарегистрировали десятки случаев появления в атмосфере радиоактивных облаков.

#### КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Космические лучи играют главную роль в атмосферном электричестве. В любом месте земного шара они создают заряды и обеспечивают проводимость воздуха. Известно, что на Земле непрерывно действует глобальная электрическая цепь. От ионосферных высот (около 60 км) к поверхности Земли всегда течет электрический ток плотностью

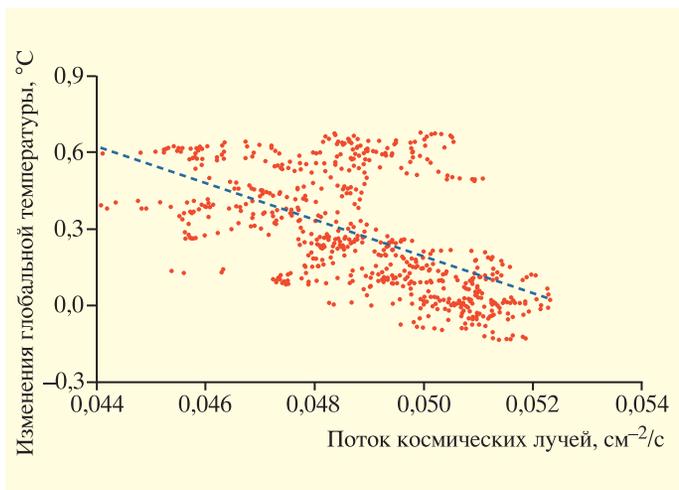


График зависимости между изменениями глобальной температуры в приземном слое атмосферы и изменениями потоков заряженных частиц в атмосфере на высоте 0,5–2,2 км (широта Долгопрудного, Московская область). Пунктирная прямая – аппроксимация этой зависимости.

$10^{-12}$  А/м<sup>2</sup>. Генераторами, заряжающими Землю отрицательным электричеством, равным  $6 \times 10^5$  Кл, считаются молниевые разряды между облаком и поверхностью Земли и осадки из грозовых облаков. Суммарно между поверхностью Земли и ионосферой поддерживается постоянная разность потенциалов около 300 кВ.

Отношение потока энергии, который несут КЛ ( $10^{-5}$  Вт/м<sup>2</sup>), к потоку солнечной энергии, падающей на атмосферу ( $1,36 \times 10^3$  Вт/м<sup>2</sup>), примерно  $10^{-8}$ . Однако отличительное свойство заряженных космических частиц – их способность ионизовать атмосферу. КЛ, проходя через атмосферу, теряют почти половину энергии на ионизацию воздуха, создавая в нем ионы. Время жизни ионов мало (до нескольких минут), поэтому, чтобы проводимость воздуха сохранялась, необходим постоянный ис-

точник ионов. Этим источником являются КЛ. В целом во всей атмосфере КЛ образуют  $10^{27}$ – $10^{28}$  пар ионов в секунду. Нужно подчеркнуть, что КЛ производят ионизацию всей атмосферы в любом ее месте.

Существуют и другие источники ионизации воздуха, но их вклад в общую ионизацию атмосферы гораздо меньше вклада КЛ.

Ионы, производимые в атмосфере КЛ, играют важную роль в образовании грозовых облаков. В грозовых облаках на порядки возрастает напряженность электрического поля внутри облаков и в промежутке грозовое облако – поверхность Земли. Отрицательно заряженные дождевые капли, как и молниевые разряды, заряжают Землю отрицательным электричеством. Высокоэнергичные космические частицы с энергией более  $10^{14}$  эВ взаимодействуют с ядра-

ми атомов воздуха и образуют множество вторичных частиц. Часть из них создают в атмосфере длинные ионизованные треки (каналы), по ним течет электрический ток во время молниевых разрядов.

Рассмотрим кратко значение КЛ в глобальном потеплении климата. С 1910 г. рост средней глобальной температуры приземного слоя воздуха составил около 1 °С, что отображает динамику глобального потепления. Его причины в последние годы широко обсуждаются (Земля и Вселенная, 1999, № 4; 2003, № 3; 2010, № 5).

С общепринятой точки зрения рост температуры в приземной атмосфере вызван увеличением количества парниковых газов, обусловленным человеческой деятельностью. Однако есть и другие мнения. Например, предложен механизм глобального потепления, вызванного уменьшением концентрации космической пыли в зодиакальном облаке, в

котором движется наша Земля. Пыль поступает в земную атмосферу, и от ее количества зависят величина облачного покрова и климат на Земле. Если работает такой механизм, то в ближайшие 5–10 лет нас ожидает глобальное похолодание.

В последнее десятилетие дискутируется вопрос о роли потоков КЛ в процессе глобального потепления. Известно, что ионизация, производимая космическими лучами в воздухе, играет важную роль в формировании облачности на высоте менее 10 км. Наши данные о потоках КЛ в нижней атмосфере и данные об изменении глобальной температуры позволяют ответить на поставленный вопрос. Наблюдается связь меж-

ду потоком КЛ в нижней атмосфере и изменениями глобальной температуры в приземном слое.

Нужно отметить, что в последние восемь лет роль потоков КЛ в атмосферных явлениях интенсивно изучается в европейском Центре ядерных исследований (ЦЕРН) в международном эксперименте CLOUD.

Потоки КЛ, регулярно регистрируемые в земной атмосфере, позволяют исследовать целый класс явлений, связанных с физикой Солнца и межпланетной среды, магнитосферой Земли и атмосферным электричеством, процессами, происходящими в атмосфере. Особенно важны длительные ряды однородных наблюдательных данных.

Главная проблема мониторинга КЛ в последние десятилетия – сохранение существующей сети станций по регистрации заряженных частиц в атмосфере, а также тесно связанной с ней сети станций российских наземных нейтронных мониторов, регистрирующей КЛ. При ежегодном росте дефицита финансирования научные сотрудники институтов РАН, выполняющие регулярный мониторинг КЛ в атмосфере и на поверхности Земли, должны приложить все усилия, чтобы непрерывные длительные наблюдения (более 58 лет) не прекратились.

Автор выражает благодарность научным сотрудникам Долгопроденской научной станции ФИАН за помощь в подготовке данной статьи.

---

## Информация

---

### Астероиды семейства Евфросины

Ученые из Лаборатории реактивного движения агентства NASA в Пасадене с помощью телескопа NEOWISE (Near-Earth Object Wide-field Infrared Survey Explorer – исследова-

ния околоземных объектов широкого инфракрасного обзора) изучают астероиды семейства Евфросины (их известно 1400) и определяют потенциальную угрозу Земле. Эти малые планеты располагаются на внешнем краю Главного пояса астероидов, их высокоэллиптические орбиты значительно выступают над плоскостью эклиптики из-за больших углов наклона. Астероид Евфросина диаметром 260 км, в честь которого названы данные объекты, один

из десяти крупнейших астероидов в поясе. Как считают планетологи, они образовались в результате столкновения двух массивных тел около 700 млн лет назад. К семейству Евфросины могут принадлежать некоторые околоземные объекты с низким альбедо, приблизившиеся к нашей планете за миллионы лет при взаимодействии с гравитационным полем Сатурна.

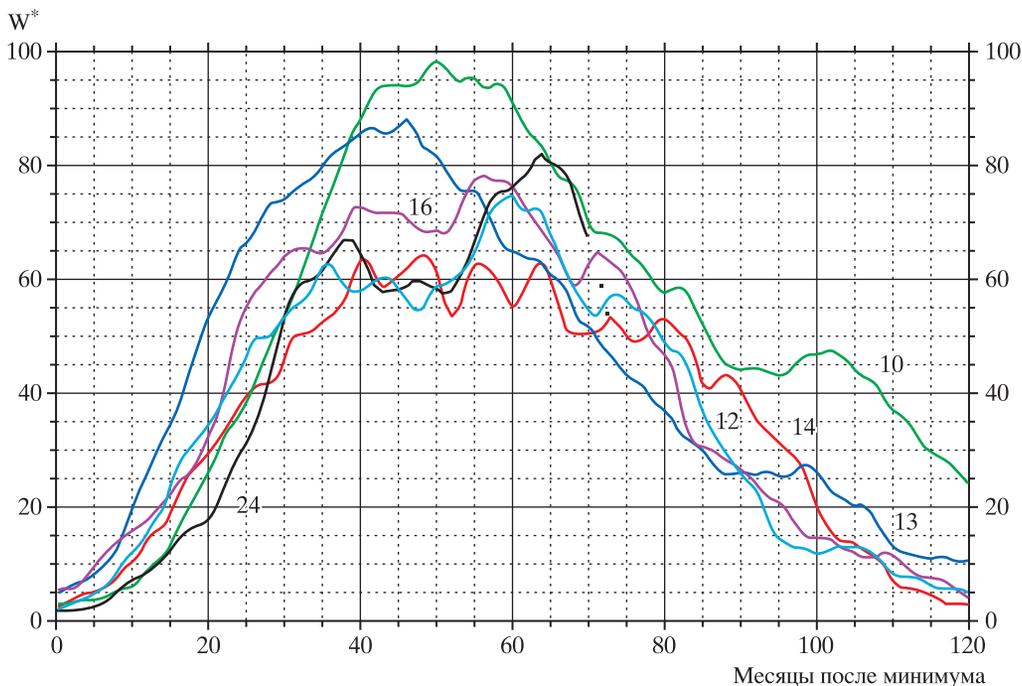
Пресс-релиз JPL/NASA,  
5 августа 2015 г.

Солнце в июне – июле 2015 г.

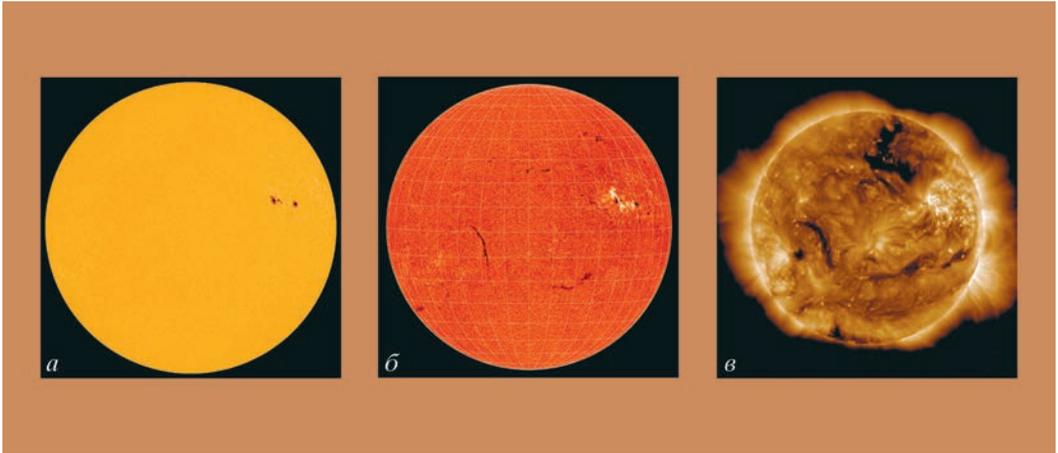
В первые летние месяцы солнечная пятнообразовательная активность сохранялась на уверенном среднем уровне, периодически увеличиваясь в первую декаду месяца и опускаясь до низкого (2 сут). Число групп пятен на видимом диске Солнца менялось от 10 до 1. В подавляющем

большинстве группы пятен были небольшими и спокойными, однако две из них были большими по площади (обе в Северном полушарии) и одна средняя (в Южном). Всего же из 39 групп солнечных пятен 14 появились в Южном полушарии. Кривая роста сглаженных за год значений относитель-

ного числа пятен уверенно идет на спад. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа  $W_{июня} = 41,0$  и  $W_{июля} = 40,0$  (по старой системе – 66,4). Сглаженное значение относительно числа солнечных пятен в декабре 2014 г. и январе 2015 г. составило  $W^* = 56,0$



Ход развития (72 месяца) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов.  $W^*$  – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в старой системе.



Солнце 25 июня 2015 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4500 \text{ \AA}$ ); б) в самой сильной водородной линии  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ ); в) в линии крайнего ультрафиолета  $Fe \text{ XII}$  ( $\lambda = 193 \text{ \AA}$ ). Космическая солнечная обсерватория “SDO” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

(93,3) и 53,9 (89,8) соответственно.

С июля 2015 г. подсчет чисел Вольфа стал производиться по новой системе, которую установил Центр сбора и обработки солнечных индексов в Брюсселе (<http://www.sidc.be/silso/newdataset>). Например, текущий 24-й цикл начался в декабре 2008 г., для июля 2015 г. коэффициент перехода от новой системы к старой составляет 0,6002. По словам авторов новой системы, ряд чисел Вольфа стал более гладким и однородным. Значения числа Вольфа в новой системе сильно приблизились к американской (разница 2–3 еди-

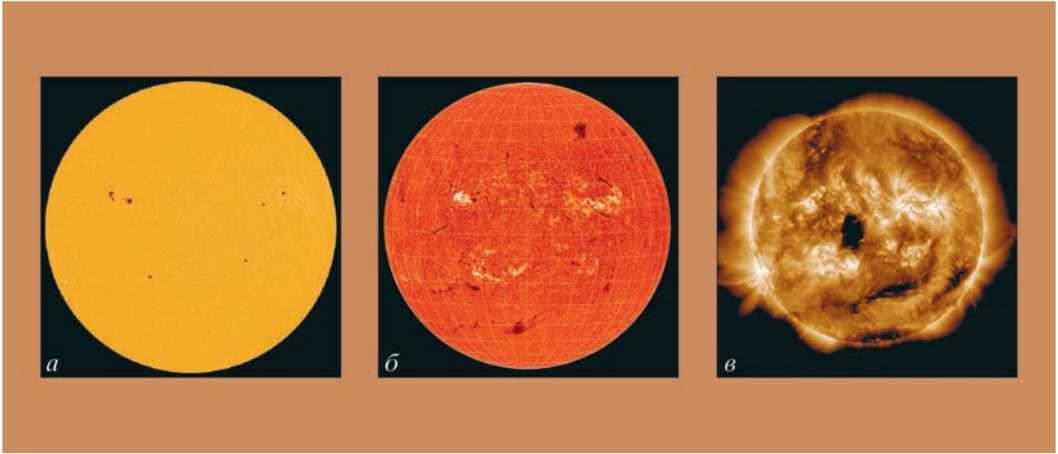
ницы). Низкими циклами солнечной активности теперь стали циклы со значением  $W_{\text{макс}}^* \leq 130$ , высокими –  $W_{\text{макс}}^* \geq 200$ , остальные – средней величины.

Таблицу основных характеристик солнечных циклов в новой системе планируется опубликовать в следующем номере журнала.

В **июне** первая и вторая декады характеризовались высокими ежедневными величинами чисел Вольфа в пределах значений среднего уровня. После 15 июня началось постепенное понижение пятнообразовательной активности до низкого уровня (26–27 июня). Максимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено **7 июня ( $W = 127$ )**, минимальное – 27 июня ( $W = 22$ ). Высокая вспышечная активность 23 и 25 июня связана с большой группой пятен Северного полушария, она держалась на среднем уровне 11, 13, 14, 18, 20–21 июня. В остальные дни вспышечная активность была на низком и очень низком уровне. Выбросы солнечных воло-

кон (14 событий) произошли 1, 2, 5, 9 (2), 12, 14, 17 (2), 19, 22, 23 (2) и 29 июня. Коронграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 102 корональных выброса вещества разной интенсивности, среди которых три были типа “гало”, один – типа “частичное гало III” (угол раствора  $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ) и четыре – типа “частичное гало II” (угол раствора  $90^{\circ}$ – $180^{\circ}$ ). По видимому диску Солнца проходили 4 рекуррентные корональные дыры, из них 2 внесли вклад в магнитные бури 8–9 и 22–24 июня. На средних широтах Земли отмечены одна умеренная (22–24 июня) и 3 малые магнитные бури: 8–9, 14 и 25 июня. Всего же в геомагнитном поле зарегистрировано 8 возмущенных дней. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ зафиксирован 9–30 июня – это уникально длинный период.

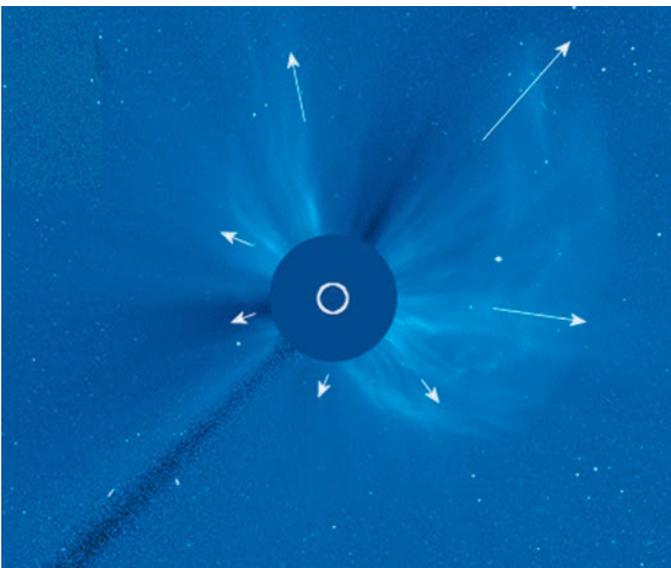
В первую декаду **июля** уровень пятнообразовательной активности Солнца ре-



куррентно попрос и затем плавно понижался, 23 июля он опустился до низкого, после 24 июля до конца месяца оставался на среднем уровне. На видимом диске Солнца появилось от 10 до 2 групп солнечных пятен, одна из которых была большого размера. Максимальное число солнечных пятен отмечено **8 июля (W = 120)**, минимальное – 23 июля (W = 29). Средний уровень вспышечной актив-

ности зарегистрирован 3 и 6 июля, когда в большой группе пятен Северного полушария случились три солнечных вспышки балла M1. Это был единственный период значимой вспышечной активности в июле. Выбросы солнечных волокон (28 событий) наблюдались 2, 3, 4 (4), 7 (2), 8 (4), 16 (2), 18, 19 (3), 22 (2), 23, 24 (3), 25 (2) и 28 (2) июля. Коронаграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали

*Солнце 7 июля 2015 г:*  
 а) фотосфера в непрерывном спектре ( $\lambda = 4500 \text{ \AA}$ );  
 б) в самой сильной водородной линии  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ );  
 в) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ( $\lambda = 193 \text{ \AA}$ ).  
 Космическая солнечная обсерватория “SDO” (<http://spaceweather.com>).



*Корональный выброс вещества 25 июня 2015 г. типа “гало” от большой солнечной вспышки балла M7.9/3B. Скорости распространения выброса возрастала по мере удаления от Солнца с 578 км/с до 1562 км/с. Окрестности Земли он задел лишь скольльзящим ударом, вызвав магнитную суббурю. Космическая солнечная обсерватория “SDO” (<http://www.solarmonitor.org/>).*

более 105 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых один был типа “гало”, один – типа “частичное гало III” (угол раствора 180°–270°) и 7 типа “частичное гало II” (угол раствора 90°–180°). В январе возникли 6 рекуррентных (две из них отмечались дважды) и две вновь образованные корональные дыры. Две из них

существенно повлияли на геомагнитную обстановку в околоземном космическом пространстве: высокоскоростные потоки от них стали причиной малых магнитных бурь. В июле (4–5, 11, 13 и 22–23) произошли 4 малые магнитные бури. Всего отмечено 5 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах очень высокий поток

релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 1–4, 9–11, 14–20 и 26 июля.

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

## Информация

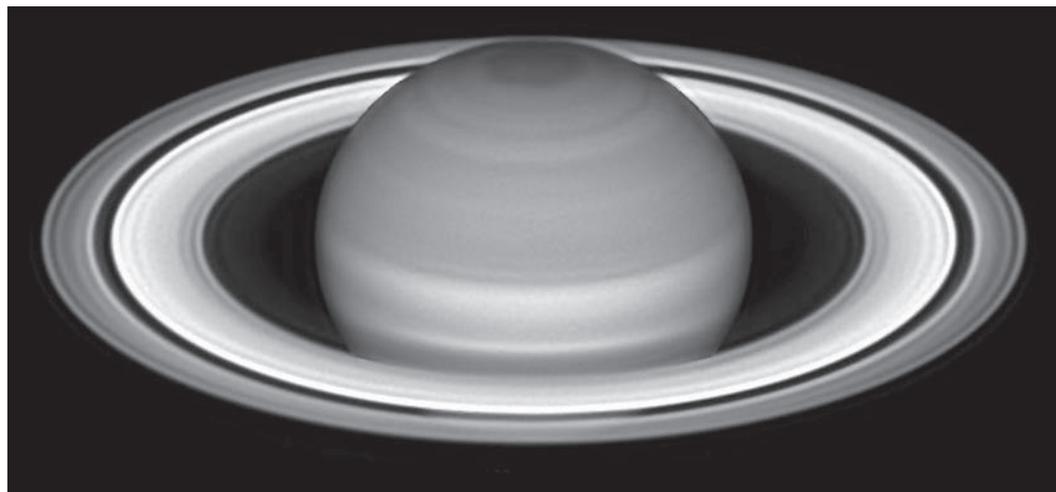
### Сатурн в противостоянии

Земные наблюдатели, вооруженные телескопами, охотятся за эффектными изображениями Сатурна,

ведь окольцованная планета 23 мая 2015 г. в 1 ч по Всемирному времени прошла через положение противостояния. Сатурн находился в это время ровно напротив Солнца, так что был виден всю ночь. На фотографиях хорошо видно, что знаменитые кольца выглядят ярче, чем обычно. Это эффект Зелигера (обратное рассеяние при противостоянии). Когда ледяные частицы колец

освещены прямыми лучами Солнца, мы не видим тени от них, зато почти весь отраженный свет попадает на Землю, сильно увеличивая яркость колец. Сатурн в момент съемки располагался на небе недалеко от Антареса – самой яркой звезды созвездия Скорпиона.

Интернет-сайт Астронет,  
30 мая 2015 г.



Сатурн в противостоянии. Фото сделал 26 мая 2015 г. любитель астрономии К. Гой с помощью телескопа “Селестрон С14”, экспозиция – 49 мин.

## Фоновый мониторинг в Приокско-Тerrasном заповеднике

С.Г. ПАРАМОНОВ,  
кандидат географических наук  
Б.В. ПАСТУХОВ,  
заведующий лабораторией  
В.А. АБЛЕЕВА,  
начальник станции КФМ в Приокско-Тerrasном  
биосферном заповеднике

---

**Контроль за состоянием окружающей среды в России относится к функциям Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Государственная**

**система мониторинга окружающей среды подразделяется в России на городской и фоновый мониторинг. В статье отражены этапы организации и перспективы развития в России системы контроля**

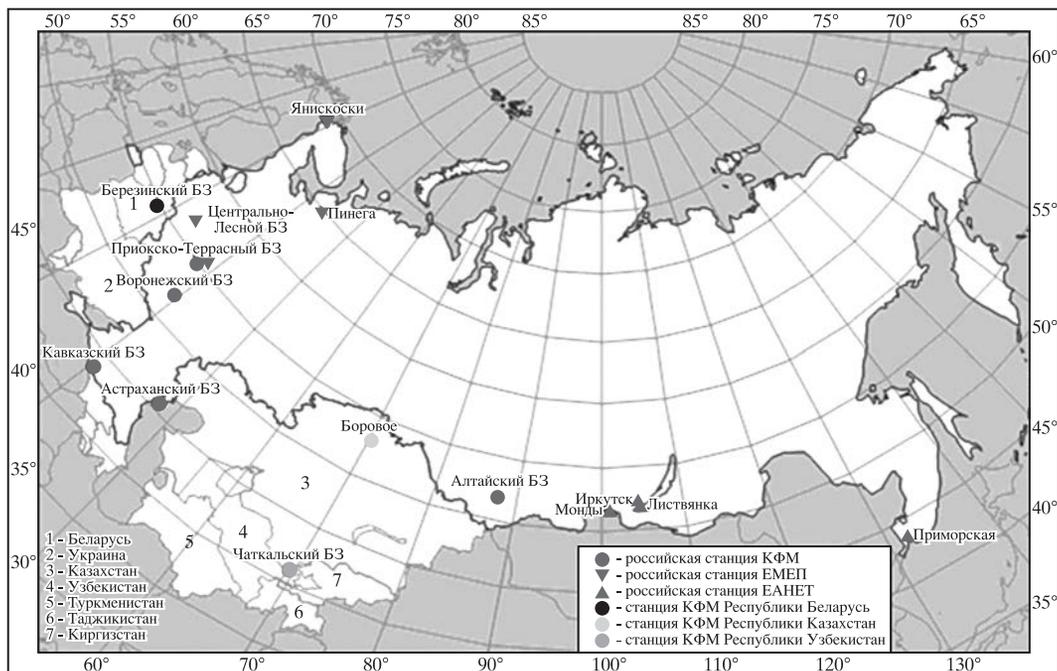
**за фоновым уровнем загрязнения природной среды на примере станции комплексного фонового мониторинга (КФМ) в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике.**

Понятия “фоновый мониторинг” и “фоновый уровень загрязнения” достаточно часто употребляются при характеристике состояния окружающей природной среды или при сравнении качества воздуха и поверхностных вод в городе или вблизи промышленных объектов с типичными для этого района “фоновыми” характеристиками. Применительно к станциям КФМ термин

“фоновый мониторинг” трактуется как наблюдение за состоянием эталонных (ненарушенных) природных территорий, расположенных на большом расстоянии от крупных урбанизированных и промышленных центров и отражающих, таким образом, не локальный, а региональный и даже глобальный уровень загрязнения.

Национальная система фонового мониторин-

га на территории России состоит из нескольких сетей наблюдения. Среди них есть системы, созданные для наблюдения за состоянием отдельных компонент окружающей среды. Характерным примером служит сеть станций наблюдения за трансграничным переносом вредных веществ, работающая по стандартной международной программе, принятой в рамках Европейской



*Сети фонового и трансграничного мониторинга за загрязнения природной среды в России и странах СНГ.*

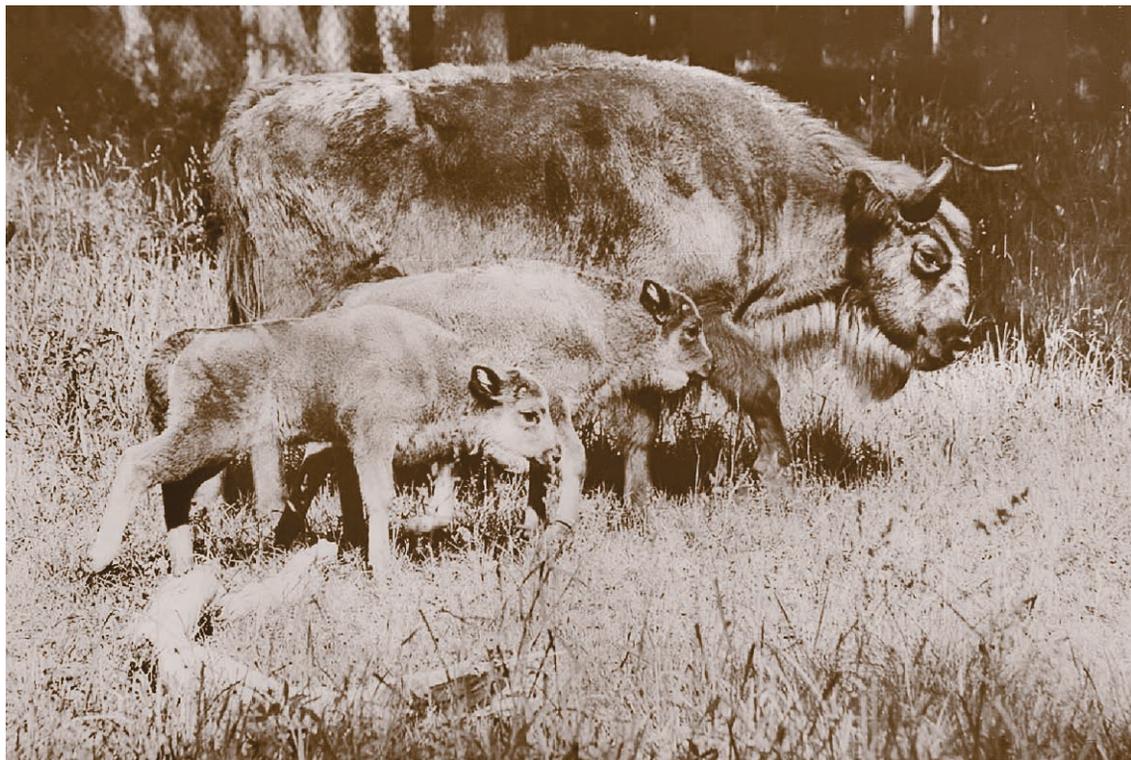
программы мониторинга и оценки окружающей среды (ЕМЕП). Другим примером могут быть станции, работающие по программам Глобальной службы атмосферы, наблюдения за изменением состава воздуха, химией атмосферы и осадков, содержанием  $\text{CO}_2$ , аэрозолей и других компонент атмосферного воздуха.

Чтобы оценивать состояние природной среды и прогнозировать его изменения, необходимо иметь представления о возможных пре-

вращениях различных химических веществ и их миграции между компонентами. Единственной программой наблюдения, предусматривающей измерения большого числа приоритетных вредных веществ в различных компонентах природной среды, включая воздух, осадки, поверхностные воды, донные отложения, почву, растительность и снежный покров, считается комплексный фоновый мониторинг.

Этот термин ввел академик Ю.А. Израэль в 1978 г. Всемирная метеорологическая организация и Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) определяли фоновый мониторинг как "повторяющиеся измерения ряда экологических показателей или индикаторов в живых и неживых компонентах природной среды и исследование потоков вещества или энергии из одной компоненты природной среды в другую с целью оценки и предсказания экологического статуса. Мониторинг становится истинно комплексным, только когда измерения различных показателей или одних и тех же показателей, но в разных компонентах природной среды скоординированы во времени и пространстве".

В начале 1980-х гг. в СССР была создана сеть станций КФМ как подсистема Общегосударственной службы наблюдения и контроля за уровнем загрязнения внешней среды, чтобы комплексно подходить к оценке качества природ-



ной среды. Станции КФМ рассматриваются также и как часть системы глобального мониторинга ЮНЕП.

Для изучения и оценки фонового состояния окружающей природной среды и тенденций его изменений в региональном и глобальном масштабе Министерство сельского хозяйства СССР, Академия наук СССР и Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР в 1977 г. постановило организовать первую очередь биосферных заповедников. Гидрометслужбе поручалось создать в заповедниках станции мониторинга для реализации программы

комплексных наблюдений и исследований фонового состояния биосферы по физическим, химическим и биологическим показателям.

В 1980-х гг. на территории ряда биосферных заповедников СССР (в частности, Приокско-Террасного, Воронежского, Кавказского, Астраханского) были созданы станции КФМ Росгидромета, организационно и методически объединенные в федеральную сеть. Основная задача КФМ – определение влияния антропогенной деятельности на окружающую среду на региональном и глобальном уровнях, выявление трендов изменения загрязнения различ-

*Зубры в Приокско-Террасном биосферном заповеднике.*

---

ных природных сред на территориях, удаленных от крупных источников выбросов.

При выборе места для станции учитывается распределение имеющихся в регионе крупных локальных источников загрязнения, способных оказывать влияние на выбираемый пункт наблюдений. Так, около административно-промышленных центров с населением больше 500 тыс. жителей состояние до наблюда-

тельной площадки станции КФМ должно быть не менее 100 км. При невозможности выполнить это требование вероятность направления ветра от источника выброса вредных веществ к станции КФМ не должна превышать 20–30%.

Наиболее подходящими местами для строительства станций КФМ, представляющих собой образец эталонной природы и удаленных от значительных источников загрязнения, были выбраны биосферные заповедники как особо

охраняемые природные территории.

К середине 1990-х гг. на территории СССР планировалось открыть не менее 20 станций КФМ. Принималось во внимание биогеографическое зонирование при определении фонового уровня загрязнения природной среды, характерного для всех типов крупномасштабных экосистем. После распада Советского Союза из 16 действующих станций на территории России осталось только семь, остальные перешли к другим независимым государствам. В настоящее время в России регулярные наблюдения продолжают только на пяти станциях КФМ, четыре из которых

находятся в европейской части и одна – в азиатской части страны.

Информация, получаемая на станциях КФМ в ходе реализации комплексной программы наблюдений, предназначена для оценки текущего фонового состояния биосферы не только на территории конкретного заповедника, но и во всем регионе, где есть большое антропогенное воздействие на природную среду и здоровье населения.

Экологические наблюдения на особо охраняемых природных территориях, ориентированные на оценку экологии региона, должны обеспечить получение информации об экосистеме.

---

*Полигон станции комплексного фонового мониторинга в заповеднике.*



Она служит индикатором изменения биосферы региона в результате антропогенного воздействия. Региональный мониторинг, осуществляемый за границами особо охраняемых природных территорий, позволит получить информацию о пространственном распределении уровня антропогенного воздействия и об ответных реакциях природных экосистем на это воздействие с целью регулирования деятельности хозяйственной деятельности в регионе на окружающую природную среду.

Все станции КФМ работают по единой программе, включающей измерения приоритетных загрязняющих веществ в воздухе, осадках, поверхностных водах, почве и растительности. В программу входит также проведение метеорологических и гидрологических наблюдений.

Методики, используемые на станциях КФМ, официально сертифицированы и разработаны для определения малых концентраций веществ. Продолжительность отбора проб аэрозолей и газов из воздуха составляет 24 ч. Пробы атмосферных осадков осредняют за каждый месяц, пробы поверхностных вод отбирают 4–6 раз в год, почвы и растительности – раз в два года. Подготовка проб и наиболее простые анализы выполняются в химических лабораториях станций КФМ, сложные

измерения, требующие специальной высокоточной аппаратуры, – в Центральной аналитической лаборатории КФМ в Москве. Туда поступает и другая информация с наблюдательной сети. Полученные данные обобщают, публикуют в ежегодных сборниках и вносят в компьютерную базу “Фоновый мониторинг”.

Типовая программа КФМ на станции включает:

- измерение среднесуточных концентраций в воздухе взвешенных частиц (пыли), аэрозолей сульфатов и газообразных диоксидов серы и азота, значений pH атмосферных осадков;

- отбор суточных проб аэрозолей из воздуха для определения концентрации тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь), стойких хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ и их метаболиты) и полиароматических углеводородов;

- отбор среднемесячных проб атмосферных осадков для определения концентрации тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь, ртуть), хлорорганических пестицидов и полиароматических углеводородов, значений pH, катионного и анионного состава по программе Всемирной метеорологической организации;

- отбор проб поверхностных вод, почвы, лесной подстилки и растительности для определения концентрации тяжелых

металлов (свинец, кадмий, медь и ртуть), бензапирена и хлорорганических пестицидов;

- метеорологические наблюдения;

- гидрологические наблюдения;

- первичную подготовку проб атмосферных осадков, почвы и растительности и их отправку в центральную аналитическую лабораторию совместно с пробами аэрозолей на фильтрах.

Дополнительно к основной типовой программе наблюдений, осуществляемой на большинстве станций КФМ, в Приокско-Террасном биосферном заповеднике проводится ряд мероприятий. Определяется уровень грунтовых вод в скважинах, проводятся радиационные измерения, а также выполняется программа наблюдений и оценки трансграничного переноса загрязняющих веществ, включающая:

- отбор проб воздуха для определения концентрации сульфатов, нитратов, иона аммония, диоксида серы;

- отбор проб осадков для определения pH, электропроводности, концентрации сульфатов, нитратов, хлоридов, иона аммония, натрия, калия, кальция и магния.

Научное и методическое руководство работой станции КФМ в Приокско-Террасном биосферном заповеднике, как и всей сети станций, осуществляет Институт глобального климата

Фрагмент карты Московской области с указанием расположения Приокско-Террасного биосферного заповедника.

и экологии Росгидромета и РАН. Он служит также информационным центром по сбору и обработке данных наблюдений комплексного фонового мониторинга. Пробы со станций КФМ анализирует организованная на базе Института аналитическая лаборатория.

Результаты всех наблюдений, переданные со станции КФМ, вносятся в единую компьютерную базу данных и используются для публикаций и предоставления по запросам. В настоящее время база на 45% состоит из данных о концентрациях вредных веществ в воздухе, на 20% – о химическом составе осадков, на 10% – из метеопараметров, по 10% занимают данные об объеме выбросов и другая информация, по 2,5% – о загрязнении почвы, растительности и донных отложений.

Результаты анализа и обобщения показателей, оценка текущего состояния и прогноз изменения окружающей среды на фоновом уровне ежегодно публикуются в Обзоре загрязнения природной среды в РФ и Обзоре фоновом состоянии окружающей природной среды на территории стран СНГ (до 1992 г. – СССР), подготавливаемых в Ин-



ституте. Ранее по результатам работы сети были опубликованы три аналитических обзора, информирующих о содержании в природной среде фоновых территорий специфических веществ: тяжелых металлов, хлорорганических соединений и

полициклических ароматических углеводородов, соединений серы и азота. Регулярно публикуются статьи по проблемам состояния фоновых территорий.

На базе Приокско-Террасного биосферного заповедника, располо-



женного в 100 км к югу от Москвы, с 1983 г., когда здесь была создана станция КФМ, производится отбор проб воздуха и осадков. Программа работ с каждым годом увеличивалась, и уже к 1985 г. на нашем полигоне были организованы ежедневные отборы проб воздуха и осадков. На территории заповедника выбраны площадки для отбора проб почвы, растительности, поверхностных вод и донных отложений. На следующий год была оборудована метеорологическая площадка, на которой в 1987 г. начались регулярные наблюдения по расширенной программе метеопоста. Позднее на станции были организованы работы по определению кислотности осадков и наблюдения за радиационной обстановкой. В 1992 г., после завершения строительства нового административного корпуса заповедника, станцию оборудовали новыми лабораторными

помещениями. Помощь станции КФМ в тяжелые годы перестройки оказал Е.С. Литкенс, возглавлявший в те годы заповедник. Закупались необходимые приборы и расходные материалы. Сотрудники станции начали принимать участие в различных экологических программах заповедника, что позволило расширить объем проводимых на станции наблюдений.

В 1999 г. станция КФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике подключилась к участию в Международной программе мониторинга и оценки дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ в Европе. На ее базе была открыта станция трансграничного переноса. Позднее, в связи с началом участия России в Международной программе изучения изменения климата, начали брать пробы воздуха для измерения содержания парниковых газов, а

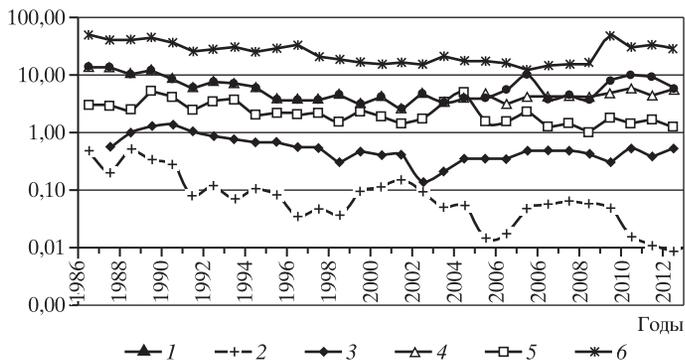
*Аспираторы для отбора проб воздуха и установка "Кипарис" для отбора проб осадков.*

---

с 2005 г. ведется радиационный мониторинг (исследование осадков на содержание трития).

Структурно станция КФМ включает химическую лабораторию, расположенную в главном административном здании заповедника, и стационарный наблюдательный полигон в 2,5 км от него, где размещено основное оборудование для отбора проб воздуха (аспираторы, фильтродержатели, газоанализаторы), осадкосборники и метеорологические приборы. На постоянных площадках берут пробы почвы, растительности, поверхностных вод и донных отложений, ведут гидрологические наблюдения и в 12 скважи-

Диаграмма многолетних изменений концентраций загрязняющих веществ (логарифмический масштаб от  $\text{нг}/\text{м}^3$  до  $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$ ) в атмосферном воздухе Приокско-Террасного биосферного заповедника: 1 – свинец, 2 – бензапирен, 3 – диоксид серы, 4 – диоксид азота, 5 – сульфаты, 6 – взвешенные частицы.



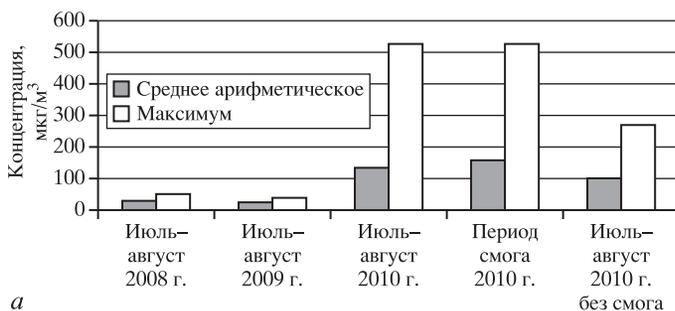
нах замеряется уровень грунтовых вод.

Почти 30-летние наблюдения на станции КФМ показали, что концентрации всех изучаемых вредных веществ в природных средах намного ниже предельно-допустимых. Это наглядно демонстрирует тенденцию уменьшения концентраций измеряемых ингредиентов с 1985 г. до начала 2000-х гг., что связано с сокращением производств после распада СССР. В последующие годы, когда отечественная промышленность начала восстанавливаться, наметился рост концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, значит, и увеличение антропогенных нагрузок на экосистемы заповедника. В связи с этим повышается важ-

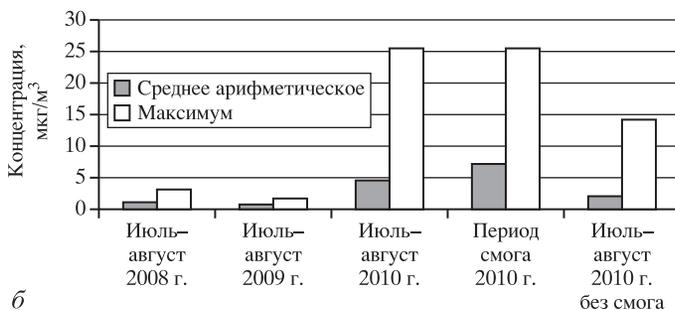
ность продолжения наблюдений, а может быть и расширения программы станции КФМ в заповеднике.

Действующая на территории России сеть станций КФМ позволяет отслеживать процессы различных масштабов и на разных территориях, от нескольких километров до тысяч километров. В этом смысле показательным был 2010 г.,

когда произошли лесные пожары вокруг Москвы и извержение вулкана в Исландии. Сравнительный анализ результатов измерений, полученных в соответствующих эти явлениям периоды наблюдений в заповеднике, и данные траекторного анализа движения воздушных масс, позволяют предположить, что повышение в 3,7 раза концентраций взвешенных частиц и в 2,1



а



б

Диаграммы средних и максимальных концентраций загрязняющих веществ в Приокско-Террасном биосферном заповеднике в июле – августе 2008–2010 гг.: а) взвешенные частицы, б) сульфаты.

раза аэрозолей сульфатов, отмечавшееся в марте – апреле 2010 г., может быть связано с извержением вулкана Эйяфьятль в Исландии, активная деятельность которого началась 20 марта 2010 г. (Земля и Вселенная 2011, № 1).

Чтобы оценить влияние пожаров летом 2010 г., были проанализированы пробы атмосферного воздуха за июль – август на содержание вероятных продуктов горения – взвешенных частиц, сульфатов, 3,4-бензапирена, диоксидов серы и азота. Согласно записям наблюдателей станции КФМ, с 24 июля по 17 августа на ее территории наблюдался смог. Анализ полученных данных показал, что по сравнению с предыдущими годами, когда наблюдалась характерная для летнего периода концентрация загрязняющих веществ, в период пожаров в воздухе в 5 раз возросло содержание взве-

шенных частиц, в 3–5 раз сульфатов, в 1,5–2 раза диоксидов серы и азота. Впервые за всю историю наблюдений превышена не только среднесуточная, но и максимальная разовая предельно-допустимая концентрация взвешенных частиц – 527 мкг/м<sup>3</sup>!

Кроме научной работы сотрудники станции КФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике проводят экскурсии по своей территории.

При сравнении многолетней динамики изменения концентраций изучаемых веществ в воздухе на станции КФМ в Приокско-Тerrasном заповеднике с результатами данных, получаемых на других станциях, отмечается аналогичная временная тенденция. С начала наблюдений (1980-е гг.) до середины 1990-х гг. на всей исследуемой территории России отмечался рост среднегодовых значений концентраций, затем, к началу

2000-х гг., – снижение и с 2005 г. их рост. В последние годы процессы стабилизировались, серьезных изменений уровней концентраций не зафиксировано. Это свидетельствует о крупномасштабности механизмов атмосферных переносов в фоновых районах над большой частью суши. Таким образом, наблюдения, выполняемые по программе комплексного фонового мониторинга, позволяют отслеживать изменения окружающей природной среды, обусловленные как антропогенными, так и природными факторами. Они служат основой для принятия соответствующих природоохранных решений. Получаемые данные способствуют пониманию загрязнения природной среды на животный и растительный мир такого уникального природного объекта, как Приокско-Тerrasный биосферный заповедник, который в 2015 г. отметил свое 70-летие.

## Вильям Парсонс

(К 215-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Ирландский астроном Вильям Парсонс (третий граф Росс, лорд Оксмантаун) родился 17 июня 1800 г. в родовом имении Бирр-Кестль, расположенном близ г. Парсонстауна (ныне небольшой городок Бирр в графстве Оффали, Центральная Ирландия<sup>1</sup>). Он принадлежал к старинному ирландскому роду, его предки поселились здесь в конце XVI в. и владели поместьем Бирр-Кестль с XVII в. От рождения Вильям имел титул лорда Оксмантауна, а после смерти отца как старший из троих его сыновей уна-



*Вильям Парсонс, третий граф Росс, лорд Оксмантаун.*

---

<sup>1</sup> В Интернете имеется безудержная разногласица в указаниях о месте его рождения, смерти, даже о титуле: то третий граф Росс, то третий лорд Росс. Даже в наиболее детальной статье В. Ковалевского (astrohorizont.com) он назван в тексте графом (earl) Россом, что верно, а в наименовании самой статьи “лордом Россом”. Однако важная деталь в ней же помогла уточнить место рождения: отмечено, что его поместье было в графстве Оффали в г. Бирре, которые действительно указаны в атласах мира в Центральной Ирландии. У названий множества мест там же окончание “таун”, но Парсонстауна нет (быть может, это и есть современный г. Бирр). Видимо, отсюда и родовая фамилия – Парсонс, или наоборот. Местом рождения В. Парсонса называют и г. Йорк, графство Йоркшир, Англия. (Эта ошибка может быть связана с тем обстоятельством, что В. Парсонс был женат на богатой наследнице из графства Йоркшир...)

следовал еще и титул третьего графа Росса<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Ошибочность именованья его “лордом Россом”, распространенного в русской литературе, видимо, из-за неверного перевода слова earl (граф), была установлена автором настоящей статьи еще при подготовке (с использованием зарубежных источников) аналогичной статьи для Астрономического календаря на 1975 г.



*Бирр-Кестль (замок в г. Бирре) – резиденция графов Росс (графство Оффали, Центральная Ирландия). Современная фотография.*

---

Окончив Тринити-колледж в Дублине, а затем (1818–1822) Оксфордский университет с высшей оценкой и дипломом математика, В. Парсонс сразу включился в политическую жизнь. В 23 года он стал членом Ирландского парламента (оставаясь до 1834 г. членом его Палаты общин), а позднее представлял Ирландию в Палате лордов Великобритании (1845–1867). Здесь он проявил себя настоящим патриотом Ирландии, стремясь привлечь внимание к бедственному положению своей родины в обращении “Письма о положении в Ирландии”.

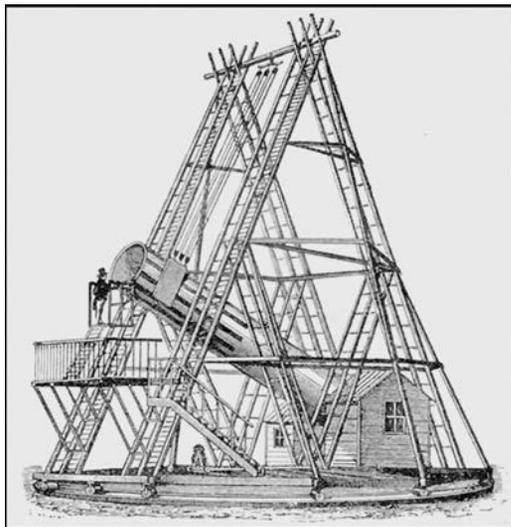
В те же ранние годы третий граф Росс, лорд Оксмантаун проявил глубокий интерес к астрономии и в 1824 г. стал членом Лондонского Королевского астрономического общества, а в

1834 г. и вовсе покинул политическую арену. Несравненно сильнее привлекал знатного ирландца распахнутый Вильямом Гершелем мир звезд и особенно загадочных млечных туманностей (Земля и Вселенная, 2008, № 6). Гершель открыл звездный состав многих из них, но все же большинство оставались даже для его гигантского по тем временам 48-дюймового телескопа (с зеркалом диаметром 122 см) неразложимыми. Дальнейшее продвижение вглубь Вселенной все больше зависело от качества и размеров инструментов. Для изучения нового мира млечных туманностей решающим становилось количество света, собираемого телескопом, и, следовательно, размеры объектива. Это была начатая В. Гершелем первая эпоха больших те-

лескопов-рефлекторов, сменившая эпоху расцвета рефракторов XVII в. После появления его крупнейшего 40-футового телескопа почти полвека никто не решался сделать следующий шаг в сооружении гигантских рефлекторов. Причинами этого были не только трудность выполнения задачи в целом (включая огромные материальные затраты), но и необходимость новых технических усовершенствований: металлические зеркала В. Гершеля из зеркальной бронзы (сплава в определенной пропорции меди и олова) быстро тускнели; его главный рабочий 20-футовый телескоп (с полуметровым зеркалом) и даже громоздкий тяжелый 40-футовый гигант были подвешены на сложной системе блоков в деревянных каркасах, которые могли вращаться по круговым рельсам и управлялись вручную. Возвращение к линзовым телескопам-рефракторам и вовсе казалось нереальным: дальнейшее увеличение размеров рефракторов сталкивалось, помимо общих трудностей, еще и с трудностью варки больших и достаточно однородных блоков стекла для линз.

Вся научная деятельность В. Парсонса была связана, прежде всего, с разработкой новой техники изготовления больших зеркал и совершенствованием монтажа телескопа. В этом он проявил себя как талантливый инженер. Еще одной замечательной и редкой среди ученых чертой графа Росса была полнейшая "открытость" его работ. О своих методах он охотно информировал всех, кто только проявлял заинтересованность в дальнейшем прогрессе астрономии и телескопостроения. В 1827 г. в его поместье появляются мастерские по изготовлению зеркал для рефлекторов, и уже в 1828 г. он публикует первые результаты своих опытов.

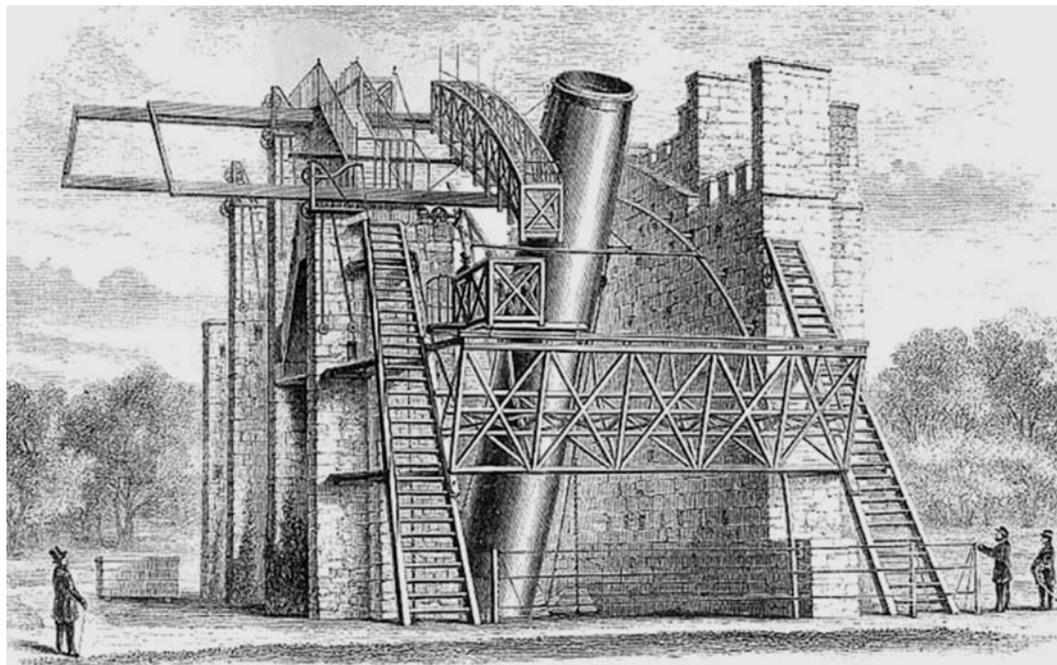
Научная биография В. Парсонса – это, по существу, биография его рефлекторов: поиск новых, механизированных методов шлифовки и полировки



40-футовый (длина трубы) рефлектор В. Гершеля 1789 г. ( $F = 12$  м;  $D_{\text{зеркала}} = 122$  см).

зеркал, а до этого их отливки, охлаждения, наконец, поиск лучшего соотношения меди и олова для зеркального сплава, чтобы увеличить его отражательную способность (в конце концов, была уменьшена доля меди по сравнению с зеркалами Гершеля). Два года ушло на улучшение точильных и шлифовальных механизмов. Свои опыты Парсонс проводил сначала со сравнительно небольшими пробными зеркалами-объективами. Первые его рефлекторы имели объективы диаметром 15" (около 37 см) и 24" (около 61 см). Дело значительно усложнилось с переходом к изготовлению более крупных зеркал. Для вытачивания в металлической пластине вогнутой поверхности параболической формы центральная часть вращающегося выпуклого точильного блока была сделана подвижной. Для шлифовки зеркала использовалась вода с наждаком, а шлифовальное устройство приводилось в действие паровой машиной в 3 л.с.

К 1830 г. было изготовлено пять таких заготовок, но из-за неравномерно-



Большой 6-футовый (диаметр зеркала) рефлектор Парсонса – “Левиафан” ( $D_{\text{зеркала}} = 183 \text{ см}$ ;  $F$ , или длина трубы = 54 фута, около 18 м).

сти остывания металлического блока в песчаной форме перед его помещением в печь для отжига четыре из них дали трещины. В дальнейшем эта трудность была остроумно преодолена: боковые стенки песчаной формы для отливки заключили в тонкий железный кожух, который быстрее отводил тепло от более толстых (15 см) крайних частей заготовки зеркала и выравнивал их температуру с температурой центральных, более тонких (12,5 см) ее частей. Объектив уже в ходе отливки получался с вогнутой передней поверхностью, для чего к открытой стороне формы подводился блок с выпуклой нижней поверхностью. Это экономило не только металл, но также время и усилия при последующем вытачивании параболической поверхности зеркала и предохраняло от возникновения воздушных пузырьков на его лицевой, рабочей поверхности. Между прочим, зеркало главного крупнейшего телескопа

Парсонса впервые имело рифленую заднюю поверхность, что обеспечивало его большую жесткость (сопротивление на прогиб при поворотах зеркала во время наблюдений) и несколько уменьшало вес. В конце XIX в. американец Дж. Ричи первым стал применять еще более эффективную, ячеистую форму тыловой стороны зеркала (Земля и Вселенная, 2015, № 1).

Интересно, что Парсонс во время своих опытов, и, вероятно, также впервые, применил при изготовлении зеркала, современный нам способ – покрытие основного блока лишь тонким слоем отражающего материала. Основа делалась из ковкого сплава цинка и меди, и затем на нее наплавлялась тонкая, в четверть дюйма (чуть более 0,6 см), пластинка из зеркального сплава. Лишь после этого поверхность зеркала обрабатывалась, шлифовалась и полировалась окончательно.

Уже эти инженерные успехи и новшества в телескопостроении принесли Парсонсу известность в астрономическом мире и избрание (1831) в члены Лондонского Королевского общества.

Однако первым его настоящим успехом становится отливка и шлифовка в 1839–1840 гг. зеркала для 36-дюймового (91 см) рефлектора с такой же, как у Гершеля, монтировкой, но которое по своим оптическим качествам превзошло 48-дюймовое (122 см) зеркало крупнейшего телескопа В. Гершеля. Тогда же, в 1840 г., в мастерских Парсонса начинаются работы над изготовлением 72-дюймового (183 см) объектива. И снова опыты, поиски, неудачи и находки. Металл выплавлялся в литых железных тиглях вместимостью по 1,25 т. Отливка заготовок зеркал была начата в апреле 1842 г. Окончательное медленное остывание заготовки длилось 16 недель. Всего было сделано пять заготовок, из которых выдержали испытание две – в 3,5 и 4,5 т. Наконец после шлифовки и полировки отобранное зеркало в феврале 1843 г. было установлено в трубе телескопа и началась его монтаж, которая длилась еще два года.

Парсонс внес существенное усовершенствование в крепление гигантского инструмента. Как и у Гершеля, телескоп имел азимутальную установку, но уже не подвешивался<sup>3</sup> в деревянном каркасе (даже зеркало у Парсонса было более чем вдвое тяжелее), а крепился «с помощью системы передач и рычагов»<sup>4</sup> между двумя каменно-кирпичными стенами высотой 15 м и на расстоянии 17 м друг от друга. Рефлектор был ориентирован в плоскости меридиана. Нижней частью труба телескопа соединялась с каменной опорой

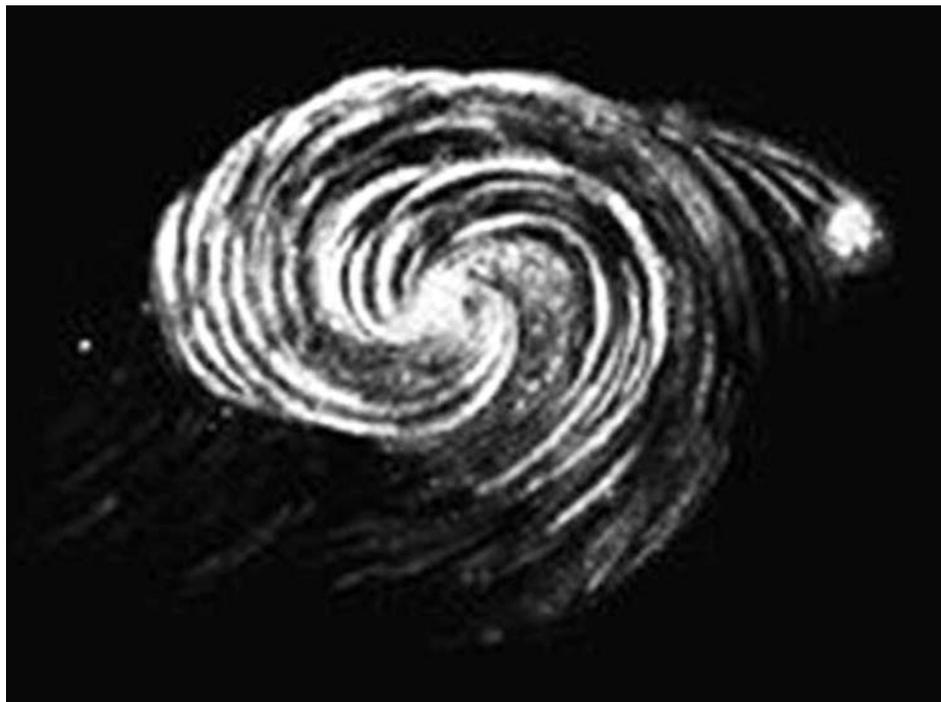
особым универсальным шарниром, что позволяло поворачивать трубу по азимуту в пределах 15° около меридиана, а по высоте – в пределах 110° от почти горизонтального положения. При этом 54-футовая (почти 18 м) деревянная труба с зеркалом в 4 т и оправой около 3 т во всех положениях оказывалась полностью уравновешенной и легко управлялась. (Если принять деформацию, приведенную в Интернете, что зеркало имело 27 точек опоры, то В. Парсонса следует назвать и в этом предшественником Дж. Ричи, изобретателя именно такой, плавающей опоры!). Общий вес всего сооружения составлял около 16 т. Телескоп Росса мог использоваться с ньютоновской схемой зеркал (параболического главного и малого плоского вторичного) и как гершелевский однозеркальный, с немного наклонным положением объектива, что в полтора раза увеличивало яркость изображения.

В движение гигантский телескоп приводила паровая машина. Для контроля требовалось участие трех рабочих у его подножия, а более тонкую «наводку» осуществлял наблюдатель на площадке у верхнего края трубы.

Боковые стены защищали к тому же инструмент от ветра (от эффекта парусности). Наблюдения могли проводиться со значительным увеличением, но не более чем в 1300 раз (бóльшие не допускались из-за атмосферных помех). Наблюдатель находился на подвижной галерее, на нижней площадке перед телескопом либо на верхней галерее, проходившей по западной стене (на высоте современного пятиэтажного дома). Одновременно там могли находиться 8–10 человек (т.е. инструмент мог выполнять и роль образовательную – для коллективных демонстраций неба.) По существу, стены были прообразом современной астрономической башни, но с постоянно открытой смотровой щелью (более того, не просматривается ли в такой монтажке телескопа зародыш... современно-

<sup>3</sup> Как об этом, очевидно по оплошности, указано в статье В. Ковалевского, послужившей источником ряда важных дополнительных сведений для настоящей статьи, в том числе о дальнейшей судьбе телескопа.

<sup>4</sup> Источник тот же.



*“Водоворот Росса” (M51). Зарисовка В. Парсонса. Март 1845 г.*

го крепления больших телескопов – вилочной монтировки, предложенной впоследствии старшим сыном Парсонса?). Крупнейший 6-футовый рефлектор В. Парсонса был настоящим чудом инженерной техники для первой половины XIX в. (Кстати, впервые характеристика величины телескопа в футах *по длине трубы* — так было до Гершеля включительно – превратилась в определение величины телескопа *по диаметру объектива* – у Парсонса, так они характеризуются и сейчас.)

В феврале 1845 г. колоссальный труд был завершен, и телескоп был готов к испытаниям. Но их сорвала плохая погода. Инструмент вступил в строй в марте того же года.

И сразу же гигантский телескопический “глаз”, заглянувший в мировое пространство, преподнес сюрприз: у яркой млечной туманности M51 (открытой в 1764 г. Ш. Мессье и включенной

под этим номером в его каталог туманностей – каталог Мессье) в созвездии Гончих Псов открылась неожиданная, удивительная спиральная структура: картина напоминала вихрь какой-то материи. Долгое время после этого туманность M51 называли “Водоворотом Росса”, а за большие размеры и особенно четкую спиральную форму считали одним из самых удивительных и загадочных объектов неба<sup>5</sup>. Однако уже следующей весной спиральная форма была обнаружена Парсонсом также и у млечной туманности M99 (NGC 4254), а к 1850 г. еще у 12 других и, кроме того, у многих подозревалась им. Представлявшееся вначале фантастическим,

<sup>5</sup> Это, как известно теперь, одна из наиболее ярких и впечатляющих галактик (по новому общему каталогу NGC 5194) с четкой спиральной структурой, поскольку она видна “плашмя”.



*Двойная галактика M51 (NGC 5194 и NGC 5195) в созвездии Гончих Псов. Изображение, полученное с помощью современного крупного телескопа.*

---

это открытие было подтверждено другими астрономами XIX в., главным образом Д.Э. Килером, показавшим, что именно таких, спиральных туманностей больше всего в наблюдаемой Вселенной. Спиральные туманности (после 1923 г. расшифрованные как другие спиральные галактики) действительно оказались главным населением среди галактик.

Что же касается истинной природы – звездного состава млечных туманностей, то уже в самом начале наблюдений результаты, казалось, оправдывали эти надежды В. Парсонса. Туманности в его телескопе не только выглядели намного ярче, но и выявляли такое количество деталей, что ему представлялось, будто он различает в них отдельные звезды. Но, как это нередко бывает при появлении нового изобретения или метода,

не обошлось без переоценки возможностей и огромного телескопа Парсонса. После его наблюдений и открытий в число звездных систем стали уверенно включать даже такие истинно диффузные объекты незвездной природы, как знаменитая планетарная туманность в созвездии Лиры (кольцевая), диффузная туманность “Думббелл” (Гантель) в Лисичке, Крабовидная<sup>6</sup> в Тельце и даже имевшая колоссальные видимые размеры светлая туманность Ориона. Внушительные даже по своим видимым размерам Крабовидная туманность и особенно туманность Ориона, в которых все еще оставались сплошные, неразложимые участки, за-

---

<sup>6</sup> M1 – остаток от взрыва Сверхновой 1054 г., впервые отмеченной китайцами “звезды-гости”. Название этой туманности со сложной струйчатой структурой было введено В. Парсонсом.

ставляли думать о существовании немислимо, фантастически грандиозных звездных систем. В действительности же и наибольший рефлектор Парсонса мог разложить на отдельные звезды лишь звездные скопления, в том числе далекие шаровые, но все еще в пределах нашей Галактики. Обнаруженные им узелки и другие структурные детали во многих туманностях, оказавшихся впоследствии и в самом деле галактиками, представляли собой не отдельные звезды, а сгустки из сотен и тысяч звезд. А что касалось больших диффузных и планетарных туманностей, часто неправильной формы, то наблюдавшиеся в них мелкоструктурные детали были на деле местами различной плотности и яркости составляющего их газа и пыли<sup>7</sup>. Существование таких газовых туманностей, например туманности Ориона, кольцевая в Лире, Крабовидная, принятых Парсонсом за системы звезд, вскоре окончательно доказал, но уже новыми, спектральными методами В. Хёггинс (1868). Кстати, эпоха деятельности В. Парсонса совпала с началом астрофотографии и даже астроспектроскопии. Но... никто не может объять необъятного.

Одно несомненно: открытие самого факта структурности большинства млечных туманностей было огромным достижением, поскольку укрепляло идею множественности звездных вселенных-галактик.

Но главным достижением Парсонса стало открытие загадочной (и, надо сказать, все еще не объясненной до конца) спиральной структуры у большинства млечных туманностей. Это породило поток новых гипотез, напротив, о незвездной природе таких туманностей и о силах, действующих в них. Оно стало мощным стимулом для развития представлений не только о строе-

<sup>7</sup> Поэтому, например, в споре В. Парсонса с Джоном Гершелем о природе туманности Ориона прав оказался последний, считавший ее истинно незвездным объектом.

нии, но и о происхождении небесных объектов – планет, звезд, звездных систем. Уже Вильям Парсонс обратил внимание на то, что такие объекты не могут оставаться в статичном состоянии, их спиральная структура впервые подсказала ему, что они должны находиться во вращательном движении. Он даже пытался (безуспешно!) уловить это движение, измеряя в разное время взаимные положения отдельных узлов в туманностях<sup>8</sup> и призывал к систематическим наблюдениям с этой целью астрономов крупнейших тогда обсерваторий – Пулковской и Кембриджской. Парсонс открыл также пять новых кольцевых туманностей. Многие структурные особенности, отмеченные им, подтвердил в дальнейшем американский астроном Д.Э. Килер при фотографическом исследовании огромного количества туманностей.

Великий пионер в изучении мира туманностей В. Гершель за полвека до Парсонса собрал первый урожай: в его трех каталогах туманностей, включавших свыше 2,5 тысяч объектов, 4/5 оказались галактиками. Из открытых Парсонсом млечных туманностей (свыше 200), далекими галактиками оказалось подавляющее большинство.

После перерыва в работе в 1845–1848 гг., когда усилия и значительная часть средств В. Парсонса и его столь же патриотически настроенной жены были направлены на помощь населению Ирландии в связи с обрушившимся на страну голодом<sup>9</sup>, его систематические наблюдения возобновились.

<sup>8</sup> В действительности собственные движения деталей спиральных галактик за счет их вращения не могут превышать тысячной доли угловой секунды в столетие. Чтобы заметить такое смещение с Земли – при точности наблюдений до 0,1", доступной в середине XIX в., – потребовались бы ... десятки тысяч лет.

<sup>9</sup> В Интернете приведены такие сведения: жена В. Парсонса Мэри Филд (1813–1885) выросла в богатой семье, но овладела



*Современная копия трубы телескопа В. Парсонса "Левиафан". Зеркало – алюминий (вес – 1 т), труба – дубовый тес. Восстановлен Лоренсом Майклом, шестым графом Россом, с участием общественных и благотворительных организаций. 1990-е гг.*

Научные заслуги В. Парсонса в полной мере оценили уже его современники. С 1845 г. до конца жизни В. Парсонс был членом Палаты лордов Парламента Великобритании и пэром Ирландии, в 1855 г. получил звание рыцаря Почетного легиона, а с 1862 г. был еще и научным руководителем (канцлером) Тринити-колледжа в университете Дублина. В 1848–1854 гг. В. Парсонс был в течение двух сроков президентом Лондонского Королевского общества, в 1851 г. его наградили золотой медалью этого Общества. В 1852 г. Парсонсу было присвоено звание почетного иностранного члена Санкт-Петербургской Академии наук. Скончал-

кузнечным мастерством и была помощницей мужа в его инженерных работах. Она была также одним из первых в Ирландии фотографов. В неурожайные годы (1845–1847), когда миллионам ирландцев грозила голодная смерть, графиня Росс обеспечивала работой и зарплатой многие сотни семей г. Парсонстауна.

ся Вильям Парсонс, третий граф Росс, лорд Оксмантаун, 31 октября 1867 г. в Монкстауне, в графстве Дублин.

Продолжателем астрономической деятельности В. Парсонса стал его старший сын, Лоренс Парсонс (1840–1908), четвертый граф Росс. Он внес новые усовершенствования в монтировку и управление 72-дюймового рефлектора, в частности, снабдил его в 1869 г. часовым механизмом, работавшим на водяном двигателе. Ему же принадлежит введение в 1884 г., впервые в мире, вилочной монтировки для 36-дюймового рефлектора (известной теперь, однако, как "американская схема" монтировки). Это позволило в дальнейшем использовать экваториальную установку и для крупных телескопов. В астрономии Л. Парсонс известен, кроме того, своими точными измерениями поверхностной температуры Луны. Но с его смертью астрономическая история Бирр-Кестля закончилась<sup>10</sup>. Длитель-

<sup>10</sup> Из 13 родившихся у В. Парсонса и его



*Восстановленный рефлексор В. Парсонса на территории замка Бирр. Современный вид.*

---

ное время труба большого телескопа, демонтированного уже в 1908 г., хранилась в Бирр-Кестле – у потомков другой ветви рода графов Россов, а зеркало в 36 дюймов<sup>11</sup> было передано в научный музей Лондона в Кенсингтоне. Некоторые другие астрономические реликвии, вроде вторичных зеркал, рисунков и рукописей, также хранятся в родовом замке графов Россов, который более шести десятилетий, вплоть

жены детей лишь четверо дожили до взрослого состояния. Астрономом стал только старший сын, Лоренс, второй был пастором, а двое других – талантливыми инженерами, особенно младший, Чарльз (1854–1931), прославившийся изобретением паровой турбины.

<sup>11</sup> Из имеющихся сведений не совсем ясна судьба большого 72-дюймового зеркала.

до 1919 г., до появления 2,5-м рефлексора обсерватории Маунт-Вилсон, был местом действия крупнейшего рефлексора в мире, получившего библейско-мифологическое имя “Левиафан”.

О дальнейшей судьбе этого гигантского телескопа интересные новые сведения содержатся в Интернете. Металлические части инструмента в 1914 г. были переплавлены для нужд Первой мировой войны. Позднее, в 1925 г., ввиду пожароопасности были уничтожены и все деревянные части. Но в конце 1990-х гг. благодаря усилиям шестого графа Росса, Лоренса Майкла, телескоп-обсерватория В. Парсонса был восстановлен. Облегченную копию громадного зеркала из алюминия (весом 1 т) сделала французская компания, шлифовку и полировку обеспечила Оптическая научная лаборатория

Колледжа Лондонского университета. Были полностью воссозданы по старинным чертежам и рисункам труба из дубового теса и механизмы монтировки телескопа. Но управление движением теперь осуществляется гидравлическими и электрическими двигателями. В главном фокусе зеркала была установлена ПЗС-камера, изображение с которой передается на экран компью-

тера в павильоне, находящемся в 100 м от телескопа, где посетители могут со значительно большим комфортом, чем его самоотверженный автор, полюбоваться открывающейся грандиозной картиной Космоса.

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

---

## Информация

---

### Наноспутники для изучения планет

В 2016 г. планируется испытать в атмосфере Земли прототип миниатюрного аппарата NASA серии “CubeSat” (куб-спутник), предназначенного для изучения дальних планет. Инженер-технолог Дж. Эспер из Центра космических полетов им. Р. Годдарда предложил объединить два таких аппарата, чтобы один из них использовался в качестве разгонного блока для доставки второго к исследуемой планете. Второе испытание “CubeSat” предполагается провести на Международной космической станции, запустив его на околоземную орбиту.

Наноспутниками называют космические аппараты



Наноспутник серии “CubeSat” на околоземной орбите. Рисунок NASA.

---

особо малых размеров. Распространение получила платформа “CubeSat”, состоящая из модулей в виде куба размером  $10 \times 10 \times 10$  см и массой около 3 кг. Такие спутники запускаются с помощью ракет-носителей в качестве попутной нагрузки к основному КА, что делает их идеальным средством для бюджетных научных

исследований. Отсутствие реактивного двигателя существенно ограничивает маневренность и управляемость аппарата. Пока наноспутники “CubeSat” запускают в космос преимущественно как экспериментальные.

Пресс-релиз NASA,  
21 мая 2015 г.

## Джерард Койпер

(К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Выдающийся американский астроном Джерард Койпер (Gerard Peter Kuiper) – один из самых влиятельных астрономов середины XX в., он внес значительный вклад в изучение двойных звезд и Солнечной системы. Дж. Койпер открыл атмосферу на спутнике Сатурна Титане, исследовал свойства атмосфер Марса и внешних планет; разработал космогоническую модель, в которой предсказывалась возможность существования малых тел за пределами Солнечной систе-



*Дж. Койпер. 1964 г.*

мы. Директор Йеркской и Макдональд обсерваторий, создатель Лунно-планетной лаборатории в Аризонском университете, научный руководитель нескольких лунных миссий NASA в начале 1960-х гг.

Дж. Койпер родился 7 декабря 1905 г. в г. Харенкарспель (Нидерланды). Амбициозный, интеллектуально развитый юноша из небогатой семьи, Джед рано проявил интерес к астрономии. Успешно сдав трудные вступительные экзамены, он поступил в Лейденский университет, который окончил в 1927 г. со степенью бакалавра. Дж. Койпер остался в Лейдене для продолжения научной деятельности. Его руководителями были астрофизики Э. Герцшпрунг, В. де Ситтер и Э. Паннекук, а также физик-теоретик П. Эренфест. В 1929 г. он провел восемь месяцев на Суматре в составе голландской экспедиции для наблюдения солнечного затмения.

В 1933 г. Дж. Койпер под руководством Э. Герцшпрунга завершил докторскую диссертацию по двойным звездам. Он получил грант Келлога для работы на Ликской обсерватории в Калифорнии (в то время одна из крупнейших обсерваторий) и в тот же год переехал в США, где получил гражданство в 1937 г. Койпер был талантливым астрономом-наблюдателем и рассчитывал остаться на Ликской обсерватории, но столкнулся с неприязненным отношением сотрудников к нему как к иностранцу, тем более что сам обладал резкими манерами. В 1935 г. ему

пришлось перейти в Гарвардский университет, а годом позже он стал постоянным штатным сотрудником новой Обсерватории Макдональд в Техасе, которую тогда обслуживали специалисты Йеркской обсерватории Чикагского университета. Одновременно Койпер преподавал в университетах – Гарвардском (1935–1936) и Чикагском (1936–1960). В 1943 г. Койпер стал полным профессором астрономического отделения Чикагского университета.

По всей видимости, Койпер задумывался об исследованиях планет еще в Лейдене, когда возникал вопрос о теории образования Солнечной системы. Несмотря на это, его первые изыскания были посвящены звездной астрофизике. Еще работая на Ликской обсерватории, Койпер занимался изучением физики двойных звезд – это тема его диссертации. Он пришел к выводу, что у двойных звезд экстремально короткие периоды вращения и они расположены близко друг к другу. Наблюдая на крупнейших телескопах – 36-дюймовом рефракторе и 36-дюймовом крослеевском рефлекторе Ликской обсерватории, а затем на 40-дюймовом рефракторе Кларка Йеркской обсерватории, – Койпер открыл множество новых двойных систем и 21 белый карлик. Особенно значительным его научным результатом этого периода стал вывод, сделанный и опубликованный в 1938 г., о существенной роли двойных систем в Галактике. По оценке Койпера, не менее 50% ближайших к нам звезд – двойные или кратные. Описывая двойную систему  $\beta$  Лиры, ученый ввел термин “контактные двойные звезды” и предсказал, что вещество, оторвавшееся от большей звезды, должно образовывать кольцо вокруг меньшей звезды-компонента. Аккреционные диски, образовавшиеся при перетекании веществ в тесных двойных системах, к концу XX в. стали важным объектом исследования астрофизиков. Он углубил смысл главной последовательности на диаграмме спектр – светимость Герцшпрунга – Рессела, уточнив для звезд этой последова-



*С. Чандрасекар, Дж. Койпер и О.В. Струве в Обсерватории Макдональд (штат Техас). 1939 г.*

тельности эддингтоновское соотношение масса – светимость.

Директор Йеркской и Макдональд обсерваторий российский астроном О.В. Струве инициировал назначение Дж. Койпера в Йеркскую обсерваторию. Работа в этом астрономическом учреждении сблизила Койпера с другими приглашенными учеными – датским астрономом Б. Стремгреном и астрофизиком-теоретиком С. Чандрасекаром. Вместе они способствовали возрождению астрофизики в Чикаго. Койпер изучал собственные движения звезд в шаровых скоплениях Млечного Пути. Его работа позволила сделать калибровку шкалы звездных температур, тогда считавшуюся важной проблемой в астрофизике. Койпер также изучал маломассивные звезды: белые карлики и слабые голубые звезды. Его интерес к этим объ-



*Директор Йеркской обсерватории Чикагского университета Дж. Койпер. 1947 г.*

ектам подогревался исследованиями С. Чандрасекара, изучавшего природу вырожденного вещества для выбора теории производства энергии внутри звезд.

В 1942–1944 гг. Койпер проходил воинскую службу в радиолaborатории Гарварда. Поскольку он владел голландским, немецким и французским языками, в начале 1945 г. его назначили членом секретной комиссии “ALSOS” в Европе по расследованию участия ученых в немецком атомном проекте. В это время Койпер сблизился с Б. Лио (Франция) и Э. Регенером (Германия), проводившими пионерские исследования атмосфер планет и планировавшими разместить научную аппаратуру на борту трофейной немецкой ракеты Фау-2.

В конце 1945 г., вернувшись в США после вынужденного перерыва в научной деятельности, Койпер переключился на исследование Солнечной системы. Это произошло по двум при-

чинам. Во-первых, благодаря допуску к секретным военным технологиям в области создания свинцово-сульфидных ячеек, в отличие от фотопленки способных регистрировать излучение в дальней инфракрасной области. Во-вторых, его поддержали О.В. Струве, федеральные власти и военные в стремлении изучать планетные атмосферы. В 1947 г. Койпер с сотрудниками сконструировали и построили первый призменный спектрометр (приемник ИК-излучения) для 82-дюймового рефлектора Обсерватории Макдональд. Несмотря на невысокое спектральное разрешение ( $\lambda/\Delta\lambda = 80$  для области 1–2,5 мкм), новый прибор открывал небывалые перспективы для исследований планет. В 1947–1949 гг. Койпер проводил плановые наблюдения звезд и атмосфер планет в Обсерватории Макдональд и сделал несколько важнейших открытий. Весьма неожиданным стало открытие им водяного пара в атмосферах звезд поздних спектральных классов. В эти же годы Койпер занимался Солнцем и составил атлас его инфракрасного спектра. Он обнаружил углекислый газ, метан и азот в атмосферах Марса и на спутнике Сатурна Титане, исследовал распределение  $\text{CO}_2$  по высоте в атмосфере Венеры, определил, что кольца Сатурна состоят не из каменных частиц, а из льда. Он был одним из пионеров изучения кратеров метеоритной природы на Луне и Земле. В 1948 г. Койпер открыл на фотоснимке пятый спутник Урана Миранду, годом позже – второй спутник Нептуна Нереиду. Койпер предсказал открытие следов вулканической деятельности на Марсе. Работая вместе с К.В. Томбо (Земля и Вселенная, 1997, № 6; 2006, № 3), он допускал присутствие микроорганизмов на Марсе; эксперименты марсоходов, возможно, это подтвердят. Эти удивительные открытия Койпера сулили важные космогонические выводы.

В 1947–1949 гг. Койпер был директором Йеркской обсерватории, в 1957–1960 гг. возглавлял Обсерваторию Макдональд.

В конце 1940-х гг. в Йеркской обсерватории Койпер наблюдал поведение частиц в атмосферах планет, совместно с аспирантом Д.Е. Харрисом он выполнил фотометрические измерения планет, их спутников и крупных астероидов. В 1949–1956 гг. под руководством Койпера был выполнен фотографический обзор всех астероидов ярче  $16,5^m$ , чтобы получить наиболее полные статистические данные. Благодаря очевидному лидерству в данной области в 1952 г. Койпера избрали президентом Комиссии № 16 “Физика планет и спутников” Международного астрономического союза.

Изучение свойств планет и малых тел возродили интерес Койпера к двойным, и он стал рассматривать Солнечную систему как несостоящуюся двойную систему. Опираясь на преобладавшую тогда небулярную космогоническую теорию немецкого физика К. фон Вайцзекера и учитывая взгляды О.В. Струве и С. Чандрасекара, Койпер предположил образование планет в областях гравитационной неустойчивости околосолярной туманности, планетные системы – обычный случай кратных систем. В 1950-е гг. космогоническая модель Койпера стала лидирующей среди американских астрономов. В СССР практически таких же взглядов придерживались академик В.Г. Фесенков и его ученики. Одним из утверждений, высказанных Койпером в 1951 г., стало предсказание, что на периферии Солнечной системы, в поясе 35–60 а.е., обращаются миллиарды кометоподобных тел. После 1992 г. открыто более тысячи тел за орбитой Нептуна, их называют также объектами пояса Койпера семейства плутино, к ним причислен и Плутон (Земля и Вселенная, 1999, № 5; 2008, № 6). В 1949 г. ирландский астроном К. Эджворт независимо от Койпера предсказал существование пояса малых тел за орбитой Нептуна, поэтому его называли в честь обоих ученых.

К концу 1940-х гг. Койпер пришел к выводу, что значительного прогрес-



*Руководитель Обсерватории Макдональд Дж. Койпер. 1950-е гг.*

са в исследованиях Солнечной системы можно достичь в кооперации астрономии со смежными науками – химией, физикой и геологией. В начале 1950-х гг. он начал тесно сотрудничать с коллегой по Чикагскому университету, нобелевским лауреатом химиком Г.К. Юри, занимавшимся геохимической эволюцией Земли и планет. В те годы внимание астрономов и геохимиков было сосредоточено на определении обилия тех или иных химических элементов в небесных телах. Стояла проблема: достаточно ли на нашей планете урана, тория и радиоактивного калия ( $^{40}\text{K}$ ), чтобы обеспечить формирование внутреннего железного ядра. Вначале Г.К. Юри принимал в качестве начальных условий геохимическую эволюцию в космогонической модели Койпера, где Солнечная система рассматривалась как несостоящаяся двойная звезда. Со своей стороны, Койпер соглашался с геохимическими аргументами Юри, который придержи-

вался холодной модели образования Земли и Луны. Но в 1954 г. на основании результатов исследований лунной поверхности Койпер пришел к убеждению, что в раннюю эпоху она находилась в расплавленном состоянии. Годом позже Юри раскритиковал в печати теорию Койпера и даже в приватной беседе предложил ему уйти с поста председателя Комиссии МАС. Койпер с недоверием относился к аргументам Юри. Междисциплинарный союз двух крупных ученых рушился. По воспоминаниям К. Сагана, в ту пору аспиранта Койпера, он чувствовал себя как “дитя разведенных родителей”. Научные взгляды на проблему происхождения Солнечной системы крупнейших американских ученых Дж. Койпера и Г. Юри были непримиримы.

В 1958 г. в Москве прошла X Генеральная ассамблея МАС, где был организован симпозиум о происхождении Земли и планет, на котором присутствовали около 300 виднейших специалистов, в том числе большая делегация американских астрономов. Заседания проходили в просторной аудитории в старом здании МГУ на Моховой, 9 (тогда Большой Коммунистической). Гарольд Юри со своего места в первом ряду с криком обрушился на Койпера, который молчал, не выступив в защиту своей теории. По завершении симпозиума он сдал в печать лишь краткое содержание своей работы по истории формирования лунной поверхности, не касаясь вопросов происхождения Солнечной системы. Более поздние (замечательные!) публикации Койпер посвятил интерпретации структур поверхности планет.

Койпер предполагал, что Солнечная система образовалась из туманности и нескольких небольших по сравнению с ней газовых сгустков – протопланет, которые затем потеряли газовую составляющую вследствие термической диссипации. Освободиться от водорода, гелия, инертных газов и азота туманность смогла под действием сильней-

шего солнечного ветра. Первоначальная масса протоземли при этом должна была примерно в 600 раз превышать современную, в течение своей эволюции Земля прошла через расплавленное состояние. Такую модель яростно оспаривали Г. Юри и другие планетологи. Юри указывал, что распределение химических элементов в земной коре противоречит горячей модели, летучие элементы (например, цинк) должны были бы концентрироваться у поверхности коры. Кроме того, Юри считал неправильным предположение, что водород и гелий вначале могли образовать крупную протопланету, а затем улетучиться с планет земного типа. В 1951 г. астрофизик И.С. Шкловский своими расчетами показал, что изначально самогравитирующий сгусток газов солнечного состава вследствие термической диссипации даже за миллиарды лет не смог бы “отсортировать” легкие газы от других составляющих.

В российской науке вопросам происхождения планет уделялось большое внимание. Академик О.Ю. Шмидт еще в 1944 г. предложил идею образования планет путем аккумуляции твердых частиц и тел из окружающего Солнце газопылевого облака (Земля и Вселенная, 1982, № 3; 2002, № 2). Главной задачей планетной космогонии О.Ю. Шмидт считал изучение эволюции протопланетного облака и превращения его в систему планет, догеологической истории Земли с привлечением всех наук о Земле и метеоритном веществе. Сотрудники О.Ю. Шмидта, работавшие в Институте физики Земли, подготовили доклады для симпозиума 1958 г. в Москве, опубликованные в сборнике “Вопросы космогонии” (1960), где критически анализировались выводы Дж. Койпера. В них доказано, что предположение о распаде допланетного облака на гигантские протопланеты требует слишком большой массы облака и Солнца. На двухдневных заседаниях выступили видные астрофизики профессора Ф. Хойл (Англия) и

Ф. Уиппл (США), геофизик Г. Джеффрис (Англия), физик А. Камерон (США). Концепцию аккумуляции планет в газопылевом диске небольшой массы (по сравнению с Солнцем) многократно обсуждали на международных симпозиумах. К 1990 г. астрофизические наблюдения позволили открыть и изучить подобные диски вокруг молодых звезд массой, близкой к солнечной. Эти диски оказались сходными с теоретической моделью, разработанной в ИФЗ РАН на основе только нашей планетной системы. В 1990 г. Американское астрономическое общество присудило премию им. Койпера московскому астроному В.С. Сафронову за монографию «Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет» (1969), поскольку открытые к этому времени газопылевые диски у звезд типа Солнца оказались подобными описанным в теории О.Ю. Шмидта.

В конце 1960 г. Дж. Койпер еще раз приехал в СССР на симпозиум МАС «Луна», посвященный первым снимкам лунной поверхности, полученным АМС «Луна-3» (Земля и Вселенная, 1999, № 6; 2009, № 4). Он выступил с весьма дружественной речью, обращенной к советским участникам. Его взгляд на



*Дж. Койпер в Лунно-планетной лаборатории Аризонского университета. Начало 1960-х гг.*

эволюцию Луны и историю ее поверхности стал близок к современной планетной космогонии. Именно Койпер по снимкам Луны детально изучил последовательность ударного образования лунных морей, поэтапное расплавление оболочки Луны с выходом базальтовых лав на поверхность в ударных впадинах.

Запуск 4 октября 1957 г. первого советского ИСЗ вызвал огромный интерес американского правительства и широкой общественности к исследованиям Луны и планет. Койпера, получившего федеральную поддержку исследований Солнечной системы, вновь назначили директором Йеркской обсерватории. Используя субсидии Управления ВВС США и Национального научного фонда (NSF), он организовал проведение картирования Луны и изучение физических характеристик планет и астероидов.

Койпер, заботясь о финансировании звездной и галактической астрономии, добился от Управления ВВС США обещанной постройки телескопа в Серро-



*Дж. Койпер комментирует полученные АМС «Рейнджер-9» снимки Луны. Апрель 1965 г.*



*Астронавт Ф. Борман и Дж. Койпер обсуждают результаты полета АМС "Луна-9". Тусон, февраль 1966 г.*

Тололо (Чили). Позднее там была создана межамериканская (по существу международная) обсерватория. Работа Койпера все более концентрировалась на исследованиях Луны и планет, и он активно делился информацией с только что организованным NASA. Он отслеживал все достижения СССР в космических исследованиях. В частности, ему пришлось разбираться с утверждением ленинградского астронома Н.А. Козырева о существовании активного вулканизма на Луне. Это представляло угрозу для космонавтов. Посетив в конце 1960 г. Ленинград, где проходил 14-й симпозиум МАС ("Луна"), Койпер выступил на симпозиуме с очень теплой речью в адрес советских астрономов, получивших первые снимки обратной стороны Луны в 1959 г., высказал идею, что вулканизма на Луне нет, а есть только истечение газов CO и CO<sub>2</sub> из трещин.

Под руководством Койпера лунно-планетная тематика стала доминирующей в Йеркской и Макдональд обсерваториях, что вызвало недоумение среди астрономов, специализирующихся на исследованиях звезд и галактик. Соперничество этих двух ветвей привело в 1960 г. к отставке Койпера с поста директора этих обсерваторий. При

желании он мог остаться на должности профессора Чикагского университета, но предпочел принять приглашение ректора Аризонского университета и вместе с десятком единомышленников переехал в Аризону. Койпер занял пост руководителя отделения астрономии и впоследствии создал Лунно-планетную лабораторию на базе Лаборатории атмосферной физики.

В 1960-е гг. произошло разветвление американской астрономии на два направления – лунно-планетное и звездно-галактическое. В этот период Койпер занимался ранней эволюцией Луны, изучил проблему ударного происхождения лунных морей. Под его руководством выполнены важнейшие исследования Луны и планет Солнечной системы с помощью АМС по программам "Рейнджер", "Лунар Орбитер" и "Сервейер". В 1964–1965 гг. американские станции "Рейнджер-7–9" перед падением на Луну передали на Землю четкие фотографии лунной поверхности с самыми мелкими деталями (Земля и Вселенная, 1966, № 6). Это позволило выбрать места посадок для АМС серии "Сервейер", которые в 1966–1968 гг. осуществили мягкие посадки на лунную поверхность, исследовали



*Дж. Койпер с атласом Луны. Конец 1960-х гг.*

грунт и передали множество снимков (Земля и Вселенная, 1968, № 2). Койпер и сотрудники Лунно-планетной лаборатории вместе с NASA определяли места для посадки будущих экспедиций по программе “Аполлон” (Земля и Вселенная, 1970, № 5; 1972, № 2; 1973, № 5; 1993, №№ 4, 5; 2009, № 5).

В 1967 г. при поддержке NASA Койпер инициировал установку 2,24-м рефлектора Гавайского университета в Обсерватории Мауна-Кеа. Особенно ярким достижением ученого стало создание на самолете “Конвэр-900” летающей обсерватории, оснащенной инфракрасным телескопом, способным вести астрономические наблюдения на высоте 13 км над поверхностью Земли. После кончины Койпера этой летающей обсерватории было присвоено его имя. В области инфракрасных наблюдений планет Койпер высоко ценил работы российского планетолога доктора физико-математических наук В.И. Мороза (1931–2004). К нему для совместной работы приезжал ученик Койпера американский астроном Д. Крукшенк. В.И. Мороз в статье “На пыльных тропинках далеких планет. О былом и несбывшемся” (2003) вспоминал: “Публикации Дж. Койпера по ИК-астрономии в студенческие годы я знал наизусть, они стали для меня путеводной звездой. В 1967 г. мы встретились на Генеральной ассамблее МАС в Праге. Он знал о моих работах по ИК-спектроскопии планет и сказал несколько добрых слов. Я был счастлив: Дж. Койпер был поистине титанической фигурой в планетной астрономии”. Близко знали Дж. Койпера лидеры советской планетной и лунной астрономии В.С. Сафронов и Е.Л. Рускол.

Дж. Койпер опубликовал монографии “Атмосферы Земли и планет” (1949, 1952), “Солнечная система” в 4 томах (1953–1963) и “Звезды и звездные системы” в 9 томах (1960–1972). Эти издания известны во всем мире, они переведены на русский язык и публиковались большими тиражами. Гран-



*Дж. Койпер. Начало 1970-х гг.*

диозной и последней работой Койпера стало составление совместно с его сотрудниками четырех атласов Луны (1961, 1963, 1967, 1970) на базе фотографий АМС.

Койпер внес большой вклад в международные научные связи и образование. Его многочисленные ученики (аспиранты, ассистенты) участвовали в космических программах NASA. Койпер обладал очень острым зрением: различал звезды до 7,5<sup>m</sup>, то есть в четыре раза более слабые, чем видят обычные люди. Был исключительно выносливым: мог спать не более 3–4 ч в сутки в течение напряженного двухнедельного периода наблюдений, когда следовало помимо прочего составлять программу и делать расчеты. На первый взгляд, Койпер был сдержанным по отношению к коллегам, но на

самом деле он просто яркий пример преданности науке.

Койпера избрали членом Нидерландской королевской академии наук, Национальной академии наук США, многих зарубежных академий и научных обществ. Его заслуги отмечены золотой медалью им. Кеплера и медалью им. П.Ж.С. Жансена Французского астрономического общества, медалью им. Д. Риттенхауза Национальной академии наук США, именными медалями, он удостоен почетных званий.

В 1930-е гг. Койпер познакомился в Кембридже со своей женой Сарой Паркер Фуллер. В 1980 г. ее семья подарила Гарвардскому университету участок

земли, где была построена Обсерватория Ок-Ридж. Вместе с женой Койпер проводил рождественский отпуск 1973 г. в г. Мехико. 23 декабря 1973 г. он скончался от сердечного приступа в возрасте 68 лет.

В честь Дж. Койпера названы малая планета № 1776, кратеры на Луне, Марсе и Меркурии, пояс транснептуновых тел, к которым причислена и карликовая планета Плутон. В 1984 г. Американское астрономическое общество учредило ежегодную премию имени Койпера, присуждаемую за выдающиеся исследования планет.

*С.А. ГЕРАСЮТИН,*

*Е.Л. РУСКОЛ,*

*доктор физико-математических наук*

---

## *Информация*

---

### **Солнечный парусник**

20 мая 2015 г. с Восточного ракетного полигона на мысе Канаверал (база ВВС США) с помощью РН “Атлас-5” запущен космический аппарат “LightSail-A” (светлый парус) вместе с семью ИСЗ “CubeSat” и секретным военным беспилотным КК “Boeing X-37B”. Наноспутник “LightSail-A” размером  $10 \times 10 \times 30$  см и массой 3,5 кг вышел на орбиту высотой 800 км для отработки технологии раскрытия па-

руса в космосе. Испытания призваны продемонстрировать преимущества солнечного паруса, позволяющего обходиться без двигателей и топлива. Это второй такой КА, первый, “Икар” (Япония), был запущен 20 мая 2010 г. (Земля и Вселенная, 2010, № 6, с. 75–76). Проект “LightSail” – детище Планетарного общества США (The Planetary Society), основанного Карлом Саганом, сейчас его возглавляет Билл Най.

“LightSail-A” состоит из трех спутников “CubeSat”, разворачивающихся в космосе четыре солнечных паруса треугольной формы диаметром 8 м и площадью 32 м<sup>2</sup>. Парус изготовлен из тончайшей металлизированной пленки толщиной 4,5 мкм. Вскоре после старта сло-

маля бортовой компьютер, через день его перезагрузили по команде с Земли; с аппаратом удалось наладить связь и передать команду развернуть солнечные батареи. Через несколько дней в энергосистеме снова произошел сбой, потребовался еще один перезапуск. 7 июня на спутнике все же раскрылись солнечные паруса. 9 июня он передал первую фотографию своих парусов, в последующие дни провел ряд экспериментов. С 12 июня “LightSail-A” начал постепенный сход с орбиты.

Предполагается в 2016–2018 гг. запустить еще три парусника.

По материалам  
Интернет-сайтов,  
11 июня 2015 г.

## **Фестиваль полнокупольных программ**

16–19 июня 2015 г. в Государственном автономном учреждении культуры Ярославской области “Культурно-просветительский центр им. В.В. Терешковой” прошел **II Международный**

**фестиваль научно-популярных полнокупольных программ для планетариев “Отражение Вселенной”**, посвященный полету в космос первой женщины-космонавта, Героя ‘Совет-

ского Союза Валентины Владимировны Терешковой<sup>1</sup>. Первый фестиваль “Отражение Вселенной” успешно проведен в октябре 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 2).

---

*Участники Фестиваля в Культурно-просветительском центре им. В.В. Терешковой. Ярославль. 16 июня 2015 г.*



---

<sup>1</sup> С материалами II Фестиваля можно ознакомиться в сборнике “Отражение Вселенной”. Составители Е.Н. Тихомирова, И.Н. Трофилева, А.В. Лобанов (Ярославль: Индиго, 2015).



Представитель компании "Карл Цейс" Л. Мюллер (справа) и участники II Международного фестиваля "Отражение Вселенной". Ярославль. 16 июня 2015 г.

---

Новгород, Новороссийск, Пермь, Санкт-Петербург, Уфа, Чебоксары, Челябинск, Ярославль).

Для планетариев России актуально:

- создание полнوکупольных программ на русском языке;

- модернизация разнообразных форм работы в классических и цифровых планетариях;

- обеспечение доступности источников интересной, новой информации – исходных материалов для сеансов;

- производство детских фильмов по астрономии и космонавтике;

- разработка интерактивных образовательных просветительских материалов для работы со школьниками;

- чтение лекций, включая 3D-визуализацию, и взаимодействие со зрителями по особенно интересным для общества темам;

- права на приобретение и использование астрономического контента.

Участников Фестиваля тепло приветствовали начальник ЦПК им. Ю.А. Гагарина, Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Ю.В. Лончаков и заместитель начальника

Организовали Фестиваль Правительство Ярославской области, Благотворительный фонд им. В.В. Терешковой, Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, Культурно-просветительский центр им. В.В. Терешковой, Ассоциация планетариев России, Общество сферического кино и компания "Свенсонс ART МЕДИА". Основная цель Фестиваля – показать, что современные полнókупольные технологии – это мощный инструмент для популяризации естественно-научных знаний, развития образовательной, просветительской

деятельности и инновационного творчества в сфере культуры и искусства. Задачи Фестиваля заключались в демонстрации потенциала планетариев, оснащенных современным проекционным оборудованием, в расширении сфер деятельности, иницировании создания объектов интеллектуальной собственности. Участвовали 98 представителей из Азии, Америки и Европы, в том числе из 20 планетариев и музеев России (Барнаул, Волгоград, Вологда, Воронеж, Екатеринбург, Ижевск, Йошкар-Ола, Казань, Калуга, Кострома, Курск, Москва, Нижний

ЦПК им. Ю.А. Гагарина  
В.И. Плакида.

На Фестивале демонстрировались материалы по трем категориям: полнометражный фильм естественно-научной направленности; клип для планетариев; музыкальное шоу.

Среди **полнометражных фильмов** по астрономической и космической тематике выделяются “Путешествие к звездам” (Американский музей естественной истории, США) – об эволюции звезд, включая Солнце, и тайнах звездных скоплений; “Путешествие к миллиарду солнц” (совместный проект 13 планетариев и ESA) – увлекательное путешествие по Млечному Пути; “Мечты о полете” (Научный центр Коперника в Варшаве, Польша) – освоение околоземного космического пространства от первых полетов воздушных шаров до запусков спутников и космических кораблей; “Власть звезд: от древности до современности” (Гамбургский планетарий, Германия) – научная интерпретация астрономических картин мира всех времен и народов на примере расшифровки бронзового диска XVII в. до н.э. из Нембры с изображением Солнца, Луны и 32 звезд; “Мы все – пришельцы” (NSCCreative, Великобритания) – о возможности встречи с разумными существами нашей Галактики; “Путешествие по Солнечной системе” (Донецкий планетарий,

Украина) – калейдоскоп пейзажей планет и их спутников; “АЛМА – окно в тайны Вселенной” (Konica Minolta Planetarium, Япония) – о комплексе Атакамского большого миллиметрового/субмиллиметрового радиointерферометра в Чили. Фирма “Карл Цейс” (Йена, Германия) предоставила в дар всем планетариям учебную программу с полнометражной визуализацией “Свет”. Это наглядный материал для школьников об электромагнитных волнах.

Интерес вызвали **полнометражные программы** для детей по астрономии: “Астрономическая азбука” (Нижегородский планетарий) – любознательная героиня узнает, из чего состоит Вселенная; “Поларис” (Планетарий г. Сент-Этьен, Франция) – сказка о белом медведе и пингвине – дружных исследователях полярных областей Земли и околополярных созвездий неба; “Галактика, поездка по Млечному Пути” (Планетарий г. Сент-Этьен, Франция) – путешествие робота с молодым астрономом по Млечному Пути; “Предание о звездах” (Студия Кагайо, Япония) – астрономические мифы и легенды от античности до наших дней; “Путешествие воздушного шарика – до неба и выше” (“Ksantech-studio”, г. Казань) – об атмосфере Земли, околоземном космическом пространстве, Солнечной системе, Галактике и Вселенной.



*Летчик-космонавт Ю.В. Лончаков выступает на открытии Фестиваля. 16 июня 2015 г.*

Из **короткометражных фильмов и клипов** для планетариев, посвященных исследованию и освоению космоса, обратили на себя внимание “Астралис” (компания Auyoshi Animations, Индия) – о жизненном цикле звезды (от момента рождения до коричневого, красного карлика или сверхновой); “Розетта” (Общество сферического кино и Киевский планетарий, Россия – Украина) – уникальная космическая миссия к ядру кометы 67P Чурюмова – Герасименко; “Вспышки на Солнце” (Spitz Creative Media, NASA) – о влиянии Солнца на Землю, ее атмосферу, магнитосферу и человека.

Из **музыкальных шоу и программ** отметим такие работы: “Музыка” (Научный центр префек-



*Т. Краупе (Германия), Д. Тиверон (Италия) на пресс-конференции. 16 июня 2015 г.*

В творческих дискуссиях наибольший интерес вызвали конструктивные замечания членов жюри – докторов физико-математических наук С.Я. Язева (ИГУ, Иркутск, международная организация “Астрономическое общество”), Д.Ф. Белоножко (ЯрГУ им. П.Г. Демидова, Ярославль), кандидатов физико-математических наук М.Г. Гаврилова (МФТИ, Москва) и А.В. Сербера (Нижегородский планетарий). Представитель компании “Карл Цейс” Лютц Мюллер проявил активное участие в подготовке Фестиваля и представил фильм к Международному году света.

В мобильном планетарии вблизи Центра им. В.В. Терешковой демонстрировались полнокупольные программы, представленные Обществом сферического кино. 16–22 июня 2015 г. в г. Тутаеве Ярославской области состоялись конкурсные показы на базе мобильного планетария (фильмы со всего мира увидели более 5 тыс. посетителей). Фестивальные мероприятия дополнили вечерняя экскурсия по историческому центру Ярославля и набережной реки Волги, а также посещение музея “Космос” в с. Никульском – на малой родине В.В. Терешковой.

Представим лауреатов II Международного

туры Яманаши, Япония) – о познании Вселенной посредством музыки; “Большое музыкальное путешествие” (Центр им. В.В. Терешковой) – музыкальная иллюстрация строения Вселенной с использованием произведений А. Пьяцоллы, И. Бенды, митрополита Иллариона.

Участникам Фестиваля запомнилась яркая, эмоционально-насыщенная научно-популярная лекция “Человечество в космосе” доктора физико-математических наук, профессора Иркутского государственного университета С.А. Язева, которой осветил историю развития ракетно-космической техники, включая пилотируемые полеты. Работали замечательные мастер-классы, посвященные:

– опыту независимого коммерческого создания и дистрибьюции полнокупольного контента;

– разработке художественного решения и ведению рабочего проекта полнокупольной программы;

– производственному процессу создания компьютерной графики сверхвысокого разрешения и реализации задач научной визуализации в полнокупольной программе (Я.В. Губченко, Общество сферического кино, Россия);

– созданию сайта, общего для всех планетариев и полнокупольных кинотеатров мира (Д. Тиверон, Италия).

Внимание участников привлекли рассказы о “звездных домах” мира президента Международного общества планетариев, директора Гамбургского планетария и члена жюри Фестиваля Томаса Краупе, который представил на конкурс музыкальный полнокупольный фильм “Лунный свет – царство света”.



Я.В. Губченко (Общество сферического кино) рассказывает о новом проекте полнокупольной программы. 17 июня 2015 г.

фестиваля “Отражение Вселенной”.

#### **Полнокупольные фильмы:**

– первый приз получил “Поларис” (Планетарий г. Сент-Этьен, Франция);

– второй приз – “Музыка” (Научный центр префектуры Яманashi совместно с компаниями LIVE и GOTO Inc., Япония) и “Путешествие по Солнечной системе” (Донецкий планетарий);

– третий приз – “Мечты о полете” (Научный центр Коперника, Польша) и “Предания о звездах” (Студия Кагайя, Япония);

#### **Музыкальное шоу для планетариев:**

– “Лунный свет – Царство света” (Гамбургский планетарий, Германия);

Е.А. Терешкова и профессор С.А. Язев. 19 июня 2015 г.

– “Большое музыкальное путешествие” (Центр им. В.В. Терешковой, Свенсонс АРТ МЕДИА);

– “Планета скрипки” (Нижегородский планетарий).

#### **Клип для планетариев:**

– “Свет” (“Карл Цейс”, Германия);

– “Полет фантазии” (Общество сферического кино, Нижний Новгород);

– “Полет по Гамбургскому планетарию” (Mirage3D, Нидерланды).

Призы зрительских симпатий получили:

– полнокупольный фильм “Предание о звездах” (студия Кагайя, Япония);

– музыкальное шоу “Большое музыкальное путешествие” (Центр им. В.В. Терешковой, Свенсонс АРТ МЕДИА);

– клип для планетария “Свет” (“Карл Цейс”, Германия).

Награды лауреатам Фестиваля вручала вице-президент Благотворительного фонда им. В.В. Терешковой Елена Ан-

дриановна Терешкова (дочь В.В. Терешковой).

Международный фестиваль “Отражение Вселенной”, несомненно, вызвал творческий импульс к созданию современных студий по производству учебных и научно-популярных медиапродуктов для российских планетариев. Он открыл новые возможности популяризации науки, привлек внимание всех социальных групп населения, в том числе молодежи, к инновационной деятельности в космических и астрономических исследованиях. Планируется проводить фестиваль раз в два года.

Е.Н. ТИХОМИРОВА,

Культурно-просветительский центр им. В.В. Терешковой;

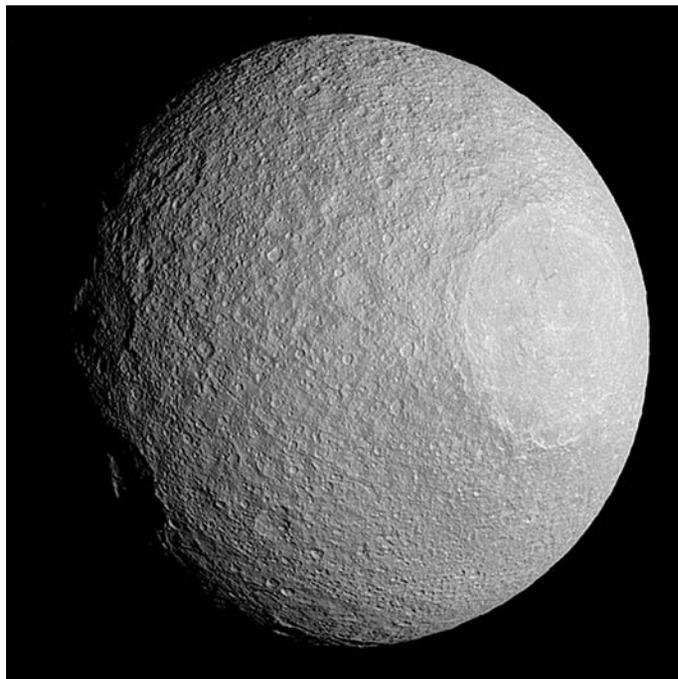
И.Н. ТРОФИЛЕВА,  
директор Культурно-просветительского центра им. В.В. Терешковой

*Фото А.А. Попова*



### “Кассини”: новые снимки Тефии и Дионы

29 июля 2015 г. NASA опубликовало новые снимки спутника Сатурна Тефии (диаметр – 1062 км). Изучая более ранние фотографии (до 2015 г.) в разных цветовых спектрах, планетологи различили странные красные линии на поверхности Тефии. На снимках, сделанных 11 апреля 2015 г. АМС “Кассини” при пролете около Тефии на расстоянии 190 тыс. км, видны четкие красные прожилки (см. стр. 3 обложки, вверху). С течением времени северный полюс спутника Сатурна, где началось лето, стал хорошо освещен, что позволило лучше увидеть дуги. Происхождение данных разломов пока неизвестно. Возможно, красноватый оттенок льду придали химические примеси или продукты дегазации, исходящей из недр Тефии. Красные дуги должны быть очень молодыми, поскольку они пронизывают старые. В ноябре 2015 г. NASA намерено сосредоточиться на исследовании красных разломов, чтобы установить причины их возникновения, состав и источник необычного цвета. Красные линии встречаются довольно редко, кроме Тефии их обнаружили в нескольких небольших кратерах на другом спутнике Сатурна – Дионе. Однако довольно часто по-



*Тефия. Справа – ударный бассейн Одиссей диаметром 450 км, охватывающий 18% поверхности спутника. Снимок сделан 9 мая 2015 г. АМС “Кассини” с расстояния 300 тыс. км (разрешение – 1,8 км). Фото NASA/JPL.*

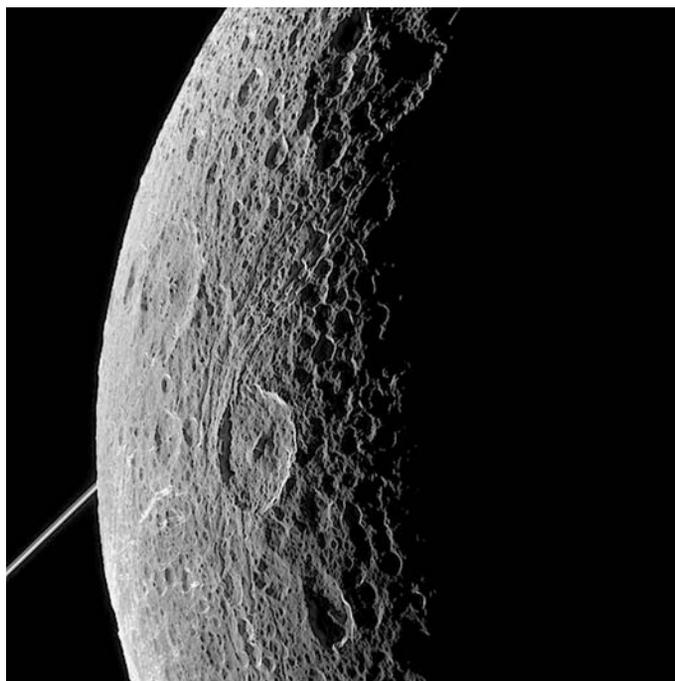
добные линии встречаются на геологически юной поверхности Европы, спутника Юпитера.

На Тефии выделяется огромный ударный кратер Одиссей диаметром 450 км. Яркая окраска кратера может быть следствием различий в составе или структуре участка поверхности, при ударе астероида значительно изменилась геологическая история Тефии. На противоположном полушарии расположен крупнейший каньон Итака длиной более 2 тыс. км (3/4 окружности Тефии), глубиной 3–5 км и шириной в некоторых местах примерно 100 км. Согласно одной из гипотез, при возникновении кра-

тера Одиссей ударная волна от взрыва дошла до обратной стороны спутника, деформировала ледяные слои, образовав гигантскую трещину – каньон. 9 мая 2015 г. АМС “Кассини”, пролетая на расстоянии около 300 тыс. км от Тефии, сделала несколько фотографий.

17 июня 2015 г. АМС “Кассини” выполнила четвертый пролет вблизи Дионы (диаметр – 1118 км) – на расстоянии 517 км со скоростью 7,3 км/с. Основное внимание ученых было сосредоточено на изучении хвостового полушария Дионы, всегда обращенного к Сатурну. Здесь наблюдаются явные следы прошлой тектонической активно-

сти – система гигантских каньонов Eurotas Chasmata. Специалисты определили состав каменных пород и мелких частиц, разбросанных на поверхности, которые извергаются в результате продолжающейся низкой геологической активности. Переданные данные позволят уточнить уровень гравитационного поля Дионы, строение ее внутренней структуры и ледяной коры. Инфракрасный спектрометр провел картографирование ночной стороны спутника, чтобы измерить тепловую инерцию его поверхности. В последний раз АМС “Кассини” пролетела около Дионы 17 августа 2015 г. на минимальном расстоянии 474 км и передала новые данные.



Пресс-релизы NASA,  
18 июня, 27 июля  
и 2 августа 2015 г.

*Диона. Тонкая линия слева – фрагмент колец Сатурна с ребра. Снимок сделан 16 июня 2015 г. АМС “Кассини” с расстояния 77 тыс. км (разрешение – 463 м). Фото NASA/JPL.*

---

## Из истории орбитальных станций до 1957 г.

Т.Н. ЖЕЛНИНА

Музей космонавтики им. Германа Оберта, Фойт (Германия)

---

***Предлагаемая статья содержит наиболее полный на сегодняшний день аналитический обзор проектов орбитальных станций, выдвинутых до начала космической эры.***

Начало массового распространения на Западе сведений о трудах К.Э. Циолковского по космонавтике относится к 1925 г. Но за два года до этого в истории западной космонавтики произошло этапное событие, ознаменовавшее начало эпохи углубленного теоретического изучения проблемы преодоления силы земного тяготения. Этим событием стало издание летом 1923 г. в Мюнхене книги Германа Оберта "Ракета в межпланетные пространства" (Земля и Вселенная, 1995, № 5). В ней Оберт изложил основы теории ракетно-космического полета, разработанные независимо от Циолковского, но частично повторяющие выводы российского ученого. В то же время Оберт первым в научной литературе не только привел доказательства возможности достичь на ракете космической скорости, но и сделал вывод о необходимости немедленного начала практических работ по строительству высотных ракет на жидком топливе. Вывод этот сопровождался очень убе-

дительными рассуждениями о том, что уже в обозримом будущем могут быть построены ракеты, поднимающие за пределы планеты не только научные приборы, но и людей.



*Герман Оберт. 1923 г.*

---

<sup>1</sup> Продолжение, начало в № 4, 2015 г.

В Западной Европе книга Г. Оберта сыграла роль катализатора в формировании и распространении научно обоснованных взглядов на развитие космонавтики и ракетной техники. Она вдохновила многих ученых на изучение вопросов, связанных с постоянным пребыванием человека в космическом пространстве, поскольку в ней впервые в западной литературе была изложена научная концепция космической станции. Оберт сформулировал ее предельно коротко и ясно: “Если мы запустим... аппараты большого размера [ракеты – Т.Ж.] на орбиту вокруг Земли, то каждый из них будет представлять подобие маленькой луны. Они не будут предназначены для возвращения на Землю. Общение их с Землей можно поддерживать с помощью меньших аппаратов, так что эти большие ракеты (назовем их наблюдательными станциями) могут быть лучше приспособлены для своего прямого назначения”. На устройстве наблюдательных станций Оберт останавливаться не стал, его внимание было сосредоточено на другой разновидности внеземных сооружений – гигантских гелиоустановках (концентраторах солнечной энергии), которые он назвал “космическими зеркалами”.

В дальнейшем тему космических зеркал и наблюдательных станций Оберт существенно развил в статье “Станции в космосе” (1928) и в книге “Пути осуществления космических полетов” (1929). Он показал незаменимость станций, размещенных на околоземных орбитах, в таких областях, как:

- наблюдение Земли в научных и военных целях;
- обеспечение телеграфной связи на Земле;
- предупреждение кораблей о ледовой опасности, спасение терпящих бедствие;
- метеорология;
- астрономические исследования с использованием космических телескопов;



Обложка книги Г. Оберта “Ракета в межпланетные пространства”. 1923 г.

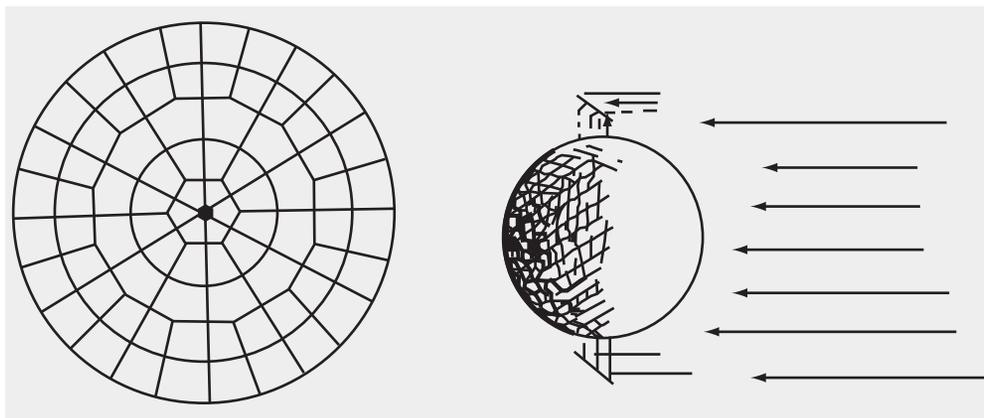
– строительство и заправка топливом межпланетных космических кораблей;

– изучение состояния людей, пребывающих в невесомости;

– проведение парапсихологических экспериментов.

Назначение космических зеркал Оберту виделось прежде всего в снабжении Земли электроэнергией, полученной путем преобразования солнечной энергии; изменении климата и ландшафта Земли как в хозяйственных, так и в военных целях (уничтожение территорий противника).

Содержание, вложенное Обертом в понятие космической станции, вполне совпадало со смыслом, которое ему придавал Циолковский (Земля и Вселенная, 2015, № 4). Оба они рассматривали станцию как машину-жилище, как аппарат, обеспечивающий людям



*Космическое зеркало и расположение зеркал у полюсов Земли. Рисунок Г. Оберта из книги "Ракета в межпланетные пространства".*

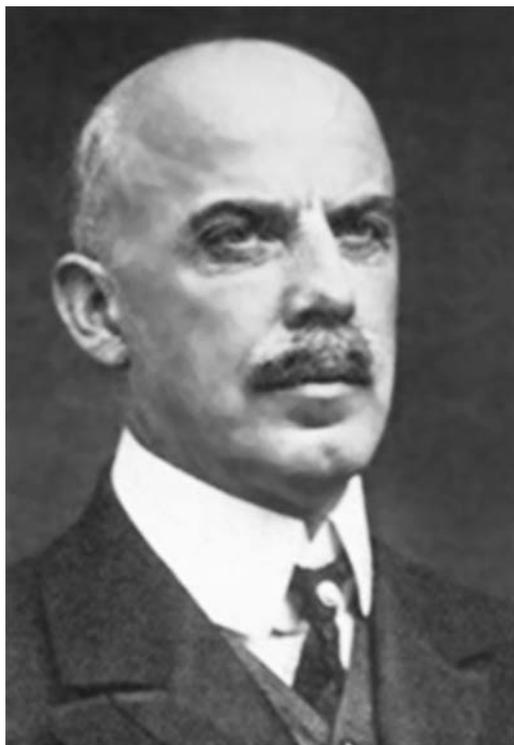
возможность жизни и трудовой деятельности во внеземных условиях. Но конкретные сооружения, построенные каждым из них в воображении, образно говоря, повернуты в противоположные стороны. Космическая станция Циолковского "в погоне за светом и местом" устремлена от Земли в космос. В центре внимания ее обитателей – "мировые пустыни" с неисчерпаемыми богатствами и неразгаданными тайнами. Оберт же "развернул" космическую станцию к Земле, увидев в ней инструмент, расширяющий возможности человека в деле изучения и преобразования планеты. Он также первым поднял вопрос о преимуществах использования космических станций в качестве стартовых площадок для межпланетных кораблей и хранилищ топлива.

Вторым после Циолковского и первым в западной литературе Оберт предложил создавать искусственную гравитацию на космической станции: *"Если бы продолжительное воздействие невесомости привело к вредным последствиям (в чем я, однако, сомневаюсь), то две такие ракеты можно было бы связать канатом в несколько километров длиной и привести во вращение одну вокруг другой"*. Однако в

1920-е гг. Оберт еще не выдвигал никаких идей относительно конструкции космической станции. Циолковский в отличие от своего немецкого коллеги уделил гораздо больше внимания облику и устройству внеземных обитателей человека.

Представления о назначении космических станций, нашедшие отражение в мировой литературе к середине 1920-х гг., существенно дополнил Герман Гансвиндт, один из пионеров космонавтики. С 1893 г. он развивал идею полета в космос на транспортном средстве с пороховым ракетным двигателем. В январе 1920 г. Гансвиндт высказал мысль, что других планет можно будет значительно проще достичь, если вокруг Земли создать промежуточные станции-порты с хранилищами запасов продовольствия, топлива и строительных материалов. В апреле 1920 г. Гансвиндт прочитал в Берлине доклад, в котором проанализировал эту идею. Информация о подобных станциях содержалась и в заметке, опубликованной в газете "Der Berliner Westen" в марте 1924 г. Кстати сказать, Гансвиндт был склонен считать кольца Сатурна "скопищем" таких станций, созданных жителями этой планеты,





Гвидо фон Пирке. 1928 г.

от Земли, красочно и с научной точки зрения безупречно изобразив космический быт, условия жизни и деятельности ее обитателей. Это описание было настолько убедительным и подробным, что Г. Оберт дважды включал его в свои произведения 1928–1929 гг., сопроводив занятными иллюстрациями.

Другой известный в свое время писатель, Феликс Линке, в книге “Ракетный космический корабль. Путешествие к Луне и другим планетам” (1928) первым заговорил о проблеме космического мусора, обратив внимание на необходимость избежать засорения околоземного пространства. *“С самого начала космических полетов, – писал он, – следует помнить об опасности, которую представляют собой предметы, выброшенные за борт космического корабля. Они продолжают двигаться в космическом пространстве по*

*тем же орбитам, по которым пролегают пути кораблей. Поэтому все ненужные предметы и вещества (как, например, испорченные продукты питания и фекалии) лучше оставлять в корабле. Может быть, кому-то это покажется смешным, но и о таких вещах нужно задумываться своевременно”.*

Существенный вклад в дальнейшую разработку идеи орбитальной станции внес австрийский инженер Гвидо фон Пирке (Земля и Вселенная, 2002, № 1), опубликовавший статью “Космические маршруты” (1928–1929, журнал “Ракета”). В сентябрьском номере журнала за 1928 г. был помещен раздел статьи “Космическая станция”, в котором фон Пирке постарался математически доказать незаменимость станции как “трамплина” при осуществлении межпланетных перелетов, сделав вывод: *“Внеземная станция – ключ к решению проблемы межпланетных перелетов!”* Приведенные доказательства легли в основу “космического парадокса” фон Пирке, согласно которому межпланетные перелеты с орбитальной станции будут значительно более легким предприятием, чем ее строительство.

Понимая необходимость создания станций разного назначения, Г. фон Пирке первым задумался о сообщении между ними. В 1933 г. он предложил систему из трех станций. Станция для наблюдения Земли в научных, хозяйственных и военных целях размещалась на круговой орбите высотой около 700 км (период обращения – 100 мин). Станция-порт для запуска и причаливания межпланетных кораблей выводилась также на круговую орбиту высотой 5 тыс. км (период обращения – 200 мин). Третья станция, “транзитная”, должна была находиться на эллиптической орбите с периодом обращения 150 мин. Она пересекала бы орбиты “нижней” и “верхней” станций, обеспечивая связь между ними. В статьях “Внеземная станция – трамплин в космос” (1948) и “Строительство внеземной станции” (1951) фон Пирке

неутомимо отстаивал решающую роль орбитальных станций в осуществлении пилотируемых полетов к другим планетам.

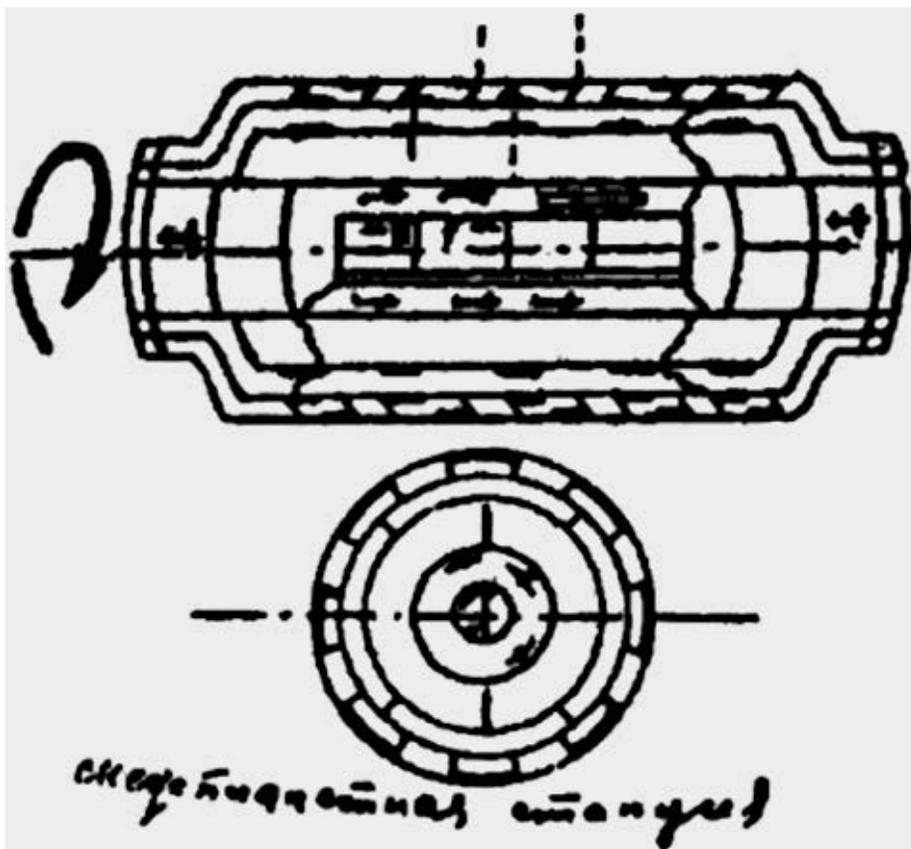
Большой интерес представляют мысли английского физика Дж.Д. Бернала относительно строительства в недалеком будущем космических жилищ. Он писал в книге “Мир, плоть и дьявол” (1929): *“Сначала космические путешественники, затем ученые, чьи научные исследования было бы лучше перенести за пределы Земли, и, наконец, те, кто по разным причинам неудовлетворен земными условиями, должны будут создать (внеземные) базы. Даже с нашими нынешними примитивными знаниями мы в состоянии спроектировать такую станцию во всех деталях”*. Бернал представлял себе внеземную станцию в виде сооружения сферической формы диаметром 15 км. Он не предполагал создавать в ней искусственную тяжесть, считая, что человек рано или поздно приспособит себя к невесомости. По предложению Бернала станции следовало бы строить не только на околоземных орбитах, но и вокруг Солнца, что значительно облегчило бы освоение Солнечной системы.

К выводу о целесообразности использования внеземных станций как космических портов пришли и советские исследователи Ф.А. Цандер (Земля и Вселенная, 1998, № 1; 2007, № 6) и А.И. Шаргей (с 15 августа 1921 г. известный как Ю.В. Кондратюк; Земля и Вселенная, 1987, № 5; 1997, № 6). В многочисленных докладах, прочитанных Ф.А. Цандером в 1923–1928 гг. в нескольких городах СССР, постоянно высказывалась мысль: *“Весьма важным будет устройство межпланетных станций около Земли и других планет. К ним могут подлетать самолеты и ракеты, поднявшиеся с Земли, там также могут отдыхать летчики после перенесенного подъема. Межпланетные путешествия будут сильно удешевляться устройством этих станций, так как все необходимое для дальнейше-*



Ф.А. Цандер. 1920-е гг.

*го плавания на другую планету может сохраняться на межпланетной станции”*. “Межпланетная база для полетов по Солнечной системе” – важный пункт программы освоения космоса, которую в 1916–1928 гг. разрабатывал А.И. Шаргей. В книге “Завоевание межпланетных пространств”, опубликованной в 1929 г. под именем Ю.В. Кондратюка, он так обосновал рациональность ее создания: *“Обладание базой... даст ту большую выгоду, что мы не должны будем при каждом полете транспортировать с Земли в межпланетное пространство и обратно материалы, инструменты, машины и людей с камерами для них, равно как не должны будем и бросать где-либо предметы первых категорий, чтобы не расходоваться на обратную их доставку на Землю. Склад всего этого будет на базе, полеты же с базы куда-либо и обратно будут требовать материальных затрат в N раз меньших, нежели подобный же полет с Земли. Ракеты с Земли в межпланетное пространство будут направляться лишь для снабжения базы и смены через более или менее продолжительные промежутки времени одной бригады людей другой”*. Как и Ф.А. Цандер,



Космическая станция. Рисунок Ф.А. Цандера. 1924 г.

А.И. Шаргей не касался непосредственно устройства межпланетной базы, но оговорился, что в случае, “если на людях будет тяжело отражаться продолжительное отсутствие кажущейся тяжести”, то жилое помещение следует устроить отдельно от обсерватории, соединив их между собою тросом в несколько десятков метров, и сообщить этой системе вращение вокруг общего центра тяжести, чтобы создать на станции искусственное тяготение. Нельзя не увидеть в этом предложении сходства с мыслями Г. Оберта, хотя с большой долей вероятности можно допустить, что работы немецкого ученого А.И. Шаргею не были известны. Вместе с тем рассуждения А.И. Шаргея о

космических станциях существенно отличались от предложений других авторов; он располагал свою “межпланетную базу” не на околоземной, а на окололунной орбите.

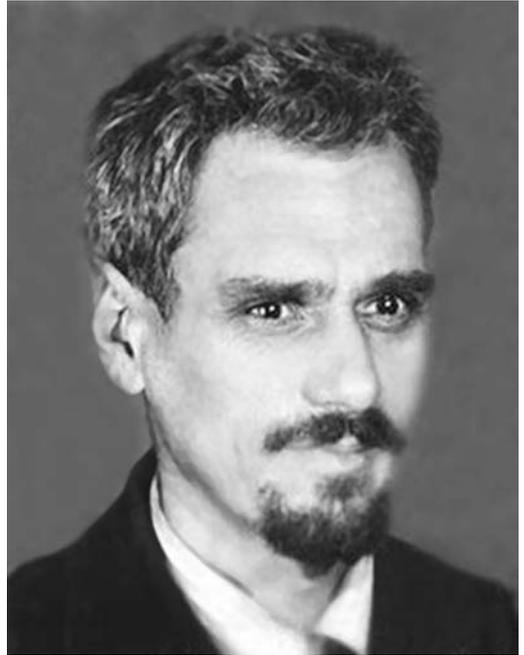
Обобщая результаты теоретических исследований, проводившихся с середины 1890-х до конца 1920-х гг., можно сделать вывод, что в этот период были сформированы научные представления о роли космических станций в освоении человечеством внеземных пространств и природных ресурсов, а также об их многоцелевом назначении и принципиальном устройстве.

На рубеже 1930-х гг. начался этап проектно-конструкторских разработок космических станций. Первый проект

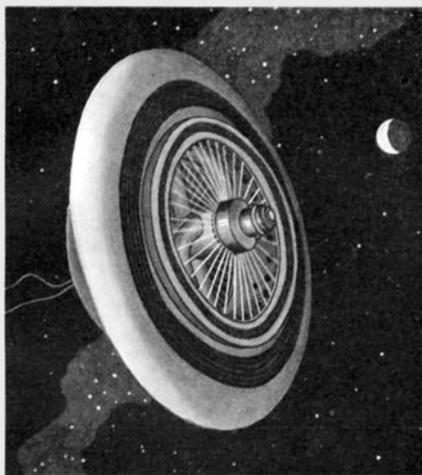
внеземной станции выдвинул инженер из Вены Герман Поточник, капитан австро-венгерской армии в отставке. В 1929 г. его книга “Проблема освоения космического пространства. Ракетный мотор” вышла в Берлине под псевдонимом Г. Нордунг. Она включала 100 чертежей и рисунков. Из 62 разделов книги большинство содержало обобщение идей, связанных с осуществлением полета в космос, а также с устройством космической ракеты, которые автор почерпнул, прежде всего, из книг и статей Г. Оберта, М. Валье, В. Гомана, Ф. фон Гефта. Это издание стало хорошим научно-популярным пособием для читателей, начинавших интересоваться проблемами космонавтики и пытавшихся уяснить, насколько технически возможно в ракетном летательном аппарате покинуть Землю и вернуться обратно. В книге образно описаны старт космической ракеты, пребывание космонавтов в условиях перегрузок и невесомости, спуск возвращающегося из космоса корабля. Из нее можно было также узнать об особенностях полетов к другим небесным телам, включая старт с околоземной орбиты, о возможности применения в космическом полете атомных и ионных двигателей, о достижимости других звезд.

Книга Нордунга явно выделялась из литературы в области космонавтики, вышедшей к 1929 г., поскольку в ней впервые наиболее полно и углубленно для своего времени автор изложил развернутую концепцию орбитальной станции. При этом он в комплексе рассмотрел вопросы, относящиеся как к ее эксплуатации, так и к пребыванию на ней космонавтов.

С точки зрения содержания проект станции Нордунга включал идеи, буквально рассыпанные по страницам трудов его предшественников. Система



**Hermann Noordung**  
**Das Problem der**  
**Befahrung des Weltraums**  
Der Raketen-Motor



**Eine leichtfaßliche Darstellung der größten  
technischen Zukunftsfrage der Menschheit**

**Richard Carl Schmidt & Co. / Berlin W 62**

*Обложка книги Г. Нордунга «Проблема освоения космического пространства. Ракетный мотор» (1929). Изображен жилой блок станции – «колесо» для жилья.*

жизнеобеспечения, предполагавшая создание замкнутого экологического цикла и регулирование состава атмосферы; использование искусственной тяжести и гелиоустановок, преобразующих энергию Солнца в электрическую; особенности жизни и быта в невесомости; монтаж станции на орбите из отдельных сегментов; станция как «наблюдательная вышка», хранилище ракетного топлива и космопорт – все эти и другие идеи высказывались в литературе и до Нордунга. Но в его книге они получили новую жизнь, став предметом и продуктом инженерного творчества и обретя форму реального сооружения, пригодного к эксплуатации в

условиях невесомости и вакуума. Можно без преувеличения сказать, что выполненный Нордунгом чертеж обитаемой внеземной станции в совокупности с описанием ее конструкции подготовили психологический переход в сознании людей от земной архитектуры к космической, поэтому его следует с полным основанием считать основоположником астроархитектуры. Рисунки станции, жилого блока, обсерватории, машинного блока и внутренних помещений, предназначенных для жизни и работы человека, прекрасно иллюстрировавшие мысли автора, сразу перекочевали из книги Нордунга на страницы научно-популярных изданий.

Описанная Нордунгом орбитальная станция включала три основных независимых элемента: жилой блок, обсерваторию и машинный блок с солнечной электростанцией (при необходимости жилой и машинный блоки могли быть объединены). Предполагалось расположить их на расстоянии от 100 м до 1 км друг от друга, чтобы исключить взаимное воздействие. Связь между ними осуществлялась через электрические и пневматические соединения. Жилой блок имел вид колеса, образованного двумя состыкованными модулями в форме тора и соединенного с ними двумя тоннелями («шахтами»). Модуль-тор диаметром 30 м и шириной 6 м разделялся на отсеки – жилые помещения, мастерские и лаборатории, напоминающие каюты корабля, через них можно было попасть в общий круговой проход. Интерьеры помещений мало отличались от земных, поскольку на станции создавалась искусственная тяжесть. Станция вращалась, делая за 8 с один оборот вокруг своей оси. В торе располагались отсеки двигательной установки, хранилища топлива, воздуха, воды и продовольствия. В цилиндрическом модуле находились соединительные кабели и шлюз для выхода в открытый космос. Из цилиндра в тор можно было попасть либо на лифте через прямой тоннель, либо

воспользовавшись лестницами в тоннеле-спирали.

Обсерватория и машинный блок станции описаны в книге Нордунга довольно поверхностно в отличие от “жилого колеса”. Больше внимания он уделил солнечной электростанции, предполагая снабдить ее турбогенератором мощностью 100 кВ. Говоря о назначении космической станции, Нордунг имел в виду функции, раскрытые Обертом, – наблюдательный пункт для изучения Земли, других небесных тел и космического пространства; лаборатория для проведения экспериментов в невесомости; порт для стыковки космических кораблей; площадка для строительства крупногабаритных сооружений.

Нордунг разрабатывал устройство космической станции, исходя из принципа “максимальной экономии всех веществ, необходимых для жизни и деятельности космонавтов, и максимально полного использования лучистой энергии Солнца путем превращения ее в электрическую”. Предложенная им система жизнеобеспечения (вслед за Циолковским и Обертом) была рассчитана на создание замкнутого экологического цикла и регулирование состава атмосферы. В книге Нордунга есть важные уточнения, которых нет у других пионеров космонавтики. Например, он пишет о том, как трудно будет людям на станции умываться: “Возможно только обтирание при помощи губок, мокрых полотенец, простынь”. Как известно, именно увлажненные салфетки и полотенца употребляли экипажи советских и американских орбитальных станций, а сейчас – на МКС. Нордунг советовал ежедневно упражняться на тренажерах (что и делают современные космонавты), чтобы мускулы не ослабли в условиях невесомости. При всей лаконичности изложения проект Нордунга отличался емкостью и содержательностью. В его книге подробно раскрывался замысел конструктора, предусмотревшего такие де-



*Вид на станцию из люка космического корабля. В поле зрения все три элемента – жилой блок, машинный блок и обсерватория. Рисунок из книги Г. Нордунга “Проблема освоения космического пространства. Ракетный мотор”. 1929 г.*

тали устройства внеземной станции, как постоянное снабжение ее энергией, рациональное размещение там космонавтов, создание условий для жизни и работы, максимально приближенных к земным.

Несомненно, ряд предложений Нордунг выдвинул, не зная о том, что они уже встречались в литературе. Например, он повторил мысль Циолковского о том, что станция должна быть выведена на круговую орбиту высотой 35 900 км для сохранения ее положения по отношению к определенной точке Земли. Причем значение геосинхронной орбиты Циолковский и Нордунг понимали одинаково, но ее преимущества они рассматривали в зависимости от назначения космической станции. Для Циолковского она, прежде всего, – “заатмосферное жилище”, альтер-



натива земному миру, поэтому главное достоинство геосинхронной орбиты он видел в “вечном” солнечном дне. Нордунг же считал космическую станцию в первую очередь “наблюдательной вышкой”, поэтому он обратил внимание на ту особенность геосинхронной орбиты, которая позволяет ей зависать над определенной точкой земной поверхности. К его несомненным заслугам относится осознание преимущества геостационарной орбиты и спутника для решения задач космической связи и наблюдения Земли из космоса.

Книга Нордунга не осталась незамеченной современниками. Но любопытно, что отзывы на нее простых читателей отличались от реакции специалистов. Если первые отмечали, насколько серьезно и обстоятельно она знакомила широкую читательскую аудиторию с ближайшими и будущими задачами космонавтики, то у вторых она сразу оказалась в “немилости”. Писатель В. Лей (первый на Западе историограф космонавтики) подчеркнул: “У Нордунга действительно был ряд интересных идей, но каждая из них имела какой-нибудь недостаток”. Г. Оберт счел нужным девять раз возразить Нордунгу в своей книге “Пути осуществления космического полета”, причем три возражения касались предложений по устройству космической станции. Так, были отвергнуты идеи превращения стекол иллюминаторов в выпуклые линзы для собирания солнечного света в помещения; вращения “жилого колеса” со скоростью один оборот за 8 с; размещения станции на геосинхронной орбите. Нордунга критиковали также

за “довольно фантастический метод расчета общей эффективности ракеты”. В целом коллеги Нордунга сочли, что его проект станции представляет лишь исторический интерес. Это суждение – пример того, насколько несправедливой и ограниченной может быть оценка, выносимая творцам науки и техники их современниками. Ведь не прошло и двух десятилетий, как предложения и эскизы Нордунга возродились в проектах других авторов, их господство среди представлений о техническом облике будущих космических станций в течение ряда лет было очевидным и бесспорным. Единственным, пожалуй, отступлением от проекта Нордунга с конца 1940-х гг. был отказ от разбросанных в космическом пространстве сооружений, соединенных между собой тросами, электрическими кабелями и воздушными шлангами, в пользу крупногабаритных целостных конструкций, которые объединяли бы жилые, лабораторные, производственные и служебные помещения “под одной крышей”. В качестве сборочных элементов таких конструкций предлагались сферы, полусферы, диски, цилиндры, жесткие ажурные соединения и платформы.

Космическая станция оказалась прочно “повернутой” к Земле. Важной и неотъемлемой составляющей описаний ее устройства стали две идеи, восходящие еще к Циолковскому, – выведение конструкции станции в космос по частям и создание в ее жилых отсеках искусственной тяжести.

*Окончание следует*

## Уникальное природное явление – термобар

Н.С. БЛОХИНА,  
кандидат физико-математических наук  
К.В. ПОКАЗЕЕВ,  
доктор физико-математических наук  
МГУ им. М.В. Ломоносова

---

Картина видимой природы определяется водой.

*В.И. Вернадский*

**В статье обсуждается необычное природное явление – термобар. Особое внимание, в связи с этим, уделяется наличию максимальной плотности у воды при определенных температурах. Благодаря этому свойству**

**в пресных и слабосоленых водоемах в периоды весеннего прогрева и осеннего охлаждения возникает фронтальный раздел от поверхности до дна (термобар), ограничивающий обмен энергией и веществом между прибреж-**

**ными и глубинными водами. Эти факторы оказывают значительное влияние на развитие термогидродинамических, экологических и биологических процессов в весенний и осенний периоды.**

Вода на нашей планете – самое распространенное, уникальное по своим свойствам вещество, создавшее нашу планету и уже миллиарды лет поддерживающее на ней жизнь. Она покрывает примерно 3/4 поверхности Земли. В атмосфере вода находится в виде паров; на вершинах высоких гор и материках в полярных широтах – в виде огромных масс снега и льда; в верхней части

земной коры (подземные воды) – в жидком, твердом и парообразном состоянии.

Вода обладает большой теплоемкостью, имеет максимальную плотность при определенных температурах и скачок при переходе от жидкого в твердое состояние. Она хороший растворитель, позволяющий существовать на нашей планете соленым морям и океанам. Эти особенно-

сти называют аномальными, так как большинству других веществ они не свойственны. Температурный коэффициент объемного расширения жидкой воды отрицательный при температурах ниже 4 °С, то есть ее плотность уменьшается вплоть до температуры замерзания. Образование льда сопровождается увеличением его объема и уменьшением плотности, вследствие чего он

плавает на поверхности жидкости. Теплоемкость воды при плавлении льда возрастает почти вдвое при температуре от 0 °С до 100 °С. Ее большая теплоемкость способствует тому, что водные объекты на Земле летом накапливают тепло, а в зимние месяцы отдают его в атмосферу. Тем самым стабилизируется температура вблизи земной поверхности и смягчается климат планеты. Вода обладает и рядом других отличительных свойств, но наличие максимума плотности – это определяющий фактор при формировании течений, термического и экологического состояния пресных и слабосоленых водоемов (до 24,7%) весной и осенью. Существует девять устойчивых изотопных разновидностей воды. Природная вода может иметь разный изотопный состав.

Может возникнуть вопрос, почему зимой не погибает рыба в пресных водоемах. Почти у всех веществ на Земле при остывании плотность уменьшается в отличие от воды. Плотность пресной воды при постепенном охлаждении возрастает, но при температуре ниже 4 °С (температура максимальной плотности) вода становится легче. Такое свойство приводит к "двойственности": например, при 0° и 8 °С, 3 °С и 5 °С плотность воды оди-

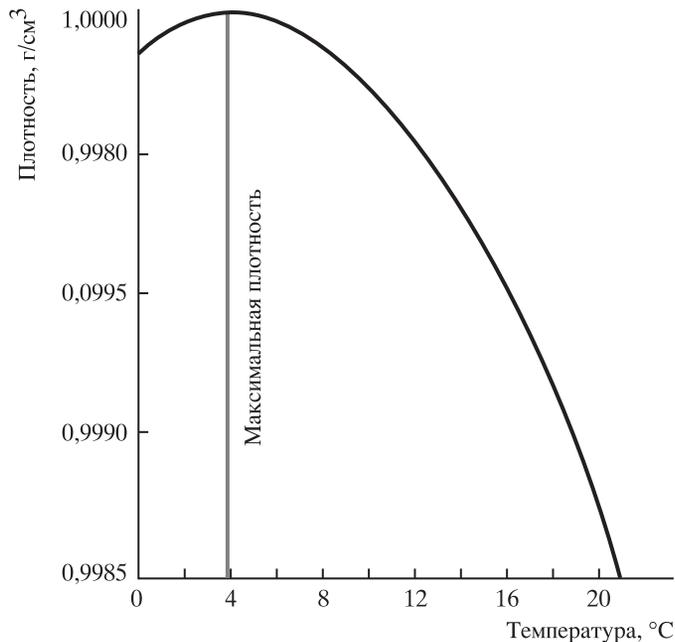


График зависимости плотности пресной воды от температуры.

накова. Объясняется это тем, что структура воды представляет собой трехмерную сетку водородных связей, построенных из тетраэдров с углами вершин многогранника 109°28'. Искривление водородных связей увеличивается с ростом температуры, что способствует возрастанию плотности. С другой стороны, при нагревании средняя длина водородных связей становится больше, в результате чего плотность уменьшается. Совместное действие этих факторов создает условия для существования максимальной плотности пресной воды при 4 °С. Благодаря этому лед плавает

на поверхности, предохраняя от сплошного промерзания озера и пруды зимой и спасая все живое в них. В водоеме формируется устойчивая температурная стратификация (более плотные, но теплые слои жидкости лежат на дне), что препятствует конвективному перемешиванию. Уменьшение плотности воды при температуре более 4 °С также создает устойчивую стратификацию в водоеме летом. На дне находятся более тяжелые холодные воды, на поверхности – легкие и теплые, поэтому плотностная конвекция не наблюдается.

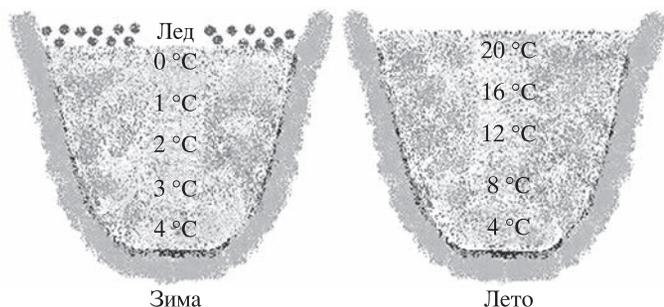


Схема вертикального распределения температуры в пресном водоеме зимой и летом.

Морская же вода, в которой растворено значительное количество солей, при охлаждении ведет себя по-другому. Одновременно с увеличением солёности растёт плотность морской воды и понижается температура, при которой её плотность максимальна. Температура её замерзания с ростом концентрации

растворённых солей постепенно понижается. С увеличением солёности температура наибольшей плотности падает быстрее, чем температура замерзания. Графики зависимостей этих температур от солёности пересекаются при температуре  $-1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$  и солёности  $24,7\text{‰}$ . Таким образом, замерзание воды

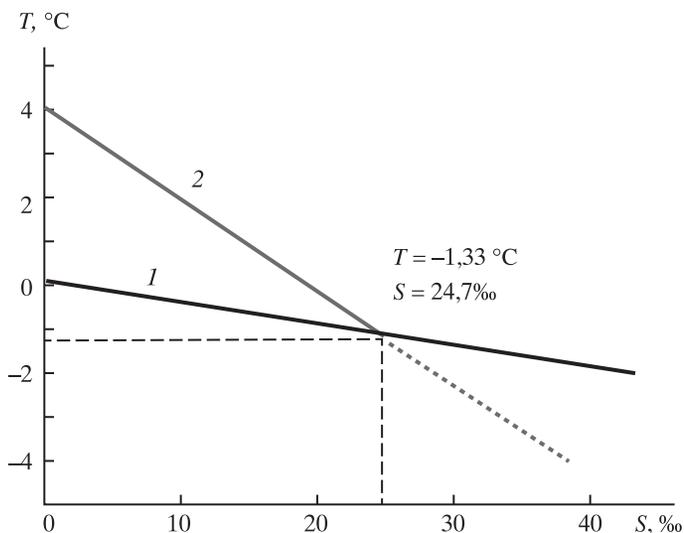


График зависимости между температурой замерзания (1), температурой наибольшей плотности (2) и солёностью воды  $S$ .

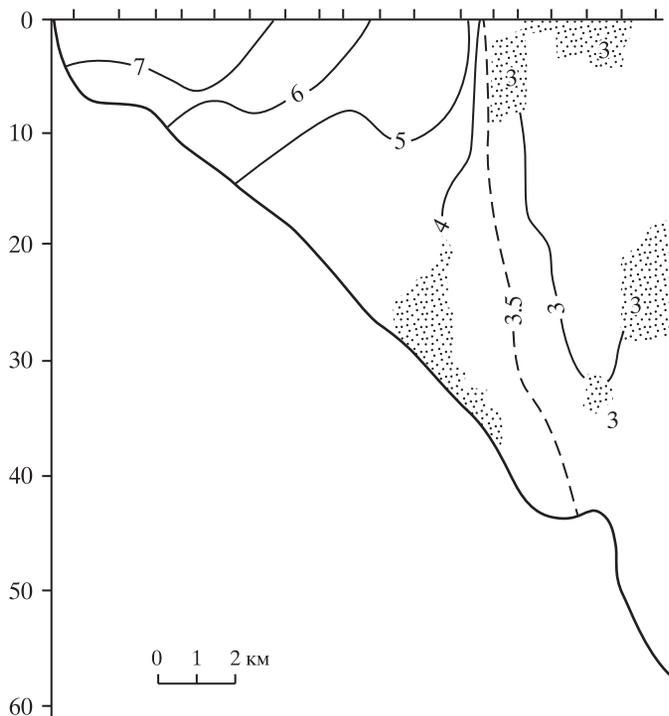
с солёностью выше указанного значения наступает раньше, чем будет достигнута наибольшая её плотность. Из-за этого в большинстве морей на протяжении всего холодного сезона будет непрерывно продолжаться конвекция, даже после начала льдообразования.

Весной поток солнечной радиации увеличивается и, проникая сквозь лёд, нагревает воду подо льдом. Из данных натуральных наблюдений известно, что недалеко от нижней кромки льда температура воды может достигать  $4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Здесь вода становится тёплой, но более тяжёлой. В этом случае подо льдом формируются неустойчивые по плотности слои жидкости, что приводит к возникновению подледной свободной конвекции. С одной стороны, вихревые конвективные структуры подводят тепло к нижней кромке льда, способствуя его таянию снизу. С другой стороны, они проникают в глубь водоема, выравнивая температуру и концентрацию растворимых химических веществ до однородного состояния.

Вся поверхность озера не может одновременно охладиться осенью или нагреться весной до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и, следовательно, самые плотные воды не могут одновременно опуститься на дно по всей акватории.

рии. За термическое состояние водного объекта в эти периоды отвечает термический бар – природное явление, которое возникает дважды в год – весной и осенью.

В 1899 г. швейцарский ученый, основатель лимнологии Ф.А. Форель впервые наблюдал осенний термобар на Женевском озере. Однако до 1950-х гг. его изучению не уделялось особого внимания, так как считалось, что термобар временно существует в пресных водоемах в штилевую погоду. И лишь в 1958 г. советский лимнолог А.И. Тихомиров впервые провел систематические наблюдения за развитием весеннего и осеннего термобара на Ладожском озере. Ученый понял суть этого феномена и дал ему физическое объяснение. После классических работ А.И. Тихомирова резко возрос интерес специалистов к его изучению. Появилось много данных натуральных наблюдений на различных озерах мира, созданы лабораторные и математические модели, изучающие динамику развития термобара. Особый интерес представляет изучение его влияния на массо- и энергообмен в озерах, их экологическое состояние, термические и динамические процессы в атмосфере над акваторией больших водоемов. На кафедре физики моря и вод суши



*Типичный профиль распределения температуры весной в озере Онтарио, по данным наблюдений Г.К. Роджерса. Цифры на рисунке обозначают температуру изотермы в °С. Изотерма 4 °С соответствует положению фронта термобара.*

физического факультета МГУ под руководством Н.С. Блохиной проведено лабораторное и теоретическое исследование термобара на основе созданной оригинальной математической модели.

Рассмотрим это явление на примере весеннего термобара. Здесь и далее обсуждаются ситуации в замкнутых пресных водных объектах, связанные лишь с термическими и динамическими процессами, вызванными наличием максимума плотности пресной воды при 4 °С.

После освобождения большей части водоема ото льда увеличивается поступление тепла в его толщу. Поверхностные воды на мелководье быстрее прогреваются и достигают температуры максимальной плотности, чем в центральной части озера. При этом они становятся тяжелее глубинных поверхностных вод и опускаются ко дну. В озере образуется фронтальный раздел от поверхности до дна с температурой максимальной плотности,

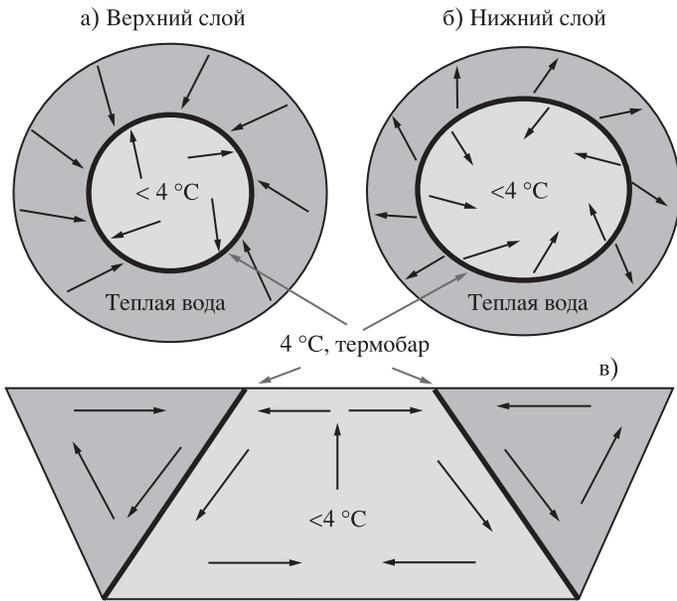


Схема движения воды в озере в период существования термобара: а) вблизи водной поверхности; б) у дна; в) вертикальный разрез.

то есть стена более плотной водной массы – термобар. Типичное распределение температуры в озерах в период развития весеннего термобара получено при натурных наблюдениях на озере Онтарио. Фронт термобара, как правило, не строго вертикальный. В глубоких озерах наблюдали волнообразные движения с горизонтальными масштабами порядка километров. Однажды возникнув, термобар держится очень устойчиво, пока ему не придет время исчезнуть. Он может существовать от нескольких дней и часов в мелких озерах до нескольких месяцев в глубоких. Например, на Ладожском озере термобар

в среднем существует 2,5 месяца.

Термобар делит водный объект на две особенные зоны – прибрежную и глубинную. Он ограничивает обмен энергией и веществом между ними, но способствует переносу растворенного кислорода и минеральных веществ от поверхности в придонные области, что важно для развития биологических процессов. Все это приводит к различию физических, химических и биологических характеристик по обе стороны от термобара. Справа и слева от фронтального раздела возникают конвективные структуры, сходящиеся в районе термобара. Скорость опус-

кания воды в этой области может достигать нескольких метров в сутки. Приповерхностные слои перемещаются в сторону термобара, придонные оттекают от него, в прибрежной области – к берегу, в глубинной – в открытое озеро.

Термобар возникает по всему периметру озера и по мере его прогрева перемещается к центру. При этом теплые прибрежные воды окружают холодные глубинные. При достижении температуры воды на поверхности в центре водоема  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  термобар, возникший в противоположных частях озера, соединяется. При дальнейшем нагревании озерных вод он опускается ко дну, образуя купол с температурой максимальной плотности. Скорость перемещения фронта термобара зависит от глубины водного объекта и может достигать нескольких километров в сутки. Максимальная зарегистрированная скорость его перемещения на Ладожском озере достигает  $6\text{ км/сут.}$

Фронт термобара на поверхности озера можно обнаружить с вышенности, корабля или самолета по полосе пены, мелких плавающих предметов, масла и других веществ в зоне схождения вод, а также по резкому изменению цветности и мутности воды. Во время развития весеннего термобара поверхность воды в глубин-



*Термобар на Ладожском озере. Снимок сделан А.И. Тихомировым в мае 1959 г.*

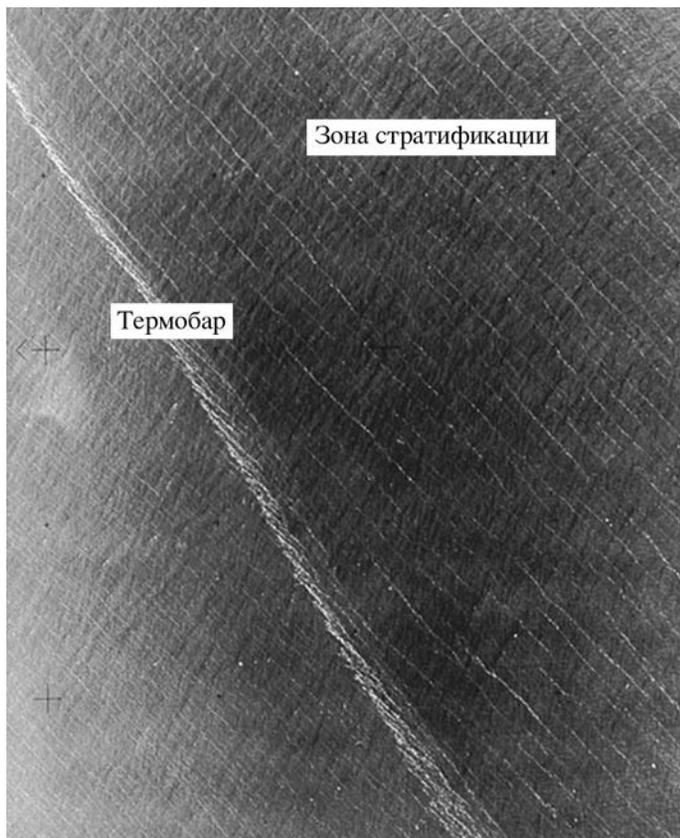
ной части озера выглядит как зеркальная. Она имеет голубоватый цвет с белесым оттенком. По другую сторону от термобара она бывает мутной и различных оттенков. Так, воды Ладожского озера принимали темно-синий оттенок, озеро Онтарио в разные годы наблюдений – зеленый или коричневый.

Термобар наблюдается на снимках, полученных космическими аппаратами, где фиксируется температура поверхности озера. По серии снимков, сделанных в разные годы и периоды времени существования термобара, определяет-

ся среднее многолетнее положение весеннего термобара на его поверхности. При пересечении зоны термобара наблюдается резкое изменение температуры поверхностных вод. Например, в пределах фронтальной зоны шириной лишь около 50 м на озере Камлупс в Канаде наблюдалась разница температур  $2^{\circ}\text{C}$ , то есть горизонтальный градиент температуры достигал большой величины –  $40^{\circ}\text{C}$  на километр. На Ладожском озере зафиксированы его значения примерно  $7^{\circ}\text{C}$  на километр. Отметим, что средний сезонный горизонтальный гради-

ент температуры в крупных озерах умеренных широт составляет  $0,05\text{--}0,2^{\circ}\text{C}$  на километр. Ширина фронтальной зоны в крупных озерах может достигать нескольких километров.

Существование во фронтальной зоне озера таких больших горизонтальных градиентов температуры приводит к тому, что вода начинает перемещаться в сторону термобара. На движущуюся частицу жидкости начинает действовать сила Кориолиса, связанная с вращением Земли и отклоняющая направление ее движения вдоль меридиана вправо в Се-



ки. В Петрозаводской губе Онежского озера скорость течения вдоль фронта термобара могла достигать 11,5 см/с в прибрежной области (свыше 25 см/с на Ладожском озере) и не превосходила 4–5 см/с около дна. С увеличением глубины скорость течения вдоль фронтального раздела уменьшается.

На развитие термобара, а следовательно, на термические и динамические процессы в озере, могут существенно повлиять его глубина, сток речных вод, ветер, температура и влажность воздуха в атмосфере, другие гидрометеорологические факторы.

Достаточно большая разница температур в прибрежной и глубинной частях озера может сказаться на процессах в атмосфере над ними. Обмен энергией между водой и атмосферой осуществляется за счет потоков тепла на границе их раздела. Эти потоки зависят от температуры воды, температуры и влажности воздуха, солнечной радиации, ветрового волнения и ряда других факторов. Если весной ближние к берегу воды достаточно теплые, а к центру водоема – холодные, то потоки тепла на границе водоем – атмосфера справа и слева от термобара могут иметь разные направления со сменой знака над линией термобара. При определенных

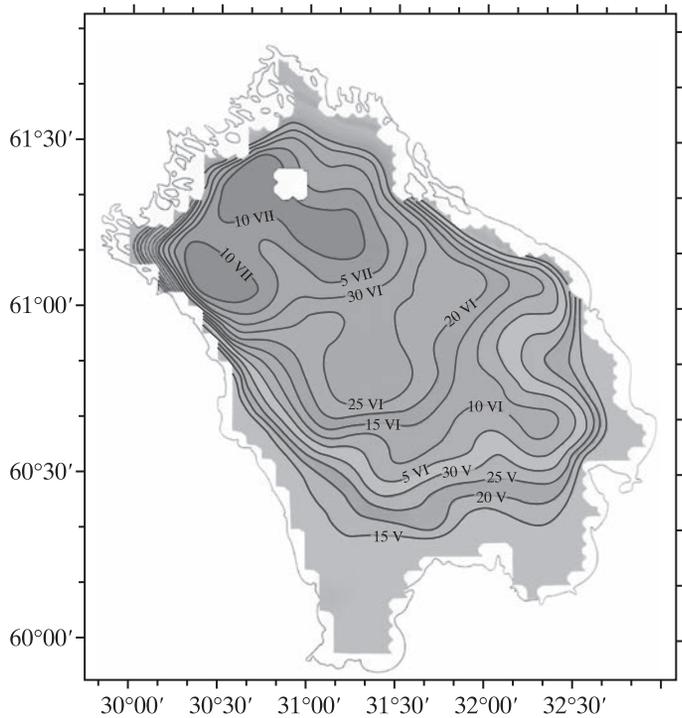
*Зона термобара в виде скопления пены на поверхности воды. Снимок с самолета.*

верном полушарии и влево – в Южном. В результате у рек подмывается всегда правый берег в Северном полушарии и левый – в Южном. Воды сходятся к фронтальному разделу не перпендикулярно, а под некоторым углом к нему. По обе стороны от термобара возникают составляющие скорости движения жидкости вдоль его фронта, направленные в разные стороны: с внешней стороны – против часовой стрелки, с внутренней – по часо-

вой. Направление и скорость движения воды на поверхности в области фронтального раздела зависят от размера водоема. Чем он больше, тем вращение Земли сильнее влияет на перемещение воды. Вследствие этого в больших озерах с обеих сторон от термобара заметны течения в виде струй. В Онежском и Ладожском озерах вокруг их холодной центральной части наблюдали замкнутые системы течений, направленные против часовой стрел-

температурах и влажности воздуха это приводит к возникновению конвекции в атмосфере вблизи берега. Здесь может развиваться кучевая облачность, сопровождающаяся выпадением дождя. Над холодными водами наблюдается устойчивая стратификация воздуха. На границе резкого температурного раздела создаются благоприятные условия для образования озерного бриза, который усиливается в направлении к берегу. В больших озерах вблизи термобара в прибрежной области на воде обычно наблюдается рябь, которая переходит в волнение ближе к берегу. В это же время над центральной областью озера стоит солнечная погода, а на воде наблюдается полный штиль. Разнонаправленность суммарного теплового баланса над акваторией озера способствует горизонтальному переносу воздушных масс над ним. Прохождение над озером различных по температуре воздушных масс может привести к образованию тумана. При вторжении холодного воздуха может образоваться туман над теплыми прибрежными водами, а теплого – над холодными глубинными.

Осенний термобар развивается аналогично весеннему с той лишь разницей, что воды вблизи берега быстрее охлаждаются до температуры

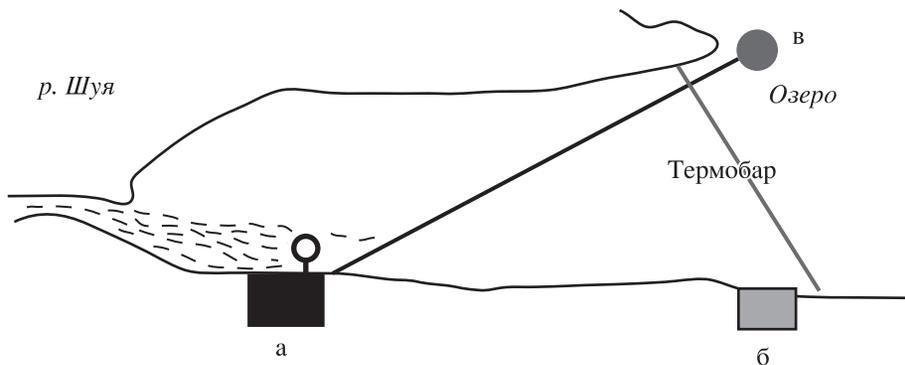


*Ладожское озеро весной. Изолинии определяют среднее многолетнее положение весеннего термобара на поверхности озера по снимкам, сделанным из космоса. Цифры на изолиниях соответствуют дате расположения изотермы 4 °С на его поверхности.*

максимальной плотности (4 °С), опускаются до дна, образуя фронтальный раздел. При дальнейшем охлаждении акватории более холодные, но более легкие прибрежные воды перемещаются ко дну, располагаясь выше более теплых и плотных придонных. Благодаря именно этому ледостав начинается у берега. По месторасположению термобара на поверхности проходит раздел между более холодной водой мелководья и менее холодной глубинной частью водоема, где проис-

ходит конвективное перемешивание. В то время как в глубоководной части озера наблюдается поверхностная рябь, прибрежные воды могут оставаться совершенно гладкими. Термобар может наблюдаться также в морях при солености воды до 24,7‰.

Велика роль термобара в формировании экосистем в озерах и водохранилищах. В районе термобара увлекаются ко дну поверхностные воды, богатые кислородом и фитопланктоном, повышающие биопро-



*Схема расположения существующего водозабора г. Петрозаводска (а), очистных сооружений (б), фронта термобара и предполагаемое место водозабора (в). Пока термобар существует в Петрозаводской губе Онежского озера, городские отходы не могут попасть в озеро, минуя водозабор. Чтобы избежать такой ситуации, место водозабора должно располагаться за фронтом термобара в открытом озере (в).*

дуктивность водоема. В то же время термобар ограничивает горизонтальное перемешивание вод между прибрежной и глубинной областями водоема, что определяет различия планктонных сообществ. Фронтальный раздел влияет на распространение загрязнений. Интенсивные нисходящие течения в области термобара могут привести к быстрому распространению загрязнений из поверхностных слоев до очень больших глубин, а фронтальный раздел к накоплению вблизи берега около населенных пунктов загрязненных вод.

В качестве примера можно описать влияние весеннего и осеннего термобара на состояние вод в Петрозаводской губе Онежского озера – основного источника водоснабжения Петрозаводска. Качество озерной воды резко ухудшается в

периоды существования термобара. Это связано с неудачным выбором места водозабора, который был спланирован и построен без учета особенностей гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов в водоеме весной и осенью. В эти периоды городские отходы, переработанные на городской очистительной станции, будут попадать в водозабор, пока термобар не переместится в озеро. Чтобы избежать такой ситуации, место водозабора должно располагаться в открытом озере за фронтом термобара.

Один из возможных сценариев распространения загрязнений в крупных озерах в период развития термобара связан со струйными течениями вдоль его фронта. Прибрежные воды вместе с загрязнениями, перемещаясь от берега к зоне

фронтального раздела, начинают двигаться вдоль термобара, перенося загрязнения далеко от места возникновения. Например, влияние сточных вод Приозерского целлюлозно-бумажного комбината на Ладожском озере (в настоящее время время перепрофилированного) прослеживалось на расстоянии нескольких километров от места их выхода в озеро. В отдельных случаях загрязненные воды переносились течением вдоль берега на десятки километров в южном направлении к истоку реки Невы.

Подаренное нам природой аномальное свойство воды, связанное с тем, что она имеет максимальную плотность при температурах выше температуры замерзания, приводит к развитию термобара в пресных и слабосоленых

водоемах весной и осенью. Это природное явление становится одним из ведущих механизмов

обмена и обновления вод, определяет условия формирования термического, динамического и

экологического состояния водных объектов, энергообмен между ними и атмосферой.

---

## Информация

---

### “Спитцер”: землеподобная экзопланета

Космическая обсерватория “Спитцер” транзитным методом обнаружила самую близкую к Земле планету земного типа – HD 219134b. Она скалистая и обладает атмосферой, параметры которой пока неизвестны. Ближе к нам (4,54 пк, или 14,81 св. года) расположен только

“теплый нептун” GJ 674 b массой 12,7  $M_3$ , открытый в 2007 г. методом лучевых скоростей. Экзопланета HD 219134b массой 4,5  $M_3$  и диаметром 3,2  $R_3$  обращается вокруг звезды Глизе 892 за три дня. Так как она соседствует со светилом, то на ней возможна вулканическая и геологическая активность. Система планет у звезды Глизе 892 была открыта ранее тем же методом с помощью спектрографа HARPS-North на итальянском 3,6-м телескопе Галилео на Канарских островах. Кроме HD 1219134b система состоит из газовых планет массой 2, 7, 9 и 62  $M_3$ ,

которые обращаются вокруг Глизе 892 за 6, 8, 47 и 1190 сут. Звезда относится к классу М (красный карлик), она менее яркая и горячая, чем Солнце. Планетная система Глизе 892 находится в созвездии Кассиопеи на расстоянии около 21 св. года от Солнца.

Наблюдения, сделанные с помощью “Спитцера”, показали, что плотность вещества экзопланеты HD 219134b – 6 г/с м<sup>3</sup> (средняя плотность Земли – 5,5 г/см<sup>3</sup>), что подтверждает ее принадлежность к землеподобным планетам.

Пресс-релиз NASA,  
30 июля 2015 г.



Художник изобразил экзопланету HD 219134b в виде разогретого каменного небесного тела. Рисунок NASA.

### “Радиоастрон”: четыре года исследований

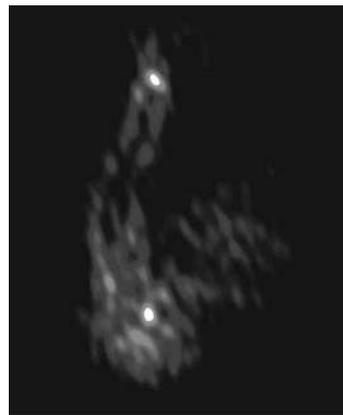
18 июля 2015 г. исполнилось четыре года со дня запуска российского космического радиотелескопа “Спектр-Р” проекта наземно-космического интерферометра “Радиоастрон” (Земля и Вселенная, 2011, № 6). Научные группы проекта поделились новыми результатами исследований галактик, плазмы в нашей Галактике и галактических мазеров водяного пара.

21–22 сентября 2013 г. в течение 22 ч проводилось картографирование радиоисточника 3С84 (Персей А) на частотах 5 и 22 ГГц. Наземный интерферометр состоял из 25 телескопов, в числе которых были европейская РСДБ-сеть, российские “Квazar-КВО” и радиотелескоп в Калязине, немецкий телескоп в Эффельсберге, корейская РСДБ-сеть, американские телескопы GBT, VLBA и фазированная VLA. Данные коррелировались в Институте радиоастрономии Общества Макса Планка (Германия). В результате получено качественное изображение радиоисточника 3С84 в активной эллиптической галактике NGC 1275 диаметром более 100 тыс. св. лет, находящейся на расстоянии 75 Мпк (230 млн св. лет) в скоплении галактик в созвездии Персея. Угловой размер ядра гигантской га-

лактики NGC 1275 – 1 мс дуги, что соответствует 0,3 пк. Благодаря этому объект стал одним из самых подходящих кандидатов для изучения джетов вблизи сверхмассивной черной дыры в центре NGC 1275, что позволит понять процесс формирования струй в галактиках.

На карте центральная область 3С84 – сложная структура размером 0,1 с дуги. Сверху (север) выделяется яркое пятно – ядро галактики, снизу (юг) видна яркая область. На карте четко виден контрджет (выброс на север). Угловое разрешение карты – примерно 50 мс дуги, или 500 радиусов Шварцшильда. Яркость повышается к краям джета и контрджета. Новая информация поможет понять природу такого выброса.

Изучение пульсаров с помощью РСДБ-сети позволяет использовать их при изучении структуры межзвездной среды. 1 августа 2013 г. “Радиоастрон” одновременно в двух диапазонах длин волн наблюдал пульсар В1933+16. На частоте 92 см использовались системы апертурного синтеза в Вестерборке (WSRT, Нидерланды) и 25-м антенны американской решетки телескопов VLBA в Санта-Крус. На частоте 18 см работали 300-м антенна в Аресибо, 45-м телескоп обсерватории НРАО в Грин Бэнке (США), 32-м антенна в Торунь (Польша) и 32-м телескоп системы “Квazar-КВО” в Светлом. Пульсар В1933+16 расположен в 4 кпк в спиральном рукаве созвездия Стрельца. Луч зрения на пульсар проходит



Карта радиоисточника 3С84 в активной эллиптической галактике NGC 1275 в скоплении галактик созвездия Персея. По данным наземно-космического интерферометра “Радиоастрон”. ФИАН.

вдоль рукава, что позволило ученым изучить сложную структуру неоднородностей плазмы.

27 апреля 2015 г. были выполнены новые наблюдения одного из наиболее удаленных источников мазерного излучения в линии водяного пара в галактике – области звездообразования W49 N, находящейся на расстоянии около 36 тыс. св. лет в спиральном рукаве созвездия Персея. Проекция базы интерферометра во время наблюдений достигала 19,4  $R_z$ , угловое разрешение составляло около 23 мс дуги (величина, рекордная для наблюдений мазеров водяного пара). Проведенные наблюдения позволяют измерять яркостные температуры и наиболее компактные детали мазерных источников.

Пресс-релиз ФИАН,  
21 июля 2015 г.

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь – февраль 2016 г.

Таблица 1

### ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
<b>Январь</b>		
2	5	<b>Луна в последней четверти</b>
2	12	Луна в апогее
2	21	<b>Земля в перигелии</b>
3	19	Луна проходит в 1° севернее Марса
4	8	<i>Максимум метеорного потока Квадрантиды</i>
5	1	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
7	0	Луна проходит в 3° севернее Венеры
7	5	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
8	19	Юпитер переходит от прямого движения к попятному
9	4	Венера проходит в 0,1° севернее Сатурна
10	1	<b>Новолуние</b>
14	14	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
15	3	Луна в перигее
16	23	<b>Луна в первой четверти</b>
24	1	<b>Полнолуние</b>
25	22	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
28	0	Луна проходит в 2° южнее Юпитера
30	9	Луна в апогее
<b>Февраль</b>		
1	3	<b>Луна в последней четверти</b>
1	10	Луна проходит в 2° севернее Марса
3	19	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
6	6	Луна проходит в 3° севернее Венеры
6	15	Луна проходит в 3° севернее Меркурия
7	5	Меркурий в наибольшей западной элонгации (26°)
8	14	<b>Новолуние</b>
11	3	Луна в перигее
15	7	<b>Луна в первой четверти</b>

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
22	18	<b>Полнолуние</b>
24	2	Луна проходит в 2° южнее Юпитера
27	3	Луна в апогее
28	15	Нептун вступает в соединение с Солнцем
29	19	Луна проходит в 3° севернее Марса

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

Таблица II

**ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА**

Дата	$\alpha$		$\delta$		45°		55°		65°	
					восход	заход	восход	заход	восход	заход
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м
Январь 1	18	42	-23	05	07:40	16:31	08:26	15:44	10:09	14:01
11	19	26	-21	57	07:38	16:41	08:22	15:57	09:52	14:27
21	20	09	-20	07	07:33	16:53	08:11	16:15	09:26	15:00
31	20	51	-17	39	07:23	17:07	07:56	16:35	08:55	15:35
Февраль 10	21	31	-14	40	07:11	17:22	07:36	16:56	08:22	16:11
20	22	10	-11	17	06:56	17:36	07:15	17:17	07:47	16:45
Март 1	22	48	-07	35	06:39	17:50	06:51	17:38	07:11	17:18

*Примечание.* В таблице дано среднее солнечное время.

**Пример.** Определить время восхода Солнца 7 февраля 2016 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 7 февраля, получаем 7<sup>ч</sup>45<sup>м</sup>. Вычтем из него долготу места, прибавим 3<sup>ч</sup>, получим 8<sup>ч</sup>15<sup>м</sup>.

Таблица III

**ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ**

Дата	$\alpha$		$\delta$		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
<b>Меркурий</b>												
Январь 01	20	05,5	-21	06	-0,4	7,3	0,49	0,8	-	-	-	Вечер
11	19	58,4	-18	29	3,1	9,6	0,06	-	-	-		
21	19	09,6	-19	03	1,7	9,5	0,14	-	-	-		
31	19	09,4	-20	31	0,0	7,7	0,46	0,7	-	-		Утро

Таблица III (окончание)

Дата	$\alpha$		$\delta$		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
	Февраль 10	19	47,9	-20	54	-0,1	6,4	0,67	0,1	-		-
20	20	42,1	-19	26	-0,1	5,7	0,79	-	-	-		
Март 1	21	42,6	-15	50	-0,3	5,2	0,87	-	-	-		
<b>Венера</b>												
Январь 01	16	00,6	-18	34	-4,0	14,4	0,77	3,2	3,4	3,6	Утро	
11	16	51,5	-20	51	-4,0	13,7	0,80	2,8	2,8	2,3	Утро	
21	17	43,9	-22	10	-4,0	13,1	0,83	2,3	2,1	0,5	Утро	
31	18	37,1	-22	25	-3,9	12,5	0,85	1,9	1,5	-	Утро	
Февраль 10	19	30,3	-21	34	-3,9	12,0	0,87	1,5	0,9	-	Утро	
20	20	22,5	-19	39	-3,9	11,6	0,89	1,1	-	-	Утро	
Март 1	21	13,2	-16	47	-3,9	11,3	0,91	0,8	-	-	Утро	
<b>Марс</b>												
Январь 01	13	47,5	-09	29	1,3	5,6	0,91	5,4	5,6	6,0	Утро	
11	14	08,4	-11	23	1,1	5,9	0,91	5,6	5,7	5,9	Утро	
21	14	28,9	-13	08	1,0	6,3	0,90	5,7	5,7	5,6	Утро	
31	14	48,9	-14	42	0,8	6,8	0,90	5,8	5,7	5,3	Утро	
Февраль 10	15	08,2	-16	07	0,7	7,3	0,90	5,8	5,6	4,9	Утро	
20	15	26,5	-17	20	0,5	7,9	0,90	5,9	5,5	4,6	Утро	
Март 1	15	43,5	-18	23	0,3	8,7	0,90	6,0	5,4	4,1	Утро	
<b>Юпитер</b>												
Январь 01	11	36,0	+03	57	-2,0	39,0	0,99	9,1	10,0	11,6	Утро	
11	11	36,3	+03	58	-2,1	40,2	0,99	9,7	10,6	11,9	Утро	
21	11	35,5	+04	06	-2,1	41,3	1,00	10,3	11,0	12,2	Утро	
31	11	33,5	+04	22	-2,2	42,4	1,00	10,9	11,5	12,4	Ночь	
Февраль 10	11	30,4	+04	44	-2,3	43,3	1,00	11,3	11,8	12,6	Ночь	
20	11	26,5	+05	11	-2,3	43,9	1,00	11,8	12,2	12,8	Ночь	
Март 1	11	12,0	+05	41	-2,3	44,3	1,00	12,0	12,3	12,6	Ночь	
<b>Сатурн</b>												
Январь 01	16	38,4	-20	28	0,5	15,3	1,00	1,4	1,0	-	Утро	
11	16	42,8	-20	36	0,5	15,5	1,00	2,0	1,7	-	Утро	
21	16	47,0	-20	43	0,5	15,6	1,00	2,6	2,2	0,9	Утро	
31	16	50,7	-20	49	0,5	15,8	1,00	3,1	2,6	1,2	Утро	
Февраль 10	16	53,9	-20	53	0,5	16,1	1,00	3,5	3,0	1,5	Утро	
20	16	56,6	-20	56	0,5	16,3	1,00	3,9	3,3	1,6	Утро	
Март 1	16	48,6	-20	58	0,5	16,6	1,00	4,3	3,6	1,8	Утро	

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

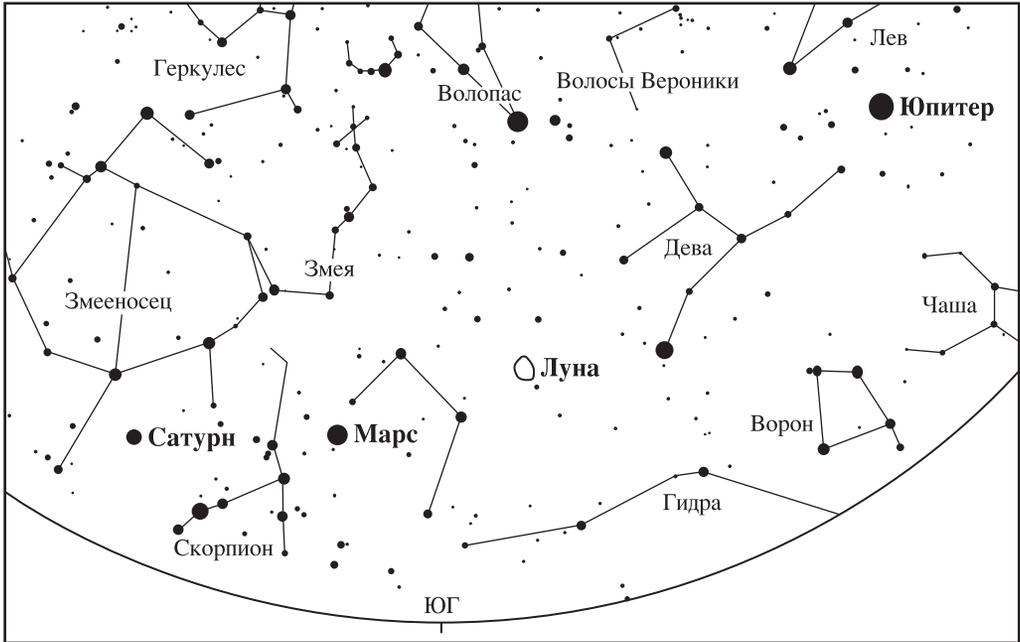
## ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

**Меркурий** в начале года виден в вечернее время на южных широтах нашей страны, он перемещается из созвездия Стрельца в созвездие Козерога. Блеск Меркурия быстро падает, 5 января при переходе от прямого движения к попятному он теряется в вечерних лучах Солнца. 14 января планета находится в нижнем соединении с Солнцем. 25 января Меркурий становится заметным в утреннее время в созвездии Стрельца на южных широтах нашей страны, но после 10 февраля уже не виден. 6 февраля Луна пройдет недалеко от Меркурия, на следующий день он будет в наибольшей западной элонгации ( $26^\circ$ ).

**Венера** 5 января перейдет из созвездия Скорпиона в созвездие Змееносца, 21 января – Стрельца и 17 февраля – Козерога. 9 января планета окажется в  $0,1^\circ$  севернее Сатурна. Продолжительность видимости Венеры в начале года

постепенно сокращается: 1 января на севере страны – 3,7 ч, после 21 января не видна; 1 января в средних широтах – 3,4 ч, после 15 февраля не видна; в южных широтах с 3,2 ч 1 января до 0,8 ч 1 марта. Венера постепенно удаляется от Земли, ее видимый угловой диаметр уменьшается с  $14,4''$  в самом начале года до  $11,3''$  1 марта. Блеск Венеры в этот период немного падает и составляет  $-4,0^m$  –  $-3,9^m$ . Луна пройдет недалеко от нее 7 января и 6 февраля.

**Марс** постепенно приближается к Земле и виден в утреннее время в северных районах нашей страны в течение 6 ч 1 января, а 1 марта только 4,1 ч, тогда как в средних широтах его можно наблюдать 5,4–5,7 ч, в южных широтах – 5,4–6,0 ч. Марс в начале года перемещается по созвездию Девы, 17 января переходит в созвездие Весов.



Вид южной части звездного неба в Москве 28 февраля 2016 г. в  $5^h00^m$  по московскому времени. Отмечено положение Юпитера, Марса, Сатурна и Луны.

Видимый угловой диаметр Марса увеличивается с 5,6" 1 января до 8,7" 1 марта, его блеск – с 1,3<sup>m</sup> до 0,3<sup>m</sup>. Луна пройдет недалеко от Красной планеты 3 января, 1 и 29 февраля.

**Юпитер** в январе и феврале перемещается по созвездию Льва. 8 января он переходит от прямого движения к попятному. Продолжительность видимости Юпитера возрастает в зависимости от широты места с 9,1–11,6 ч 1 января до 12,0–12,6 ч 1 марта. Блеск Юпитера в этот период изменяется с –2,0<sup>m</sup> до –2,3<sup>m</sup>, его видимый угловой диаметр увеличивается с 39,0" 1 января до 44,3" 1 марта. Луна пройдет не-

далеко от планеты 28 января и 24 февраля.

**Сатурн** в начале года виден в утреннее время, и условия его видимости становятся лучше: в южных районах с 1,4 ч 1 января до 4,3 ч 1 марта, в средних широтах с 1 ч 1 января до 3,6 ч 1 марта и на севере страны с 0,9 ч 21 января до 1,8 ч 1 марта. Сатурн перемещается по созвездию Змееносца. Блеск планеты-гиганта в этот период видимости 0,5<sup>m</sup>, видимый угловой диаметр увеличивается с 15,3" 1 января до 16,6" 1 марта. Луна пройдет недалеко от Сатурна 7 января и 3 февраля.

### МЕТЕОРНЫЙ ПОТОК КВАДРАНТИДЫ

4 января в 8 ч UT ожидается максимум метеорного потока **Квадрантиды**, он активен с 1 по 5 января 2016 г. Радиант располагается в северной части созвездия Волопаса около границы с созвездиями Геркулеса и Дракона ( $\alpha = 230^\circ$ ,  $\delta = +49^\circ$ ) и поднимается высоко над горизонтом в предутренние часы. Убывающая Луна не помешает в

эти дни наблюдениям. Максимальная активность потока непродолжительна, лишь несколько часов, зенитное часовое число, по прогнозам, около 120. Наблюдать Квадрантиды лучше всего с 23 ч по местному времени до рассвета, при этом радиант набирает высоту в течение всего указанного периода.

*В.И. ЩИВЬЁВ*

*г. Железнодорожный (Московская обл.)*

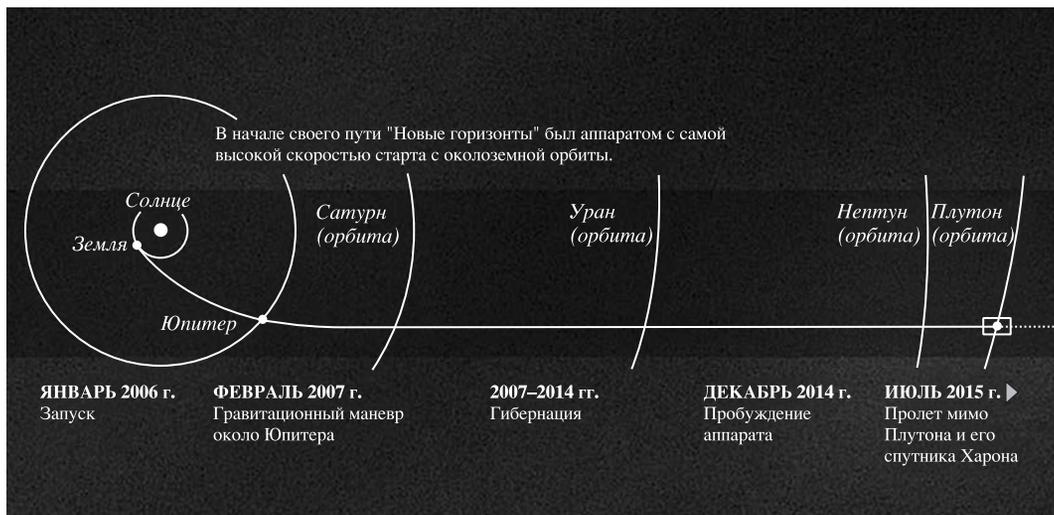
## **“Новые горизонты”: исследование системы Плутона**

14 июля 2015 г. американская АМС “Новые горизонты” пролетела на расстоянии 12 500 км от карликовой планеты Плутон (диаметр – 2370 км), самого крупного объекта пояса Койпера, и в 27 тыс. км от Харона (диаметр – 1208 км), его самого крупного спутника. 13–15 июля были получены сотни фотографий высокого разрешения и собрано 50 ГБ данных о системе Плутона, затем станция улетела во внешние области Солнечной системы. Информация передается со скоростью всего 1 кб/с, этот процесс завершится лишь в 2016 г. Программа полета рассчитана на 15–17 лет, за которые “Новые горизонты” преодолеют 50–55 а.е. В 2016–2020 гг. предполагается изучить несколько тел пояса Койпера. Из-за ограниченного запаса топлива коррекции траектории будут минимальными, поэтому от выбранного маршрута во многом зависит, состоится ли расширенная часть программы. В 2014 г. КТХ выявил подходящие для исследования транснептуновые объекты размером 30–60 км: 2014 MU<sub>69</sub> (1110113Y), 2014 PN<sub>70</sub> (G12000JZ) и 2014 OS<sub>393</sub>.

Напомним, что АМС понадобилось 9,5 лет, чтобы добраться до бывшей девятой планеты Солнечной системы. К сожалению, старт станции не обошелся без неприятностей. В 2005 г. ураган Вильма разрушил ускоритель первой ступени ракеты-носителя. Запуск несколько раз переносили. 19 января 2006 г. АМС “Новые горизонты” наконец отправилась к Плутону. Она запущена с космодрома Канаверал с помощью РН “Атлас-5” с самой большой из всех космических аппаратов скоростью – 16,26 км/с, гелиоцентрическая скорость – 45 км/с (Земля и Вселенная, 2006, № 3, с. 108–109). В феврале 2007 г. станция пролетела на расстоянии 2,3 млн км от Юпитера, после чего ее направили к Плутону. В 2008 г. она пересекла орбиту Сатурна, в 2011 г. – Урана. В 2007–2014 гг. АМС находилась в “спящем” режиме, 6 декабря 2014 г. “проснулась” и начиная с января 2015 г. передавала снимки Плутона. Первый четкий снимок Плутона сделан 11 июля 2015 г. (см. стр. 1 обложки).

АМС “Новые горизонты” размерами 2,2 × 2,7 × 3,2 м и массой 478 кг (из них 77 кг – топливо и 30 кг – на-

учные приборы) защищена от микрометеоритов многослойным легким теплозащитным покрытием. Для охлаждения применяются жалюзи, недостаток тепла восполняют нагреватели. Ориентироваться аппарату в пространстве помогают 16 двигателей, источником электроэнергии служит радиоизотопный термоэлектрический генератор (РИТЭГ) мощностью 250 Вт. На борту аппарата установлено семь научных приборов: УФ-спектрометр Alice измеряет параметры атмосферы Плутона; обзорная фотокамера Ralph делает черно-белые и цветные снимки и стереоизображения; телескоп LORRI – детальные снимки высокого разрешения; детектор солнечных частиц SWAP фиксирует магнитосферу Плутона; спектрометр энергетических частиц PEPSSI регистрирует нейтральные атомы; детектор пыли SDC определяет массу и скорость частиц; радиоспектрометр REX – антенна для связи с Землей и исследования структуры атмосферы и тепловых свойств поверхности Плутона, измерения массы этой карликовой планеты, Харона и других объектов пояса Койпера.

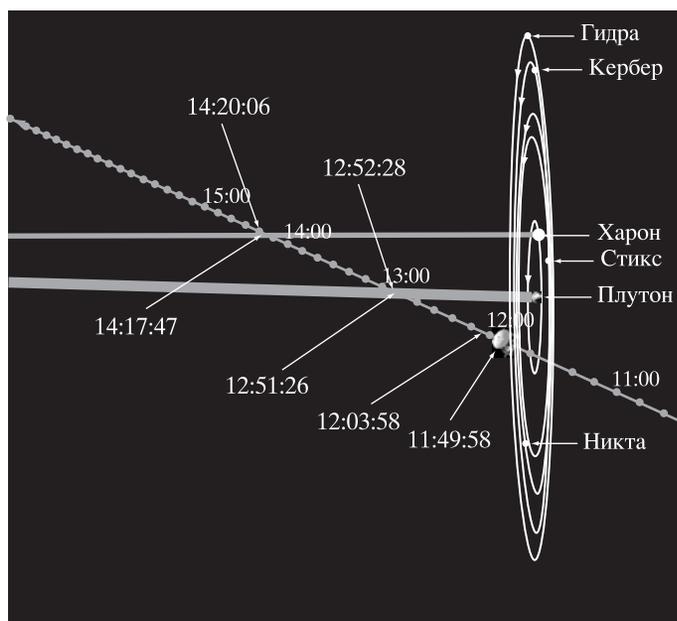


Траектория полета АМС "Новые горизонты" в 2006–2015 гг. Рисунок NASA/JPL.

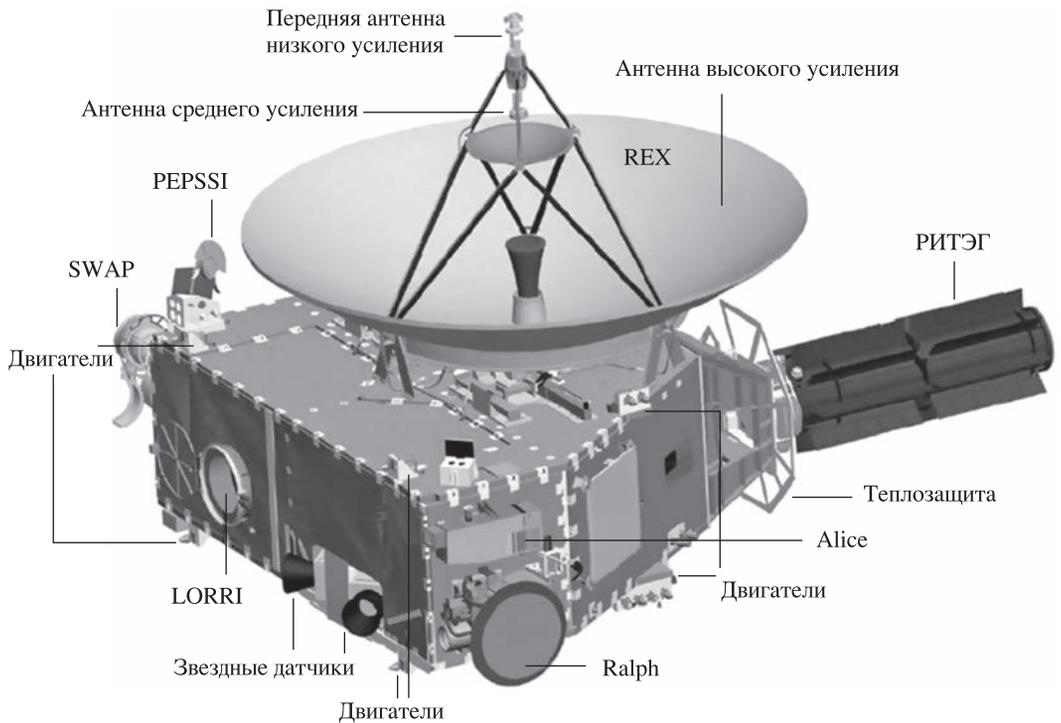
Область Плутона, над которой пролетела станция, всегда повернута к Харону, она красноватого цвета, и на ней есть несколько крупных кратеров (см. стр. 2 обложки). С севера на юг протянулась цепочка ледяных гор высотой до 3500 м, неофициально названных Аль-Идриси (средневековый арабский географ и путешественник), Чжэн Хэ (китайский путешественник, флотоводец и дипломат, возглавлявший семь морских военно-торговых экспедиций), Хиллари и Норгей (первые покорители Эвереста новозеландский альпинист Эдмунд Хиллари и шерп Тенцинг Норгей). Молодая ледяная Равнина

Спутника (Sputnik Planum) совсем лишена кратеров, она находится севернее гор Норгей и названа в честь первого ИСЗ. Эта обширная местность в западной половине сердцеобразной структуры возрастом 100 млн лет,

расположенной к северу от экватора, включает Область Томбо (Tombaugh Regio), которая названа в честь американского астронома Клайда Томбо, открывшего Плутон в 1930 г. (Земля и Вселенная, 2006, № 3). Активность



Хронология пролета АМС "Новые горизонты" в окрестностях системы Плутона 14 июля 2015 г. Рисунок NASA/JPL.

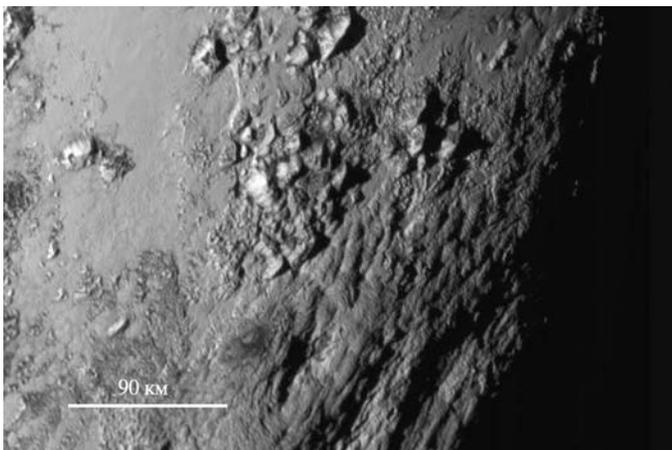


*Расположение научной аппаратуры и бортовых систем на АМС «Новые горизонты». Рисунок NASA/JPL.*

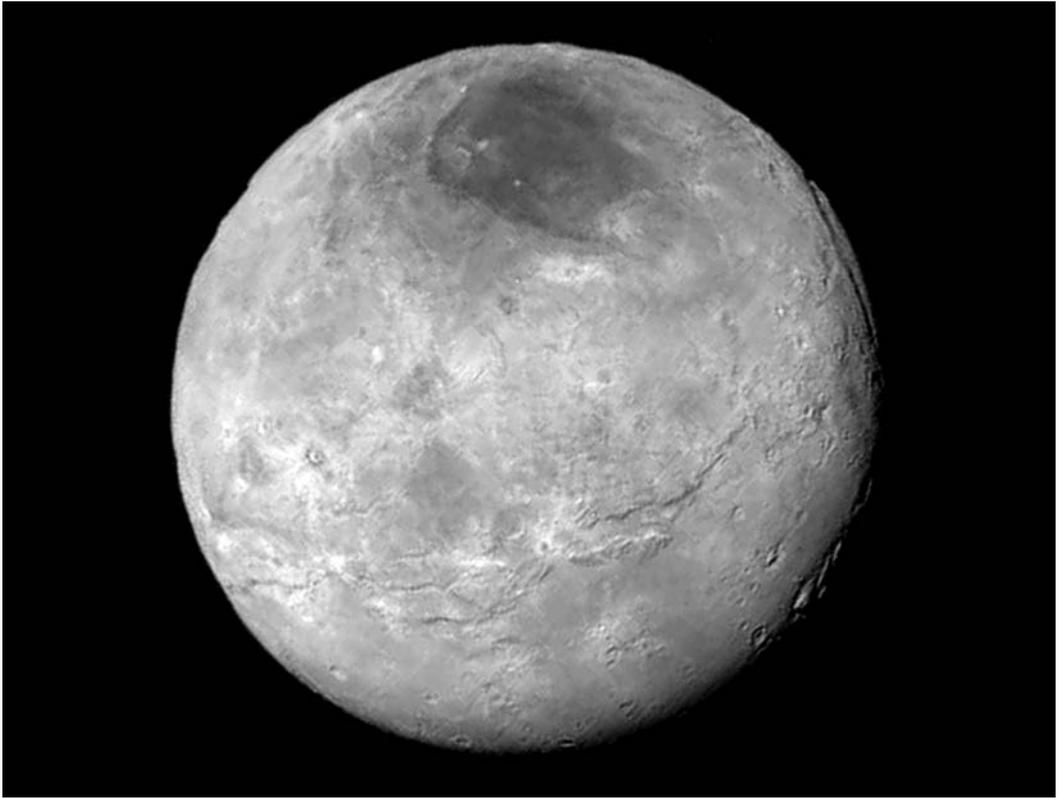
ледников из замерзшего азота, окиси углерода и метана обнаружена по краям Равнины Спутника. Если из недр Плутона поступает хотя бы незначительное

тепло, это может объяснить движение поверхностного льда, а также то, почему он стекает по склонам холмов и гор. Область лишена ударных кратеров и покрыта

толстым слоем замерзшего метана с узором из сегментов неправильной формы шириной около 20 км, окантованных неглубокими рвами. На дне некоторых рвов



*Фрагмент поверхности Плутона вблизи экватора. Горы высотой около 3500 км состоят, вероятно, из водяного льда. Отсутствие кратеров предполагает геологическую активность планеты. Снимок сделан 14 июля 2015 г. АМС «Новые горизонты» за 1,5 ч до момента максимального сближения с Плутоном, когда она находилась в 77 тыс. км от него. Фото NASA/JPL.*



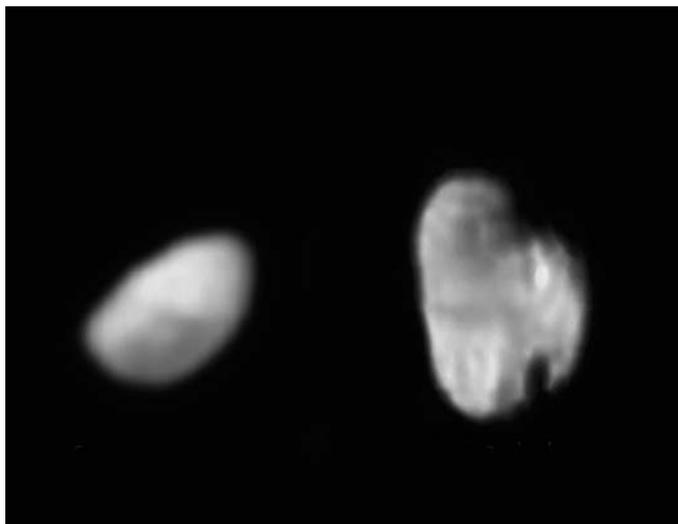
*Харон. Снимок сделан 13 июля 2015 г. камерой LORRI AMC “Новые горизонты” с расстояния 466 тыс. км (разрешение – около 5 км). Фото NASA/JPL.*

можно увидеть очень темный материал, недалеко от них протянулись цепочки холмов, возвышающихся над окружающей местностью. Справа от Равнины Спутника выгнулся гигантской дугой Уступ Кусто (Cousteau Rupes), которому присвоено имя знаменитого французского исследователя Мирового океана. Этот обрыв завершается невысокими холмами Колумбия и Челленджер (в честь погибших экипажей космических кораблей). К нижней части Равнины Спутника примыкают возвышенности – Области Ктулху и Крун. В дру-

гих местах поверхность выглядит покрытой ямами и рытвинами, образовавшимися в результате сублимации. Чуть ниже расположены гористая местность и длинная проталина во льду – пятнистая темная красноватая полоса, растянувшаяся вдоль экватора. Вероятно, Плутон состоит из 70% горных пород и 30% льда. Очень разреженная азотно-метановая атмосфера Плутона простирается на 1600 км, в нижних слоях зафиксировано обилие углеводородов. Под воздействием солнечного ультрафиолетового излучения метан распадается

на этилен и ацетилен, которые затем оседают, охлаждаются и конденсируются, образуя туман из ледяных частиц.

На основе снимков, переданных AMC “Новые горизонты”, планетологи создают карту Плутона (см. стр. 2 обложки). Детали рельефа могут получить названия подземных миров: Пандемоний, Юггот, Ниффельхайм и Тартар. Образования на Хароне будут названы именами киногероев – Люка Скайуокера и Дарта Вейдера, экипажа “Энтерпрайза” из Star Trek, Мордора и Криптон (родина Супер-



Спутники Плутона Никта и Гидра. Снимки сделаны 14 июля 2015 г. с помощью фотокамеры LORRI АМС «Новые горизонты» с расстояния 165 тыс. км и 231 тыс. км (размер – 42 км и 55 км). Фото NASA/JPL

---

мена). Никте достанутся имена Геракла, Вергилия, Слейпнира – коня Одина и короля обезьян Сунь Укуна из китайских мифов. На Никте, Гидре и Стиксе появятся имена речных и ночных демонов и богов из мифов, на Кербере – собак Лайки, Белки и Стрелки, совершивших космические полеты.

13 июля 2015 г. аппарат передал также снимки всех спутников Плутона, размеры самых маленьких деталей – около 5 км. Поверхность самого крупного, Харона, выглядит довольно гладкой, но там есть гряды скал и впадин, а протяженные разломы тянутся почти

на тысячу километров глубиной 7–9 км! Северная околополярная область с размытыми границами – ее неофициальное название Мордор – более темного цвета. Это говорит о том, что “антиполярная шапка” образована отложениями темного материала, чей слой достаточно тонок. С одной стороны северную околополярную область очерчивает резкая граница в виде тектонической структуры (трещины или горного хребта), напоминающей прямой угол. Поверхность Харона можно описать как геологически молодую и меняющуюся.

Кроме Харона сфотографированы четыре небольших спутника Плутона – Никта (36 × 42 км), Гидра (40 × 55 км), Кербер (около 30 км) и Стикс (около 20 км). С момента открытия их размеры, форма и состав оставались неизвестными. Снимки позволили узнать основные свойства Гидры. Как оказалось, самый внешний спутник Плутона представляет собой тело неправильной формы, чья яркость заметно меняется, вероятнее всего покрытое водяным льдом.

Пресс-релизы NASA/JPL, 16, 25 и 29 июля 2015 г.

### 43–45-я экспедиции на МКС

Напомним, что экипажи 41-й и 42-й основных экспедиций (МКС-41/42) стартовали 26 сентября и 24 ноября 2014 г. на КК “Союз ТМА-14М и -15М” (Земля и Вселенная, 2015, № 2, с. 106–107). 12 марта и 11 июня 2015 г. спускаемые аппараты кораблей

“Союз ТМА-14М” с экипажем МКС-42: А.М. Самокутяев, Е.О. Серова (Россия), Б. Уилмор (США) и “Союз ТМА-15М” с экипажем МКС-43: А.Н. Шкаплеров (Россия), С. Кристофоретти (ESA, Италия), Т. Вёртс (США) благополучно приземлились юго-восточнее г. Джезказган (Казахстан). Время работы экипажей МКС-41 и МКС-42 – 167 сут 06 ч и 199 сут 17 ч соответственно. Экспедиция МКС-43 была продлена на месяц из-за аварий 28 апреля и 28 июня 2015 г. российского “Прогресс М-27М” и американского “Дрэгон-7” (“Dragon SpaceX-7”).

**27 марта 2015 г.** с космодрома Байконур стартовала

РН “Союз-ФГ” с КК “Союз ТМА-16М”. Его пилотировал экипаж 43-й основной экспедиции: командир корабля и командир МКС-44 Г.М. Падалка, бортиженер-1 М.Б. Корниенко (Россия) и бортиженер-2 С. Келли (США). 28 марта, через 5 ч 51 мин после старта, корабль в автоматическом режиме состыковался с модулем “Поиск” (МИМ-2). Полет М.Б. Корниенко и С. Келли в составе МКС-43–46 рассчитан на 342 сут, Г.М. Падалка – на 168 сут, посадка КК “Союз ТМА-16М” состоялась 12 сентября 2015 г. Пять полетов выполнил Г.М. Падалка, три – С. Келли, один – М.Б. Корниенко.



Экипаж КК “Союз ТМА-16М”: С. Келли (США), Г.М. Падалка и М.Б. Корниенко (Россия). Космодром Байконур. Фото Роскосмос.

**Геннадий Иванович Падалка** (381-й астронавт мира, 89-й космонавт России) родился в 1958 г. в Краснодаре. После окончания в 1979 г. Ейского высшего военного авиационного училища летчиков служил в Группе советских войск в Германии, затем в Дальневосточном военном округе. Получил квалификации “Военный летчик 1-го класса” и “Инструктор парашютно-десантной подготовки”, полковник запаса ВВС. С 1989 г. в отряде космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. В 1994 г. получил квалификацию “инженер-эколог” в Международном центре обучающихся систем ЮНЕСКО. Во время полетов на ОК “Мир” и МКС выполнил девять выходов в открытый космос. В 2009 г. окончил Российскую академию госслужбы при Президенте РФ. Во время пятого полета установил новый мировой рекорд по суммарной продолжительности космических полетов – 878 сут. Герой России, награжден орденами “За заслуги перед Отечеством” II, III и IV степени, медалью “За заслуги в освоении космоса”, лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, командор ордена Короны (Бельгия). **Михаил Борисович Корниенко** (511-й астронавт мира, 106-й космонавт России) родился в 1960 г. в Сызрани (Куйбышевская, ныне Самарская обл.). В 1987 г. окончил вечернее отделение МАИ по специальности “Проектирование авиационных и ракетных двигателей” с квалификацией инженер-механик.

В 1980–1986 гг. работал в московской милиции, до 1991 г. – в КБ общего машиностроения в Москве и на Байконуре, затем – директором производственно-технического отдела “Трансвосток” и генеральным директором частной фирмы “Эстэ”. В 1995–1998 гг. работал инженером РКК “Энергия” им. С.П. Королёва в отделе подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности. В 1998 г. зачислен в отряд космонавтов РКК “Энергия”. Выполнил один выход в открытый космос. Герой России. **Скотт Келли** (Scott J. Kelly; 390-й астронавт мира, 244-й астронавт США) родился в 1964 г. в г. Орандж (штат Нью-Джерси). В 1987 г. получил степень бакалавра (электротехника) в Морском колледже при Университете штата Нью-Йорк, в 1996 г. – магистра наук (авиационные системы) в Университете штата Теннесси. В 1989 г. после окончания летной подготовки на авиационной базе ВМС США Бивилль в Техасе стал морским летчиком. С 1989 г. служил офицером и летчиком в истребительной эскадрилье. В 1993–1994 гг. прошел подготовку в школе летчиков-испытателей ВМС США, служил летчиком-испытателем в Испытательной эскадрилье самолетов ударной авиации, кэптен (полковник) ВМС США. Келли налетал 4 тыс. ч на самолетах более 30 типов, совершил более 250 посадок на авианосец. В 1996 г. вместе с братом-близнецом Марком Келли зачислен в отряд астронавтов NASA. Награжден

медалями ВМС “За заслуги” и “За достижения”, медалями Министерства обороны “За отличную службу”, “За службу в Юго-Западной Азии”, “За оборону Кувейта” и “За службу по защите нации”, медалью РФ “За заслуги в освоении космоса”.

**23 июля 2015 г.** запущен КК “Союз ТМА-17М” с экипажем 44/45-й основной экспедиции: командир корабля О.Д. Кононенко (Россия), бортинженер-1 К. Юи (Япония), бортинженер-2 и командир МКС-45 Ч. Линдгрэн (США). Через 5 ч 42 мин успешно осуществлена стыковка в автоматическом режиме с модулем “Рассвет” (МИМ-1). Продолжительность полета экипажа МКС-44/45 – 163 сут, посадка КК “Союз ТМА-17М” намечена на 1 января 2016 г. Для О.Д. Кононенко это третий полет, К. Юи и Ч. Линдгрэн совершают первый полет.

**Олег Дмитриевич Кононенко** (473-й астронавт мира, 102-й космонавт России) родился в 1964 г. в Чарджоу (Туркменская ССР). В 1988 г. окончил Харьковский авиационный институт им. Н.Е. Жуковского по специальности “Двигатели летательных аппаратов”, в 1996 г. окончил Высшие курсы повышения квалификации руководящих, инженерно-технических и научных работников. После окончания ХАИ работал инженером и ведущим инженером-конструктором в ЦСКБ “Прогресс” в Самаре по проектированию электрических систем космических кораблей. В 1998 г. зачислен в отряд космонавтов РКК “Энергия”. Выполнил



*Экипаж 44-й основной экспедиции на МКС: Ч. Линдгрэн (США), О.Д. Кононенко (Россия), К. Юи (Япония), С. Келли (США), Г.М. Падалка (Россия) и М.Б. Корниенко (Россия).*

нил три выхода в открытый космос. Герой России, награжден орденом “За заслуги перед Отечеством” IV степени, медалью “За заслуги в освоении космоса”, медалями NASA “За космический полет” и “За выдающуюся общественную службу”, орденом Туркменистана “Звезда Президента”. **Кимия Юи** (Kimiya Yui; 539-й астронавт мира, 10-й астронавт Японии) родился в 1970 г. в селе Каваками префектуры Нагано. В 1992 г. окончил Национальную академию обороны МО Японии, бакалавр наук в области машиностроения. Служил в разных эс-

кадрилях пилотом самолетов ВВС Сил самообороны Японии, в 2000 г. работал офицером-инструктором в Национальной академии обороны Японии. В 2002–2003 гг. обучался на курсах подготовки летчиков-испытателей, в 2003–2004 гг. – на командно-штабных курсах в школе летного состава. В 2004–2006 гг. служил летчиком-испытателем, полковник ВВС Японии в отставке. С 2008 г. работал в Отделе разработки оборонных программ. В 2011 г. после общей космической подготовки в Космическом центре им. Л. Джонсона NASA получил квали-

фикацию астронавта МКС и зачислен в отряд астронавтов JAXA. **Челл Линдгрэн** (Kjell N. Lindgren; 540-й астронавт мира, 335-й астронавт США) родился в 1973 г. в г. Тайбэй (Тайвань). В 1995 г. окончил Академию ВВС США, получил степень бакалавра наук в области биологии, 1996 г. – магистра по физиологии сердечно-сосудистой системы, в 2002 г. – доктора медицины в Медицинском институте Университета штата Колорадо, в 2008 г. – магистра здравоохранения Техасского университета. Работал доцентом на факультете клинической про-

филактической медицины и на кафедре семейной медицины в Медицинском отделении Техасского университета, авиационным врачом в NASA. В 2009 г. зачислен в отряд астронавтов NASA.

В программу экспедиций МКС-43–44 включены два выхода в открытый космос, прием КК “Союз ТМА-17М, -18М и -19М”, “Прогресс М-28М и -29М”, “Дрэгон-8 и -9” (США) и НТВ-5 и -6 “Конотори” (Япония), выполнение 72 экспериментов по семи направлениям (18 новых): 20 – человек в космосе (в основном медицина), по 15 – технология и биология и биотехнология, 9 – эксперименты NASA по программе годового полета, 7 – исследование Земли из космоса, 3 – образование и

популяризация космических исследований, 2 – физико-химические исследования и материалы, 1 – контрактные работы.

2 сентября 2015 г. стартовал КК “Союз ТМА-18М” с экипажем 45-й кратковременной экспедиции на МКС: командир корабля С.А. Волков (Россия), бортинженер-1 Андреас Могенсен (Andreas E. Mogensen; 541-й астронавт мира, 1-й астронавт Дании), бортинженер-2 Айдын Аканович Аимбетов (542-й астронавт мира, 3-й космонавт Казахстана). В ходе полета С.А. Волков заменил Г.М. Падалку, стал командиром МКС-46. 12 сентября 2015 г. совершил посадку КК “Союз ТМА-17М” с экипажем: Г.М. Падалка, А. Могенсен и А. Аимбетов.

После 12 сентября 2015 г. на борту МКС работала 46-я основная экспедиция: М.Б. Корниенко, О.Д. Кононенко, С.А. Волков (Россия), С. Келли, Ч. Линдгрэн (США) и К. Юи (Япония). На 15 декабря 2015 г. намечен запуск КК “Союз ТМА-19М” с экипажем 46/47-й основной экспедиции на МКС: командир корабля Ю.И. Маленченко (Россия), бортинженер-1 Тимоти Пик (Timothy N. Peake; 543-й астронавт мира, 2-й астронавт Великобритании) и бортинженер-2 Тимоти Копра (Timothy L. Copra; 499-й астронавт мира, 321-й астронавт США). Этот экипаж будет работать до середины апреля 2016 г.

По материалам Роскосмоса, ЦУП-М и NASA

## Сейсмичность Земли в первом полугодии 2015 г.

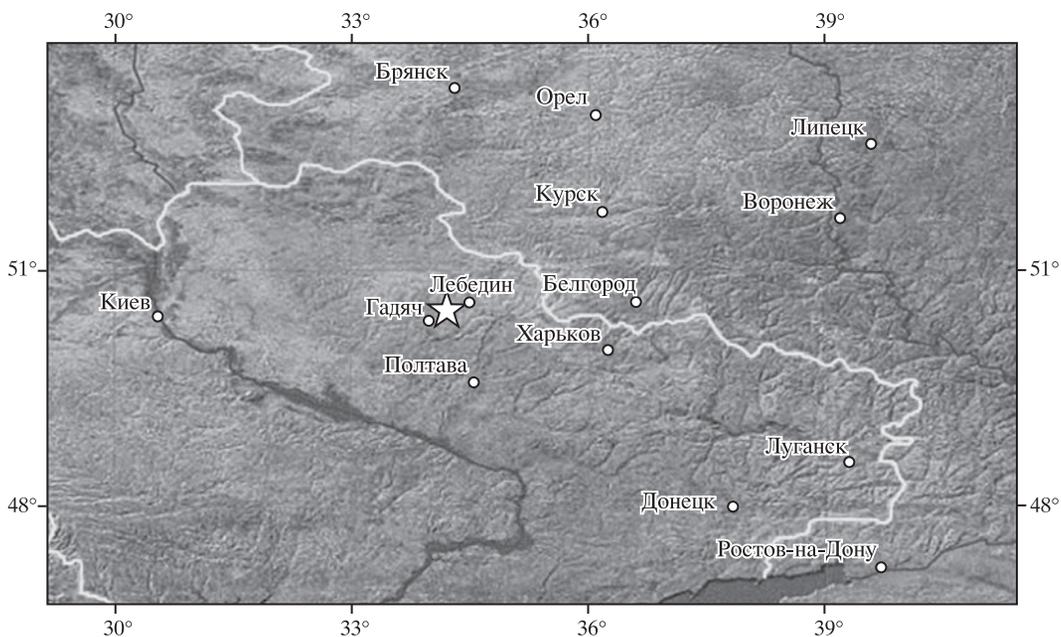
В январе – июне 2015 г. в Службе срочных донесений Геофизической службы РАН обработано более 2250 землетрясений, из них 27 с магнитудой  $M \geq 6,5$ , ощутимых на поверхности — 151.

Сейсмическая активность на территории России может быть охарактеризована скорее как фоновая: землетрясе-

ний с  $M > 4,5$  не наблюдалось. На Дальнем Востоке (Камчатка, Курилы, Сахалин) произошло 185 землетрясений с магнитудой  $M < 4,3$ . В Восточной Сибири (в основном в Байкальском регионе) – 55 землетрясений с  $M < 4,1$ . На Кавказе – 89 с  $M < 3,5$ .

Землетрясение с максимальной магнитудой

4,8 на территории России возникло 6 апреля 2015 г. в Бурятии (Восточная Сибирь). Его очаг находился в озере Байкал на глубине 10 км, в 35 км к северо-западу от Горячинска, в 165 км к северо-востоку от Улан-Удэ, в 280 км к северо-востоку от Иркутска и в 294 км к северо-востоку от Ангарска. Землетря-



Эпицентр землетрясения (отмечен звездой) на Украине. 3 февраля 2015 г.





*Площадь Дурбар в центре Катманду до и после землетрясения.*



*Башня до и после землетрясения в Непале.*

от Кокопо и в 82 км к юго-востоку от Рабаул. По данным РИА “Новости”, в результате землетрясения было зафиксировано в порту города Рабаул цунами высотой 0,5 м. Эта территория характеризуется высокой сейсмичностью, которую связывают с подвигом Тихоокеанской плиты под Австралийскую. Здесь сравнительно часто происходят землетрясения с магнитудами более 6,0.

В Японии 30 мая 2015 г. зафиксировано сильное землетрясение с  $M = 7,8$ . Очаг этого глубоководного землетрясения находился в Тихом океане, в мантии Земли на глубине 680 км. Поскольку землетрясение было на большой глу-

бине и на значительном расстоянии от Японских островов (853 км к югу от Йокогамы, 883 км к югу от Токио, 898 км к юго-востоку от Осаки), оно не принесло значительного ущерба. Информации о жертвах не поступало. Пострадало несколько жителей Токио и соседних префектур Сайтама и Канагава, в 600 домах префектуры Сайтама временно отключали электричество, возникли транспортные проблемы. В частности, было остановлено движение скоростных поездов между Токио и Осакой. Землетрясение не повлияло на ход восстановительных работ на АЭС “Фукусима-1”.

Наиболее сильное землетрясение, с  $M = 7,9$ ,

зарегистрировано 25 апреля 2015 г. в Непале. Катастрофа повлекла многочисленные человеческие жертвы и разрушения. По данным ИТАР-ТАСС, в результате этого землетрясения погибло более 7500 человек, более 14 500 пострадали, в Катманду разрушено множество зданий. Оно вызвало сход лавин в Гималаях, на Эвересте погибли 80 альпинистов. Землетрясение ощутили в соседних странах: в Китае, Индии, Пакистане, Бангладеш. Здесь число погибших превысило 100 человек. К спасению были подключены спасатели из Китая, США, Канады, Австралии, Японии, США и Шри-Ланки. МЧС России направило в Непал два самолета

со спасателями. В стране был объявлен трехдневный национальный траур. За последние 100 лет в радиусе 250 км от этого землетрясения известны четыре исторических события с  $M > 6$ . Самое сильное, с  $M = 8$ , известное как Непал – Бихар, произошло в том же месте в 1934 г., в результате чего погибло более 10 тыс. человек. Последнее, с  $M = 6,9$ , произошло в августе 1988 г. в 240 км к юго-востоку и стало причиной гибели 1500 человек.

12 мая 2015 г. в 7 ч 05 мин по Гринвичу в Непале произошло еще одно разрушительное землетрясение ( $M = 7,5$ ) с человеческими жертвами и огромными разрушениями. Специалисты-геофизики полагают, что это событие – крупнейший афтершок катастрофического землетрясения 25 апреля. Геофизическая служба РАН в течение двух часов после толчка зарегистрировала около десятка афтершоков с  $M > 4,5$ . Многочисленные афтершоки продолжали разрушать города и убивать раненых жителей, находившихся под развалинами домов.

В результате событий 25 апреля и 12 мая 2015 г. значительный урон нанесен историческому центру Катманду. Разрушены не только жилые постройки, но и буддистские храмы, простоявшие несколько сотен лет, поврежден королевский дворец. В центре Катманду обрушилась 60-м смотровая башня Дхарахара, одна из главных туристических достопримечательностей столицы, возведенная в 1832 г. и внесенная в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Под обломками одной из двух башен, построенных в первой половине XIX в., найдено около 200 тел погибших. Древние дворцы и храмы на площади Дурбар разрушены практически до основания: деревянные и кирпичные храмы осыпались, дворец короля в нескольких местах обвалился. “Только трехметровый царь демонов Махакала и дом живой богини Кумари не тронуты”, – отмечают очевидцы. Жители сами начали разбирать завалы и отвозить пострадавших в больницы. Один из них рассказал: “В первые минуты после толчков местные жители выбе-

жали на площади и трассы; как только толчки прекратились, все самоорганизовались для разбора завалов. Очищали проезжую часть, на собственных машинах возили раненых в госпитали. Если бы не эта стихийная слаженность работы, погибших были бы не сотни, а тысячи”.

Толчки ощущались также в северной и восточной части Индии, в Пакистане, Бангладеш и Китае, по всему северу Индии. Очевидцы говорят, что в Дели стены домов шатались в течение минуты, однако серьезных разрушений в городе не было. В Бангладеш на многих жилых и административных зданиях появились трещины, один из жилых домов в столице страны Дакке наклонился.

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*  
Геофизическая служба  
РАН

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ И ЗАМЕТОК, ОПУБЛИКОВАННЫХ  
В ЖУРНАЛЕ “ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ” В 2015 г.**

Беликов Ю.В., Николайшвили С.Ш.		ЛЮДИ НАУКИ	
Озоновые дыры: новый взгляд	2	Герасютин С.А. Энрико Ферми	3
Гаврилов В.Б. Перспективы исследований на Большом адронном коллайдере	6	Герасютин С.А., Рускол Е.Л. Джерард Койлер (к 110-летию со дня рождения)	6
Засова Л.В. Венера: научные проблемы, перспективы исследований	1	Докучаева О.Д., Еремеева А.И., Пономарёва Г.А., Шамаев В.Г. Лидия Николаевна Радлова	2
Кистович А.В., Аномальные волны – реальность!	3	Докучаева О.Д., Еремеева А.И., Пономарёва Г.А. Джерард Ричи (к 150-летию со дня рождения)	1
Москаленко И.В. Космическая обсерватория “Ферми”: шесть лет на орбите	3	Еремеева А.И. Пётр Григорьевич Куликовский (к 105-летию со дня рождения)	5
Родионова Ж.Ф. Фотокарта видимого полушария Луны	2	Еремеева А.И. Вильям Парсонс (к 125-летию со дня рождения)	6
Онищенко О.Г., Похотелов О.А., Астафьева Н.М. Пылевые дьяволы на Земле и Марсе	4	Ерохин Н.С. Семён Самойлович Моисеев	3
Офферман Д., Ольшевский Ф. Изучение атмосферы Земли: эксперимент “КРИСТА”	2	Козенко А.В. Владимир Александрович Магницкий (к 100-летию со дня рождения)	2
Поздравления журналу	1	Шамаев В.Г. Гавриил Сергеевич Хромов	3
Стожков Ю.И. Космические лучи в земной атмосфере	6	Белаковский М.С., Васильева Т.Ю., Пономарёва И.П. Памяти Б.В. Морюкова	4
Чурюмов К.И., Зеленый Л.М., Ксанфомалити Л.В. “Розетта” исследует комету Чурюмова – Герасименко	4	КОСМОНАВТИКА XXI ВЕКА	
К 50-ЛЕТИЮ ИКИ РАН		Синявский В.В. Ядерная энергетика в околоземном космосе	3
Ананьева В.И. Методы исследований экзопланет и новые инструменты	5	СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Беляев Д.А. “Венера Экспресс”: новые открытия и загадки Венеры	5	Виноградова С.Е. Исследования на МКС	5
Вайсберг О.Л. Влияние солнечного ветра на атмосферы Марса и Венеры	5	Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Лупян Е.А. Перспективы российских исследований ДЗЗ	2
Зелёный Л.М. К 50-летию ИКИ РАН 50 лет космических исследований в ИКИ РАН	5	Перов С.П. 40-я Ассамблея КОСПАР в Москве	1
Сюняев Р.А., Чуразов Е.М., Лутовинов А.А., Ревнивцев М.Г., Сазонов С.Ю., Гребенев С.А. Вселенная под присмотром “Интеграла”	5	Сачков М.Е. V Бредихинские чтения Тихомирова Е.Н., Трофилева И.Н. Фестиваль полнокупольных программ	6
ЭКОЛОГИЯ		ИСТОРИЯ НАУКИ	
Парамонов С.Г., Пастухов Б.В., Аблеева В.А. Фоновый мониторинг в Приокско-Тerrasном заповеднике	6	Гиндилис Л.М. Как произошла жизнь на Земле	1

Желнина Т.Н. Из истории орбитальных станций до 1957 г.	4	Щивьёв В.И. Небесный календарь: март – апрель 2015 г.	1
Желнина Т.Н. Из истории орбитальных станций до 1957 г. (продолжение)	6	Щивьёв В.И. Небесный календарь: май – июнь 2015 г.	2
Кузьмин А.В. Оптические кратные звезды в ранней астрономии	2	Щивьёв В.И. Небесный календарь: июль – август 2015 г.	3
<b>ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ</b>		Щивьёв В.И. Небесный календарь: сентябрь – октябрь 2015 г.	4
Герасютин С.А. Полеты автоматических межпланетных станций	1	Щивьёв В.И. Небесный календарь: ноябрь – декабрь 2015 г.	5
<b>ПЛАНЕТАРИИ</b>		Щивьёв В.И. Небесный календарь: январь – февраль 2016 г.	6
Павлова Н.Н. Барнаульскому планетарию 65 лет	4	<b>ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ</b>	
Рублёва Ф.Б. 85 лет мы зажигаем звезды	1	Герасютин С.А. Земляне исследуют Марс	2
<b>АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>		Герасютин С.А. Славный юбилей космонавтики	4
Угольников О.С. 2014: Олимпиада на Новгородской земле	3	Герасютин С.А. Памяти Бабакина	2
Щивьёв В.И. Семинар учителей в Железнодорожном	2	<b>ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ</b>	
<b>ЭКСПЕДИЦИИ</b>		Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Сейсмичность Земли в июле – декабре 2014 г.	3
Мананников А.Л. Полное солнечное затмение на Шпицбергене	4	Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Сейсмичность Земли в первом полугодии 2015 г.	6
Язев С.А. Исследование полного солнечного затмения 20 марта 2015 г.	5	<b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>	
<b>ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ</b>		Абалакин В.К. “Формулы и звезды”	2
Баркин Ю.В. Механизмы эндогенной активности планетарных процессов	3	<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:</b>	
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ</b>		<b>Астрономия</b>	
Сарычев Д.С. Телескоп Ньютон-500 на монтажке Добсона	3	Астероиды семейства Евросины	6
Сикорук Л.Л. Проектирование и строительство любительских обсерваторий	4	Аэрозоли в атмосфере Марса	2
Сикорук Л.Л. Проектирование и строительство любительских обсерваторий (продолжение)	5	Большое Красное Пятно на Юпитере уменьшается	1
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>		Блики на озере Титана	2
Бобылёв Д.А. Фестиваль “Астрофест-2014”	2	Газопылевые облака в Орионе	4
Новичонок А.О. Наблюдение комет в 2014 г.	4	“Гершель”: изучение транснептуновых объектов	1
Соломонов Ю.В. Астеризмы созвездия Лебедя	5	Карта Цереры	5
		“Кассини”: снимки спутников	4
		“Кассини”: новые снимки Тефии и Дионы	6
		“Кеплер” нашел Землю	2
		КТХ: слияние двух галактик	2
		Магнитное поле нашей Галактики	3
		“Марс Экспресс” исследует Аравийскую Землю	5
		“Мессенджер” упал на Меркурий	5
		Модель двойной системы η Киля	2
		Наблюдения образования планет	2

Наноспутники для изучения планет	6	Завершение работы “Чибиса-М”	1
На Марсе найдены следы микробов?	2	Запуск японского метеоспутника	1
Необычная сверхновая	2	Запуск метеоспутника “Метеор-М”	2
“Новые горизонты”: исследование системы Плутона	6	Запуск АМС “Хаябуса-2”	2
“Объекты Ханни”	4	Испытание новой российской ракеты-носителя	3
Остаток сверхновой с мощным тепловым излучением	5	Испытания аппарата для отправки на Марс	4
Первые исследования на комете	2	Космический проект “Гамма-400”	1
Планетная система у необычного пульсара	3	Кругосветный полет самолета на солнечной энергии	4
Последний снимок Гипериона	5	Новые проекты РКК “Энергия”	3
Приоритеты “Радиоастрона”	3	Первый испытательный полет “Ориона”	3
Равнина Жары	4	“Радиоастрон”: наблюдение внегалактического мазера	4
Рекордно далекая галактика	5	“Радиоастрон”: четыре года исследований	6
Сатурн в противостоянии	6	40-я основная экспедиция на МКС	1
Солнце в августе – сентябре 2014 г.	1	42-я основная экспедиция на МКС	2
Солнце в октябре – ноябре 2014 г.	2	43–45-я экспедиции на МКС	6
Солнце в декабре 2014 г. – январе 2015 г.	3	Телестудия “Роскосмоса”	2
Солнце в феврале – марте 2015 г.	4	<b>Науки о Земле</b>	
Солнце в апреле – мае 2015 г.	5	Стихийные бедствия	4
Солнце в июне – июле 2015 г.	6	Тайфун Неогури	2
Солнечный парусник	6	<b>Новые книги</b>	
Суперземля: колебания температуры	5	Астроном Бредихин (Фёдор Александрович Бредихин. Авторы-составители С.В. Касаткина, М.Е. Сачков)	2
“Спитцер”: землеподобная экзопланета	6	Биография Тихонравова (Б.Н. Кантемиров. “Михаил Клавдиевич Тихонравов (1900–1974)”	3
Структуры вокруг черной дыры в Галактике	3	Из истории космонавтики	5
Сценарий образования кометы Чурюмова – Герасименко	4	Кратко о Луне и ее исследовании (А.И. Первушин. Битва за Луну. Правда и ложь о лунной гонке)	1
Темная материя в скопления галактик?	5	Мечты о полете в космос (М.В. Бутириленко, Н.А. Лебедева, Е.А. Самарова. Космические полеты в русской литературе. Гагарин, 2014)	4
Темные кратеры и яркие пятна на Церере	4	Ода науке на примере космологии (Б.Е. Штерн. “Прорыв за край мира”)	2
Теплый слой в атмосфере Венеры	4		
Турбулентность межзвездной плазмы	4		
Туманность Медуза	5		
Уникальные снимки “Розетты”	3		
Экзопланеты, где возможна жизнь	1		
Юбилейные снимки туманности “Орел”	3		
<b>Космонавтика</b>			
АМС “Новые горизонты” приближается к Плутону	4		

Ф.СП-1	<p style="text-align: center;"><b>АБОНЕМЕНТ</b></p> <p style="text-align: center;">на <u>газету</u> <b>журнал</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;">(наименование издания)</p> <p style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <p><b>Куда</b> _____ (почтовый индекс) _____ (адрес)</p> <p><b>Кому</b> _____ (фамилия, инициалы)</p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																														
	<p style="text-align: center;"><b>ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> </td> <td style="width: 33%;"> </td> <td style="width: 33%;"> </td> <td style="width: 33%;">на <u>газету</u> <b>журнал</b></td> <td style="width: 33%; text-align: right;">(индекс издания)</td> </tr> <tr> <td>ПВ</td> <td>место</td> <td>литер</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;">(наименование издания)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Стоимость</td> <td style="width: 15%;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 15%;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="width: 15%;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="width: 15%;">Количество комплектов</td> <td style="width: 15%;"> </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <p><b>Куда</b> _____ (почтовый индекс) _____ (адрес)</p> <p><b>Кому</b> _____ (фамилия, инициалы)</p>				на <u>газету</u> <b>журнал</b>	(индекс издания)	ПВ	место	литер			Стоимость	подписки пере- адресовки	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
			на <u>газету</u> <b>журнал</b>	(индекс издания)																																					
ПВ	место	литер																																							
Стоимость	подписки пере- адресовки	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																														

*Дорогие читатели!*

*Напоминаем, что подписаться на журнал  
“Земля и Вселенная” вы можете с любого  
номера по Объединенному каталогу  
“Пресса России”  
(I полугодие 2016 г.) во всех отделениях связи.  
Подписаться можно и по Интернету,  
воспользовавшись каталогом журналов  
на сайте Почта России.  
Подписной индекс – 70336.*

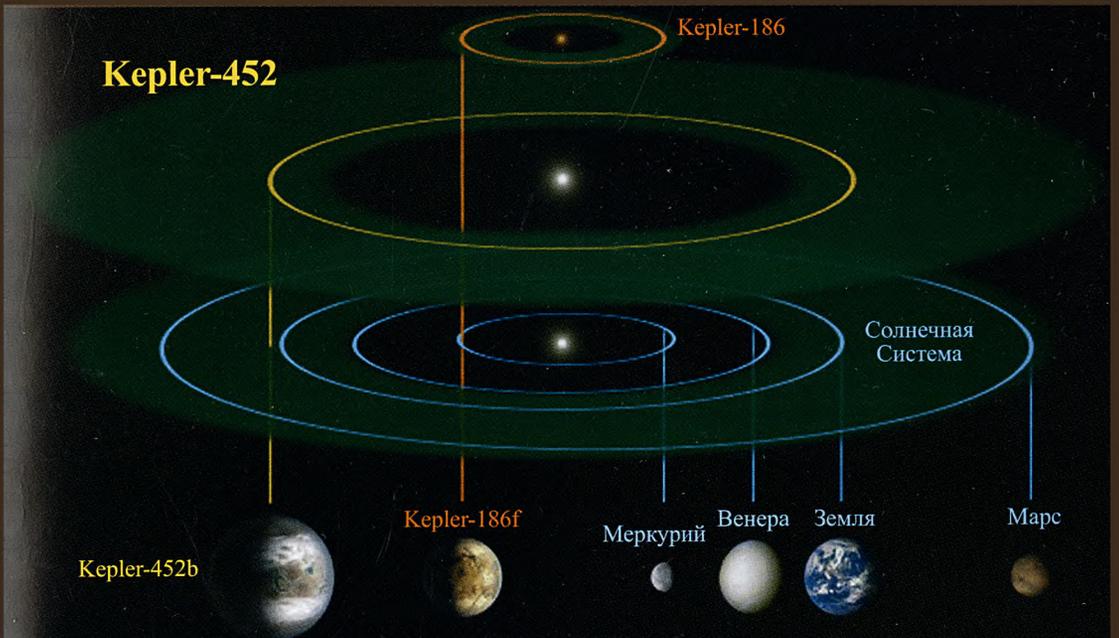
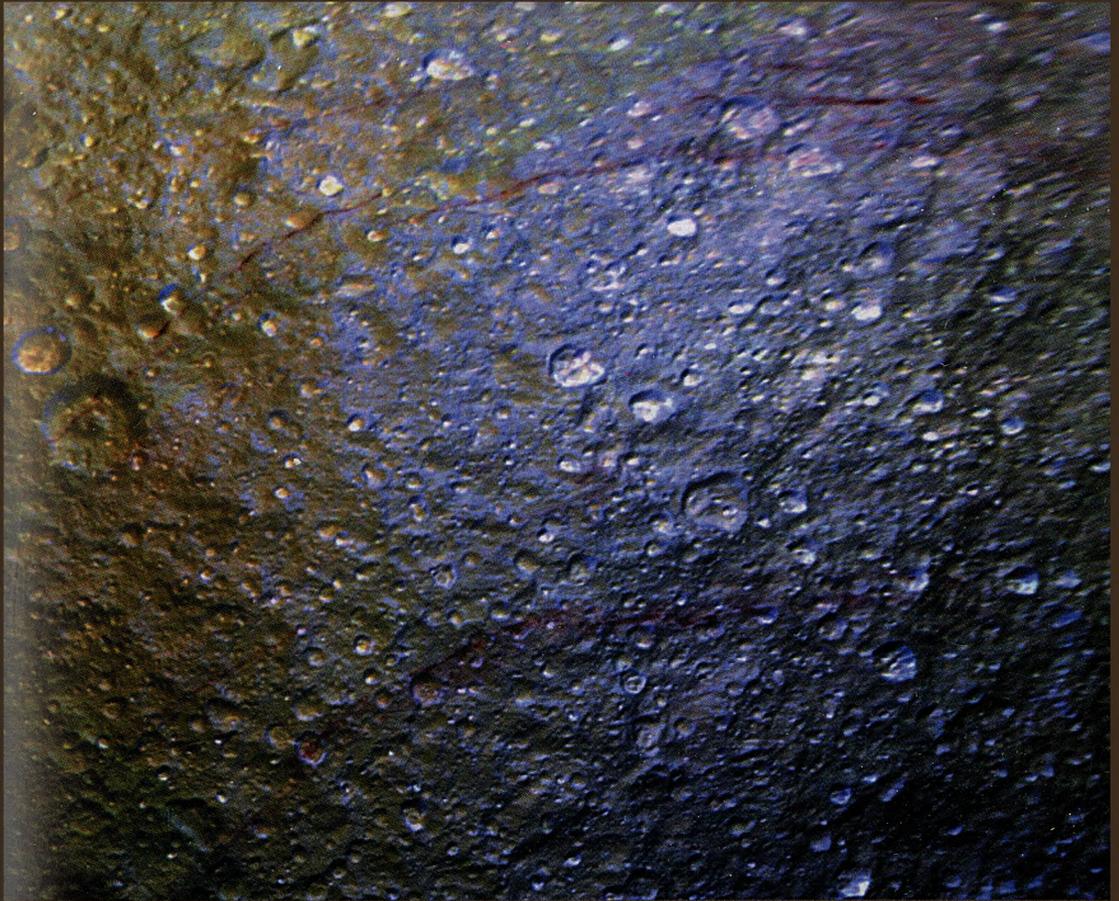
**Заведующая редакцией** Г.В. Матросова  
**Зав. отделом космонавтики и геофизики** С.А. Герасютин  
**Художественные редакторы** О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина  
**Литературный редактор** О.Н. Фролова  
**Оператор ПК** Н.Н. Токарева  
**Корректор** Г.В. Печникова  
**Обложку оформила** О.Н. Никитина

Сдано в набор 04.09.2015. Подписано в печать 23.10.2015. Дата выхода в свет 13.11.2015

Формат 70 × 100<sup>1/16</sup> Цифровая печать  
Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 3,3 тыс. Бум.л. 3,5  
Тираж 265 Зак. 634 Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум  
Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”  
117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Адрес редакции: 119049, Москва, Мароновский пер., 26  
Телефоны: (499) 238-42-32, 238-29-66  
E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен издательством «Наука» РАН  
Отпечатано в ППП «Типография «Наука»,  
121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"  
Индекс 70336