

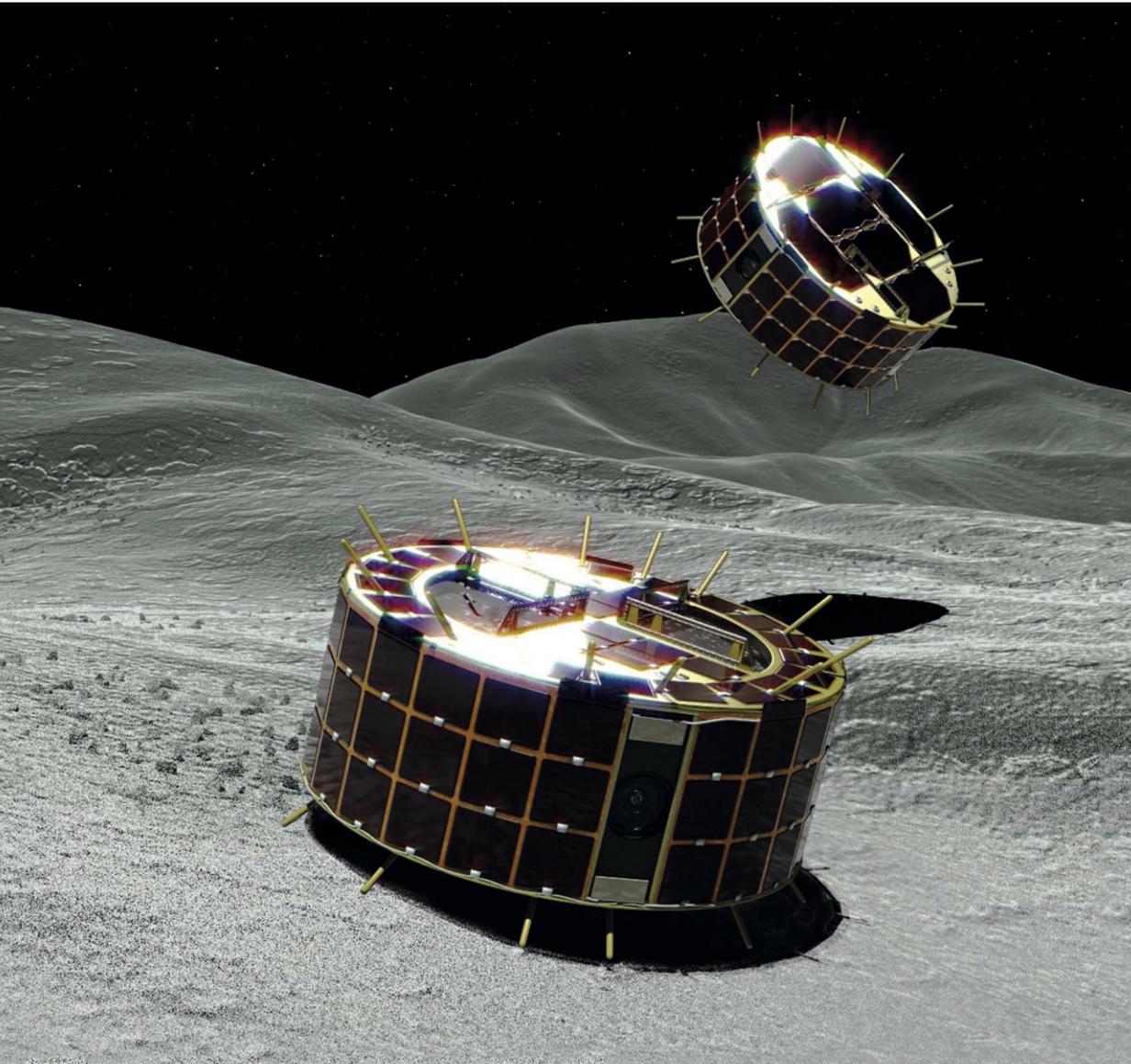
ISSN 0044-3948

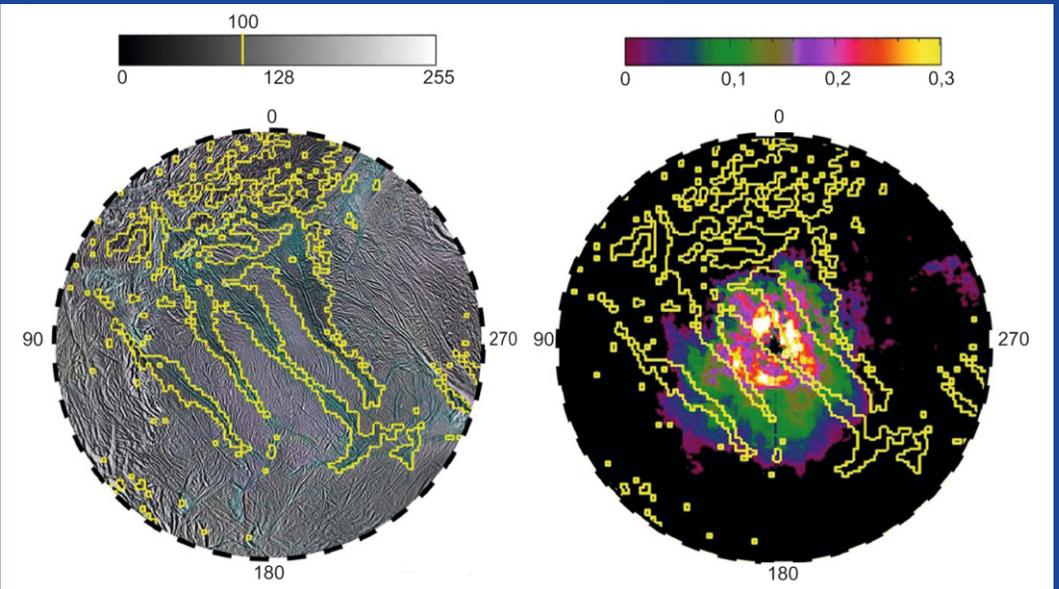
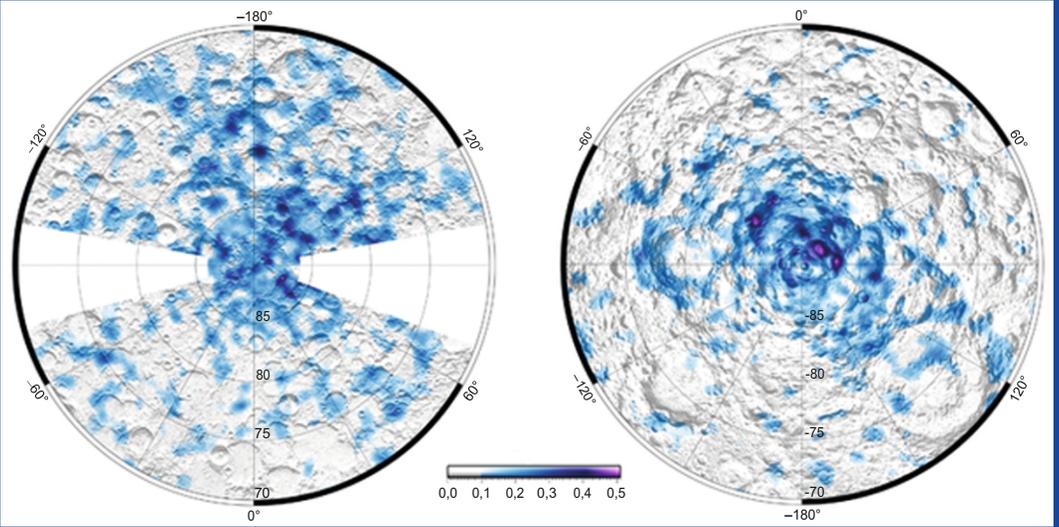
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

НОЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

6/2018





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

Земля и Вселенная

6/2018



Новости науки и другая информация:

Трехмерная карта магнитного поля Юпитера [12]; Галактика NGC 3981 [20]; Найден способ уборки космического мусора [26]; Новые книги: Профессия космонавт [37]; Новая карта льда на Луне [54]; Пылевая буря на Марсе [66]; Открытие новых спутников Юпитера [67]; “Хаябуса-2”: исследования астероида [68]; На Энцеладе найдена органика [71]; Первый снимок “Новорожденной” планеты [73]; Новые интересные объекты на Луне [92].

В номере:

- 3 ИВАНЧИК А.В., ЮРЧЕНКО В.Ю. Нейтринная астрофизика. Космологические нейтрино
13 КОНЕШОВ В.Н. Современные методы морской и аэро-гравиметрии, созданные с участием ИФЗ РАН

СЛУЖБА СОЛНЦА

- 21 ИШКОВ В.Н. Солнце в июне – июле 2018 г.

ЛЮДИ НАУКИ

- 24 Памяти члена-корреспондента РАН Виктора Кузьмича Абалакина
27 ГЕРАСЮТИН С.А. Сподвижник С.П. Королёва – Сергей Сергеевич Крюков

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 38 КУЗЬМИН А.В. Космос Фалеса
45 СУДАКОВ В.С., РАХМАНИН В.Ф. Творческая деятельность В.П. Глушко в области создания космических ракет
55 РОГОЖИН Е.А. Представление о строении очагов сильных землетрясений

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 75 ХАВРОШКИН О.Б., СТАРОВЕРОВ А.В. Космическая пушка для исследования Луны

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 85 РУБЛЁВА Ф.Б. XI Конференция «Школа лектора – 2018»

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 94 СОЛОМОНОВ Ю.В., ГЕРАСЮТИН С.А. “Призраки” во Вселенной
102 ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: январь – февраль 2019 г.

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 106 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Сейсмичность Земли в первом полугодии 2018 года



Zemlya i Vseennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, f. 1965, 6 a year; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

На стр. 1 обложки: Малые аппараты – посадочные модули-роботы: Rover-1А на поверхности астероида (162173) Рюгу; Rover-1В подпрыгнул, чтобы исследовать его соседнюю область. Их сбросили на этот астероид 21 сентября 2018 г. с АМС “Хаябуса-2” (Япония). Рисунок JAXA (к стр. 68).

На стр. 2 обложки: сверху – Карты концентрации водяного льда (в процентах, по массе грунта) в северном (слева) и южном (справа) околополярных регионах Луны, построенные по данным российского прибора ЛЕНД, установленного на американском ИСЛ “Лунный орбитальный разведчик”. Отдел ядерной планетологии ИКИ РАН (к стр. 54); внизу – Карта южной околополярной области Энцелада, южнее 60° широты. Снимок в видимом свете (слева); карта глубины поглощения в полосе углекислоты $\lambda = 4,24-4,27$ мкм (справа). Наибольшее количество углекислотного снега обнаружено между “тигровыми полосами” (по данным картирующего спектрометра видимого и ИК-диапазона VIMS АМС “Кассини”, NASA/JPL; к стр. 71).

На стр. 3 обложки: сверху – Карта индукции магнитного поля на глубине 0,85 радиуса Юпитера; справа видно Большое Синее Пятно (по данным АМС “Юнона”, NASA/JPL; к стр. 12); внизу – Фронт пыльной бури на Марсе. Центр изображения имеет координаты: 78° с.ш., 106° в.д. (разрешение – 16 м), север – справа. Снимок получен в апреле 2018 г. с помощью АМС “Марс Экспресс”. Фото ESA/NASA (к стр. 66).

На стр. 4 обложки: Спиральная галактика NGC 3981 (65 млн св. лет от нас, в Чаше). Это часть группы NGC 4038, к которой принадлежат взаимодействующие галактики Антенны в созвездии Ворона; в нее входит часть сверхскопления Девы, включающего примерно 30 тыс. галактик (в том числе Млечный Путь). Эффекты гравитационного линзирования проявляют себя в виде дуг. Снимок получен в мае 2018 г. с помощью телескопа VLT Европейской Южной обсерватории. Фото ESO (к стр. 20).

In this issue:

- 3 IVANCHIK A.V., YURCHENKO V.Yu. Neutrino Astrophysics. Cosmological Neutrinos
- 13 KONESHOV V.N. Modern Methods of Marine and Aerial Gravimetry developed in IPE RAS

SOLAR MONITORING SERVICE

- 21 ISHKOV V.N. The Sun in June – July 2018

PEOPLE OF SCIENCE

- 24 In Memory of Corresponding Member of RAS Victor Kuzmich Abalakin
- 27 GERASYUTIN S.A. S.P. Korolev’s Associate – Sergey Sergeevich Kryukov

HISTORY OF SCIENCE

- 38 KUZMIN A.V. Thales’ Cosmology
- 45 SUDAKOV V.S., RAKHMANIN V.F. Creative Activity of V.P. Glushko in the Field of Space Launch Vehicles
- 55 ROGOZHIN E.A. Conceptions about the Structure of Foci of Strong Earthquakes

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 75 KHAVROSHKIN O.B., STAROVEROV A.V. Space Cannon for the Moon Studies

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 85 RUBLYOVA F.B. XI Conference “School of Lecturer – 2018”

AMATEUR ASTRONOMY

- 94 SOLOMONOV Yu.V., GERASYUTIN S.A. “Ghosts” in the Universe
- 102 SHCHIV’YOV V.I. Celestial Calendar: January-February 2019

CHRONICLES OF THE EARTH’S SEISMICITY

- 106 STAROVOYT O.E., CHEPKUNAS L.S., KOLOMIETS M.V. Seismicity of the Earth in the First Half of 2018

Редакционная коллегия

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

Нейтринная астрофизика. Космологические нейтрино

А.В. ИВАНЧИК,
член-корреспондент РАН

В.Ю. ЮРЧЕНКО,
аспирант
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН



Начиная с 1930-х годов нейтринная физика пере-

жила стремительное развитие, а процесс регистрации нейтрино, казавшийся неосуществимой задачей, стал мощным инструментом для изучения не только фундаментальных законов природы, но и Вселенной в целом. Все это позволяет говорить о возникновении нейтринной астрономии. В предлагаемой статье представлен обзор ключевых достижений нейтринной астрономии, а также



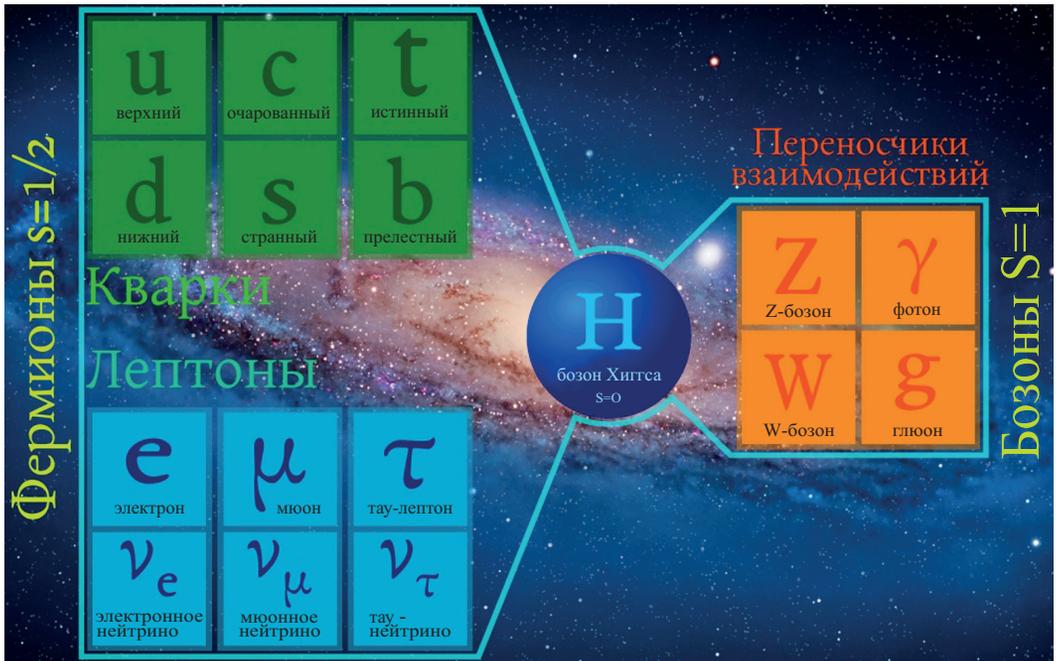
возможные перспективы ее развития.

ЗАГАДОЧНОЕ НЕЙТРИНО

В 2013 г. физикам-теоретикам Франсуа Энглеру (Бельгия) и Питеру Хиггсу

(Англия) была присуждена Нобелевская премия по физике за теоретическое предсказание механизма возникновения массы у ряда элементарных час-

тиц. Оно было блестяще подтверждено годом ранее в результате обнаружения бозона Хиггса на Большом Адронном Коллайдере (Земля и Вселенная,



Стандартная модель физики элементарных частиц – кварк-лептонная структура материи, образованная тремя поколениями фермионов. Каждое поколение включает в себя два кварка и два лептона (заряженный и нейтральный), взаимодействие между которыми осуществляется посредством бозонов.

2013, № 2; 2015, № 6). Это открытие стало последним фундаментальным “кирпичиком” в стройном “здании” теории, называемой “стандартная модель” физики элементарных частиц. Именно на этой концепции базируются современные представления о фундаментальном строении материи.

В соответствии с этими представлениями материя имеет кварк-лептонную структуру: из кварков образуются протоны и нейтроны, из которых, в свою очередь, состоят ядра; из ядер и электронов форми-

руются атомы, а перенос взаимодействия между этими частицами осуществляют бозоны. О каждой из частиц стандартной модели можно представить отдельный захватывающий рассказ, но, пожалуй, самой удивительной и загадочной частицей в этой картине является нейтрино.

Во-первых, нейтрино обладает довольно уникальными свойствами:

- оно является второй по распространенности (после фотона) частицей во Вселенной;

- это самая легкая из частиц с ненулевой массой по-

кой; и, хотя масса нейтрино до сих пор не измерена, точно известно, что она есть и не превышает 1 эВ (то есть нейтрино более чем в 500 тыс. раз легче электрона);

- оно явным образом нарушает симметрию правого и левого (фундаментальные взаимодействия в природе симметричны относительно зеркального отражения, то есть замены “левого” на “правое”, и лишь слабые взаимодействия с участием нейтрино изменяют эту симметрию);
- имеет одно из самых малых сечений вза-

имодействия с веществом ($\sigma \sim 10^{-44} \text{ см}^{-3}$), приводящее к его огромной проникающей способности, настолько большой, что это когда-нибудь позволит определить, как в первые секунды рождалась Вселенная;

– на радиационно-доминированной стадии эволюции Вселенной, начавшейся в первые доли секунды после Большого взрыва и длившейся около 50 тыс. лет, нейтрино наряду с фотонами вносило ключевой вклад в величину скорости расширения Вселенной, что в процессах первичного нуклеосинтеза определило относительное содержание гелия-4 (${}^4\text{He}$) – второго по распространенности химического элемента во Вселенной (Земля и Вселенная, 1967, № 1; 1972, 1985, № 1, № 3; 2014, № 1; 2016, № 6).

Во-вторых, главная особенность нейтрино заключается в феномене его осцилляций – превращении нейтрино “одного сорта” в нейтрино “другого сорта”. Нейтрино (как и все фермионы) представлено тремя поколениями: различают электронное, мюонное и τ -нейтрино. Электронное нейтрино, появившись в результате протекания процессов слабого взаимодействия и двигаясь в пустоте, превращается в мюонное, или τ -нейтрино, а затем снова преобразуется в электронное, и так далее: то есть происхо-

Швейцарский физик-теоретик Вольфганг Паули, выдвинувший гипотезу о существовании новой частицы – нейтрино.

дит процесс осцилляции нейтрино. Уникальность феномена осцилляций нейтрино связана с двумя обстоятельствами:

– они возможны только в том случае, если нейтрино массивны (!);

– осцилляции невозможно объяснить в рамках стандартной модели, поэтому экспериментально подтвержденный в начале 2000-х гг. феномен осцилляций нейтрино (Нобелевская премия за 2015 год, Такааки Кадзита и Артур Макдональд) является прямым указанием на неполноту стандартной модели и необходимость ее расширения.

ИСТОРИЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ И ОТКРЫТИЯ НЕЙТРИНО

В 1913 г. сэр Джеймс Чедвик, английский физик, открывший нейтрон, обнаружил, что при β -распаде радиоактивного препарата энергетический спектр образующихся β -частиц представляет собой не набор дискретных линий (как того требовали представления развивавшейся в то время квантовой механики), а непрерывный спектр. Это выглядело довольно странно – так, как будто



нарушаются ключевые законы физики: закон сохранения энергии, импульса и момента импульса. Появилось множество попыток объяснения этого явления. Однако их всеобщая несостоятельность привела к тому, что даже такой непререкаемый авторитет, как Нильс Бор (Земля и Вселенная, 1986, № 3), предложил в 1930 г. гипотезу о несохранении энергии в реакциях слабого взаимодействия. В итоге к началу 1930-х годов β -распад оставался загадочным явлением, не поддававшимся объяснению.

Решение этой загадки было предложено швейцарским физиком-теоретиком Вольфгангом Паули. На тот момент оно было не менее экзотичным, чем вариант с не сохранением энергии; к тому же и сформулировано оно было в несколько экстравагантной форме. 4 декабря 1930 г. В. Паули

послал письмо специалистам по радиоактивности, собравшимся в немецком Тюбингене, начинавшееся словами: «Дорогие радиоактивные дамы и господа ...». В нем В. Паули предложил спасти законы сохранения, введя новую частицу, которая должна была быть электрически нейтральна, существенно легче электрона и обладать высокой проникающей способностью. Эта частица, по его идее, должна была вылетать при β -распаде из ядра одновременно с электроном, что делало бы их спектры непрерывными (в соответствии с наблюдениями). Экзотичность этого предложения (кстати, осознаваемая и самим ученым) заключалась в том, что к тому времени физикам были известны всего три элементарные частицы – фотон, электрон и протон – и введение четвертой с довольно умозрительными свойствами выглядело не



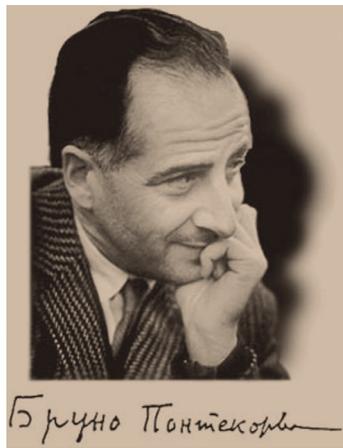
Нобелевский лауреат 1938 года Энрико Ферми – автор первой количественной теории бета-распада, одним из продуктов которого является нейтрино.

В. Паули признался, что совершил ужасную вещь: предсказал существование частицы, которую никогда не удастся обнаружить! Однако никогда не говори “никогда”...

менее революционно, чем гипотеза Нильса Бора о нарушении закона сохранения энергии.

Несколькими годами позже, в 1933–1934 гг., выдающийся итальянский физик Энрико Ферми (Земля и Вселенная, 2015, № 3) предложил теоретическое описание β -распада, основанное на гипотезе В. Паули о существовании нейтрино. Рассчитанная на основе этой теории проникающая способность нейтрино оказалась поистине грандиозной: для того чтобы с вероятностью, близкой к единице, поглотить солнечное нейтрино, необходимо использовать свинцовую плиту толщиной порядка 1000 световых лет! Узнав об этом,

Первым, кто предложил способ регистрации нейтрино, был физик Бруно Понтекорво. В 1946 г., работая в Канаде над созданием исследовательского реактора, он предложил метод детектирования электронного нейтрино с помощью реакции превращения ядер хлора в ядра аргона: $\nu_e + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow {}^{37}\text{Ar} + e^-$. Однако оставалось непонятным, как при чудовищно малых сечениях взаимодействия нейтрино с веществом ($\sigma \sim 10^{-44} \text{ см}^2$) все же его зарегистрировать? Очевидно: если регистрация одного нейтрино – событие катастрофически маловероятное, то в случае, когда есть источник, генерирующий огромный поток этих частиц, вероятность регистрации нейтрино возрастает до потенциально наблюдаемых значений. Одним из таких источников являются действующие ядерные реакторы, создающие вблизи себя локально большие потоки



Бруно Понтекорво – советский физик итальянского происхождения, автор большого количества плодотворных идей в нейтринной физике XX века.

нейтрино, что и позволило в начале 1950 гг. американским физикам Фредерику Райнесу и Клайду Коуэну зарегистрировать их в эксперименте, выполненном на базе ядерного реактора, располагавшегося в шахте Саванна Ривер в штате Южная Каролина (в 1995 г. Ф. Райнес был удостоен Нобелевской премии за это открытие). На самом деле в реакторах образуются антинейтрино, и именно их зарегистрировали Ф. Райнес и К. Коуэн. В научной литературе для нейтрино и антинейтрино (для краткости, когда это не приводит к недоразумениям) используют общий термин – нейтрино.

Исторически первыми были зарегистрированы нейтрино от ядерных реакторов, за ними последовали (в хронологическом порядке) открытия солнечных нейтрино, атмосферных, а также нейтрино сверхвысоких энергий. Самыми большими пото-

Энергетический спектр нейтрино, создаваемого различными источниками. Нейтрино рождается в процессах: реакциях термоядерного синтеза внутри Солнца, при взрывах сверхновых и взаимодействии космических лучей с ядрами атомов в атмосфере, за счет распада радиоактивных элементов в недрах Земли, в первые мгновения рождения Вселенной.

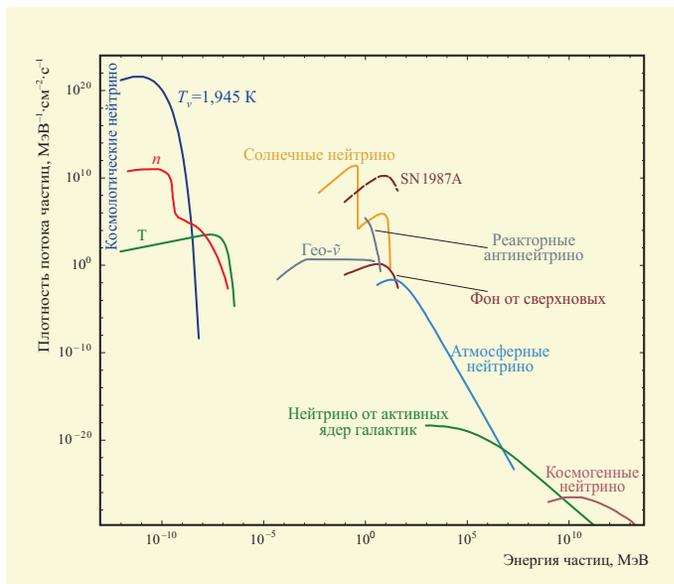
ками обладают космологические нейтрино (возникшие в начальной стадии расширения Вселенной), однако в современную эпоху они находятся в столь низкоэнергетической части спектра, поэтому пока невозможна их регистрация с помощью существующих в настоящий момент приборов.

Остановимся чуть более подробно на источниках возникновения нейтрино различной природы.

СОЛНЕЧНЫЕ НЕЙТРИНО

Солнце является еще одним мощным локальным источником рождения нейтрино. Термоядерные реакции, протекающие в недрах нашей звезды, не только обеспечивают энерговыделение, поддер-

живающее как жизнь самой звезды, так и жизнь на Земле, но и порождают огромные потоки нейтрино: каждую секунду через один квадратный сантиметр поверхности на Земле проходят более 60 млрд солнечных нейтрино. Только благодаря чрезвычайно малому сечению взаимодействия нейтрино с веществом этот процесс происходит совершенно незаметно и без каких-либо последствий для нас – человек и планета Земля прозрачны для нейтрино. Тем не менее предложенный Б. Понтекорво хлор-аргоновый метод регистрации нейтрино, реализованный в эксперименте американским ученым Реймондом Дэвисом, все же позволил зарегистрировать небольшое число солнечных





Резервуар с 380-ю тысячами литров жидкой мишени (перхлорэтилен C_2Cl_4) для детектирования солнечных нейтрино в ходе хлор-аргонового эксперимента, проведенного Р. Дэвисом в шахте Хоумстейк (США). Рисунок воспроизводится с разрешения Brookhaven National Laboratory.

нейтрино: за 25 лет удалось зарегистрировать около 2200 нейтрино (то есть в среднем около 90 нейтрино в год, или одно нейтрино за пять суток). При этом самой удивительной оказалась величина регистрируемого потока нейтрино от Солнца: она была в три раза меньше предсказываемой в теоретических моделях строения Солнца. Объяснение этому было предложено все тем же Б. Понтекорво. Это объяснение в современном изложении звучит следующим образом: в недрах Солнца

рождаются электронные нейтрино, и в процессе движения от Солнца до Земли они осциллируют, переходя в мюонные и τ -нейтрино; а так как в эксперименте Р. Дэвиса регистрировали только электронные нейтрино, то и поток их на Земле оказывался в три раза меньше, чем при рождении в центре Солнца.

Результаты Р. Дэвиса были подтверждены еще одним независимым экспериментом – в нейтринном детекторе “Камиоканде” (1986 г.), который к тому же в поисках нейтрино вы-

шел еще и за пределы Солнечной системы (об этом более подробно в следующем разделе). За открытие космических нейтрино (и, по сути, за создание нейтринной астрономии) были удостоены Нобелевской премии за 2002 год Р. Дэвис и независимо – руководитель проекта “Камиоканде” Масатоши Кошиба (Япония).

Сегодня нейтринная астрономия является еще одной областью исследования астрофизических явлений. Так, например, регистрируя нейтрино от Солнца, ученые осознают, что реакции термоядерного синтеза протекают на Солнце в данный момент: нейтрино, для которого Солнце прозрачно для проникновения, двигаясь практически со скоростью света, достигает Земли за 8 минут. При этом энергия электромагнитного излучения, сейчас рождающегося в недрах Солнца, будет диффундировать к его поверхности и вылетит из него в виде оптического излучения только через десятки-сотни тысяч лет.

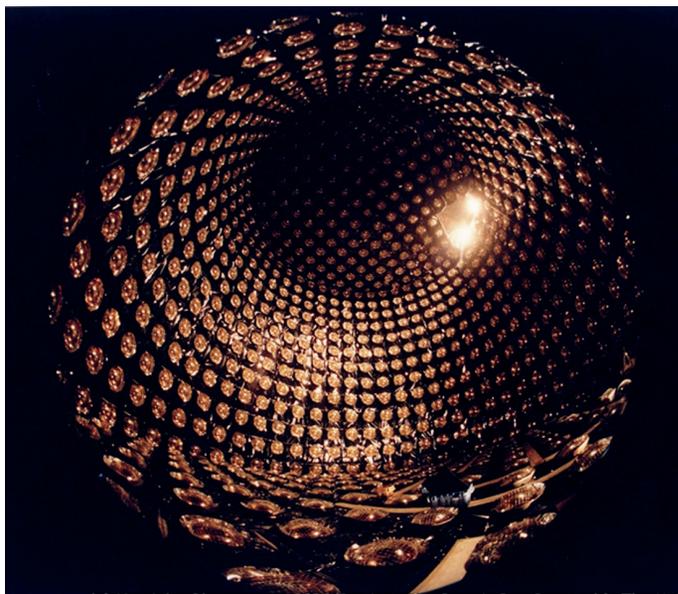
НЕЙТРИНО ОТ СВЕРХНОВЫХ

Сверхновые – одно из ярчайших и грандиозных явлений, происходящих во Вселенной (Земля и Вселенная, 1968, № 5; 1981, №№ 4, 5; 1982, № 3; 2008, № 1). Энергия, которая запасена в маломассивной звезде, подобной нашему Солнцу, медленно расходуется на протяжении нескольких миллиардов лет. В более массивной звезде в конце ее быстрой эволюции она высвобождается в виде взрыва, длительность которого на разных его стадиях составляет от нескольких часов до дней и месяцев, что в масштабе миллиардов лет, конечно, представляется мгновением. На пике своей яркости светимость сверхновой может превосходить светимость всех звезд родительской галактики; при этом начальная стадия взрыва сопровождается мощным всплеском нейтринного излучения, намного превосходящим звездные потоки нейтрино, формирующиеся во время их стационарно-

го горения. Относительная редкость таких взрывов и их существенная удаленность от Земли приводит к формированию нейтринного фона сверхновых, находящегося на пределе чувствительности современных нейтринных телескопов (Земля и Вселенная, 1967, № 4; 2011, № 1). Однако 23 февраля 1987 г. произошло событие, вписавшее в историю нейтринной астрофизики свою уникальную страницу. В Большом Магеллановом Облаке (карликовая галактика-спутник Млечного Пути), на расстоянии около 50 кпк от Земли (что сравнительно недалеко для такого рода события), вспыхнула сверхновая, получившая название SN 1987A (Земля и Вселенная, 1987, № 3; 1989, № 2). Сама вспышка

произошла около 160 тыс. лет назад, но только 23 февраля 1987 г. свет от нее достиг Земли и практически вместе с ним, опередив его на три часа (в соответствии с модельными представлениями о взрывах сверхновой), Землю “прошил” и нейтринный импульс, который зарегистрировали нейтринные обсерватории. С помощью детектора “Камиоканде” были зарегистрированы 12 из 10^{16} нейтрино, прошедших сквозь него, и смогли определить направление на небе, совпавшее с областью, где расположено Большое Магелланово Облако. Таким образом, результаты исследований, проводимых в области нейтринной астрономии, позволили обнаруживать нейтрино за пределами Солнечной сис-

Фотоэлектронные умножители на внутренней поверхности резервуара нейтринного детектора “Камиоканде”. Масса воды, заполняющей детектор, составляет 3 тыс. тонн. Рисунок воспроизводится с разрешения Kamioka Observatory, ICRR, Токийский университет.



темы. На этом развитие нейтринной астрономии не остановилось, и сейчас ученые полагают, что в наблюдениях нейтрино мы вышли за пределы нашей Галактики.

НЕЙТРИНО СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

К 2010 г. в Антарктиде была построена новая нейтринная обсерватория “IceCube” (Ледяной куб; США). В толще антарктического льда, на глубине от 1,5 до 2,5 км, размещены на прочных нитях фотоумножители, регистрирующие черенковское излучение мюонов высоких энергий, рожденных в результате взаимодействия мюонных нейтрино с электронами и ядрами антарктического льда. Одной из особенностей этой обсерватории является возможность регистрации нейтрино сверхвысоких энергий. Так, в

2013 г. были зарегистрированы три нейтрино, энергия которых превышала величину 10^{15} эВ, т.е. частица, которая как минимум в 500 тыс. раз легче электрона, несет в себе энергию, соответствующую миллиону масс протона. Особенностью диапазона энергий для нейтрино, превышающих эту величину, является то, что потоки атмосферных нейтрино в этом диапазоне становятся очень малыми. Это свидетельствует о том, что с большой долей вероятности нейтрино с такими энергиями были порождены внегалактическими источниками (например активными ядрами галактик).

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ НЕЙТРИНО

Самыми распространенными и наиболее трудноуловимыми являются космологические, релик-

товые нейтрино. Родившись в первые мгновения после Большого взрыва, реликтовые нейтрино вместе с реликтовыми фотонами определяют скорость расширения Вселенной в первые 50 тыс. лет ее эволюции. Их число сопоставимо с числом реликтовых фотонов и огромно по сравнению с числом барионов: в среднем по Вселенной на один барион приходится около миллиарда фотонов и почти столько же нейтрино. Более того, если бы электрон-позитронная аннигиляция в первые секунды после Большого взрыва не подогрела бы фотоны и не увеличила их количество, то нейтрино было бы самой распространенной частицей во Вселенной. Спектр реликтовых нейтрино описывается равновесной функцией Ферми-Дирака и зависит лишь от одного параметра – от термодинамической температуры (Т). В ходе эволюции Вселенной из-за ее расширения температура, определяющая концентрацию и энергию нейтрино, уменьшается,



Наземное сооружение, использовавшееся в ходе эксперимента, проводившегося на нейтринной обсерватории “IceCube” (США). Рисунок воспроизводится с разрешения IceCube/NSF.

Погружение троса с закрепленными на нем оптическими детекторами в скважину, пробуренную в толще льда в Антарктиде. Эксперимент "IceCube" (США). Рисунок воспроизводится с разрешения Mark Krasberg, IceCube/NSF.

в соответствии с космологическим законом $T(z) = T_0(1+z)$, где $T_0 = 1,945$ К, где K – современное значение температуры реликтовых нейтрино, а z – показатель космологического красного смещения. С момента первичного нуклеосинтеза в результате космологического расширения Вселенной температура и энергия нейтрино уменьшились в миллиард раз, и в настоящий момент реликтовые нейтрино можно отнести к низкоэнергетической области спектра величиной $\epsilon_\nu < 10^{-2}$ эВ. Эти факторы делают их практически ненаблюдаемыми, поскольку сечение взаимодействия нейтрино с веществом существенно снижается с уменьшением их энергии. Тем не менее проекты регистрации реликтовых нейтрино существуют и развиваются, поскольку подтверждение факта их существования является фундаментальным как для космологии, так и для физики в целом.

Еще одним процессом, протекающим в первые минуты после рождения Вселенной, в котором нейтрино играют определяющую



роль, является первичный нуклеосинтез – процесс, в ходе которого из протонов и нейтронов образуются первые ядра легких элементов – таких как дейтерий, гелий, литий, бериллий и бор. Нейтрино не только определяют скорость расширения Вселенной в этот момент (а следовательно, и время нарушения баланса между прямыми и обратными ядерными реакциями), но также участвуют и в слабых реакциях, определяющих величину нейтрон-протонного отношения к моменту начала пер-

вичного нуклеосинтеза, которое, в свою очередь, определяет относительное содержание гелия-4 во Вселенной по его окончании.

Помимо стабильных легких элементов, рождающихся в процессах первичного нуклеосинтеза, на момент его окончания есть небольшое количество нестабильных нейтронов и ядер трития, распады которых приводят к формированию спектра нетепловых антинейтрино, в дополнение к термодинамически равновесному реликтовому спектру нейтрино и антинейтрино. И

если факт регистрации равновесных реликтовых нейтрино подтвердит правильность стандартной космологической модели и что во Вселенной действительно ре-

ализовывались температуры, превышающие миллионы электрон-вольт, то результаты регистрации спектра нетепловых нейтрино откроют возможность проследить

эволюцию Вселенной в первые минуты и часы.

Обзор выполнен в рамках проекта Российского научного фонда (грант № 18-12-00301).

Информация

Трехмерная карта магнитного поля Юпитера

По данным АМС “Юнона” (“Juno”; Земля и Вселенная, 2011, № 6, с. 31), планетологи составили трехмерную карту магнитного поля Юпитера (см. 3-ю стр. обложки, вверху). Оно оказалось совсем не похоже на земное – дипольная часть магнитного поля была зафиксирована только в Южном полушарии планеты.

Группа ученых под руководством К. Мур (Гарвардский университет) использовала данные, полученные с помощью магнетометра, собранные за восемь оборотов станции вокруг Юпитера; была составлена модель магнитного поля планеты – самого мощного среди планет Солнечной системы, на разных глубинах от поверхности планеты-гиганта – до вероятной границы перехода водорода в металлическое состояние

($0,85 R_{\text{Ю}}$). Оказалось, что магнитное поле Юпитера отличается от всех известных нам магнитных полей планет: здесь большая часть магнитного потока покидает область динамо в Северном полушарии в виде узкой полосы и частично возвращается в изолированный участок около экватора – область Большого Синего Пятна; в других областях поле значительно слабее.

Кроме того, выяснено, что в Южном полушарии планеты магнитное поле – дипольное, а в Северном сосредоточена его недипольная часть; это чрезвычайно отличает Юпитер от Земли, где недипольная часть поля равномерно распределена между двумя полушариями. По мнению астрономов, причина такого различия – в проявлении механизма динамо не в однородном слое (как на Земле), а в нескольких слоях – с разными свойствами. Результаты недавних данных, полученных с помощью АМС “Юнона”, позволяют утверждать, что у газового гиганта может быть частично (или полностью) растворенное в водороде ядро, состоящее из скальной породы и

льда. Оно может доходить до половины радиуса планеты; в нем может быть два слоя: верхний (состоящий, в основном, из чистого водорода) и нижний (наполненный растворенными в нем породами и льдом); они могут быть неустойчивы (особенно верхний слой), учитывая наличие глубинных тепловых потоков. Присутствие отчетливо выраженных слоев металлического водорода может служить объяснением наличия необычного магнитного поля Юпитера.

Напомним, что АМС “Юнона” достигла Юпитера в июле 2016 г.

Главная задача миссии – исследование атмосферы, магнитного поля и магнитосферы планеты-гиганта, анализ его внутренней структуры, а также составление карты направления ветров. В июне 2018 г. принято решение о продлении исследований Юпитера с помощью АМС “Юнона” до 2021 г.

*Журнал “Nature”,
2018. Т. 561. Р. 76–78.*

Современные методы морской и аэрогравиметрии, созданные с участием ИФЗ РАН

В.Н. КОНЕШОВ,
доктор технических наук
заместитель директора Института физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН

Гравиметрия (от латинского *gravis* – “тяжелый” и греческого *μετρέω* – “измеряю”, гравитационное зондирование) – отдельная наука, изучаемая на геофизических специальностях в университетах. Она включает набор геофизических методов, заключающихся в измерении ускорений силы тяжести



на Земле и вычислении аномалий гравитационного поля планеты. Знание гравитационного поля Земли позволяет решать ряд задач фундаментальной науки и практической геолого-геофизической разведки, задачи обороны государства и освоения космоса.

Главная задача гравиметрии (например в геодезии) состоит в использовании теории и методов определения внешнего поля потенциала и силы тяжести Земли (g) по измерениям, которые проводятся на по-

верхности планеты или на небольших расстояниях от этой поверхности. Гравиметрия в геодезическом контексте включает в себя теорию нивелирных высот и обработку астрономо-геодезических сетей. Одно из

основных геодезических приложений гравиметрии – построение моделей геоида. Реальная фигура Земли не является шаром или эллипсоидом вращения. Под действием гравитационного поля Земли и сил инерции,

обусловленных ее вращением, планета имеет форму, названную геоидом. Точное знание геоида необходимо, в частности, в навигации.

Единицей измерения в гравиметрии является гал (международное обозначение: Gal), равный 1 см/с^2 ; названа в честь итальянского ученого Галилео Галилея. При создании единой мировой опорной гравиметрической сети (International Gravity Standardization Net, IGSN) в 1971 г. (стандарт IGSN 71) было принято абсолютное значение ускорения силы тяжести Земли, не “привязанное” к координате. Оно составляет 978 031,8 миллигала (мГал).

С помощью гравиметрических методов (используя геодезические спутники) определяют высоту геоида, а также аномалии силы тяжести с последующим построением карты (в масштабе 1:1 000 000) сечения изоаномал (линий на карте, соединяющих равные значения аномалий силы тяжести) 5–10 мГал. Применяя этот метод, геофизики изучают соответствующие параметры Земли как планеты. Для решения конкретных задач по необходимости выполняются наземные, высокоточные морские и аэрогравиметрические измерения.

МОРСКАЯ ГРАВИМЕТРИЯ

Современные морские гравиметрические измерения выполняются с погреш-

ностью менее 0,1 мГал. Точность измерений ограничивается, прежде всего, наличием различных по частоте и диапазону инерционных помех, обусловленных движением и наклонами объекта (автомобиля, корабля или самолета), с которого проводятся измерения. Для повышения точности морских гравиметрических измерений с помощью прибора гравиметра (кроме совершенствования аппаратных средств, то есть самого гравиметра) необходимо учитывать целый ряд факторов.

В соответствии с принципом эквивалентности гравитационной и инертной масс морской гравиметр “реагирует” на сумму силы тяжести и инерциальных ускорений (шумов) в направлении измерительной оси (центр Земли). Входящая в состав морского гравиметра гиостабилизированная платформа “удерживает” его измерительную ось в направлении по вертикали при наклонах судна. Гравитационный сигнал Δg , обусловленный притяжением Земли, находится на нижней полосе частот. Инерционные ускорения качки (шумы), которые могут превышать полезный сигнал на семь порядков, находятся в верхнем частотном диапазоне и “отделяются” частотным фильтром. Шумы также “отсекаются” при камеральной обработке (в частности, по выходным сигналам акселерометров).

Помимо инерционных помех в сигнале гравиметра на выходе содержатся ускорения, обусловленные силой Кориолиса, и аппаратные шумы. Они возникают вследствие конструктивных особенностей прибора и несовершенства изготовления его составных частей. Аппаратные шумы присутствуют также в широком частотном диапазоне; некоторые из них “перекрывают” частоты полезного сигнала. От них также приходится избавляться (“очищать” их) с помощью частотных фильтров в процессе камеральной обработки полученных “в полевых условиях” измерений.

Сотрудники ИФЗ РАН внесли значимый вклад в теорию построения и в практику разработки отечественной морской гравиметрической аппаратуры и методики ее использования. Много времени и сил было затрачено при создании ее чувствительного элемента гравиметра – двойной упругой системы крутильного типа, ее автор – доктор технических наук Л.К. Железняк. В настоящее время в морском гравиметрическом комплексе “Шельф”, выпускаемом серийно акционерным обществом «Концерн ЦНИИ “Электроприбор”», используются указанные упругие системы. Они содержат оригинальный чувствительный элемент в виде двойной кварцевой упругой системы



Общий вид современного морского гравиметра “Шельф” (справа), установленного на борту научно-исследовательского судна “Согар”.

(первоначально предложенной Институтом физики Земли РАН) и высокоточную оптоэлектронную систему списывания выходного сигнала кварцевой упругой системы. Обеспечена полная автоматизация работы комплекса. Обработка полученной информации производится на борту судна.

Гравиметрический комплекс успешно конкурирует на международном рынке с гравиметром серии S фирмы “La Coste”, выпускаемым в США. “Шельф” позволяет выполнять гравиметрические измерения во всех широтах планеты, без ограничений по диапазону, времени и погодным условиям.

Специалисты ИФЗ РАН на протяжении пятидесяти лет постоянно совершенствовали конструкцию упругой кварцевой системы гра-

виметра и технологию ее изготовления с целью повышения надежности, технических и эксплуатационных характеристик; а специалисты АО «Концерн ЦНИИ “Электроприбор”» усовершенствовали преобразователи сигнала упругой кварцевой системы, термо- и гиростабилизацию гравиметра, использование вычислительных устройств, улучшали программное обеспечение.

В реальном времени отсчеты упругой системы гравиметра в пикселях пересчитываются в показания гравиметра (мГал). После цифровой “фильтрации” в приборном компьютере показания записываются в файл и воспроизводятся на экране для визуального контроля; в то же время регистрируются отсчеты (в пикселях) по каждой из

кварцевых систем; время, горизонтальные ускорения по осям стабилизации и иная дополнительная информация. Двойная упругая кварцевая система гравиметра содержит рычаг с грузом, являющимся пробной массой. Он удерживается в горизонтальном положении с помощью предварительно закрепленных нитей, задающих ось его вращения и одну степень свободы, и зеркалом для оптического считывания сигнала. При изменении силы тяжести горизонтально расположенный в исходном положении рычаг поворачивается на угол $\Delta\varphi$, что является мерой изменения суммы силы тяжести и инерционных ускорений. Использование двух идентичных встречно расположенных крутильных систем исключает



“Сердце” морского гравиметра создано в виде упругой системы из кварцевого стекла. Показано пять поколений упругой системы, разработанной с 1975 по 2018 гг. в ИФЗ РАН. Внизу рисунка представлена кварцевая система, вынутая из корпуса.

возникновение орбитального эффекта, обусловленного килевой качкой судна. Двойная упругая кварцевая система гравиметра помещена в специальную жидкость; такая конструкция позволяет “фильтровать” вертикальные инерционные ускорения и необходима для температурной компенсации и изоляции внешнего давления. Помещенная в термостат упругая система вместе с оптико-электронным преобразователем оптического сигнала в цифровой (то есть в пиксельный) образуют отдельный прибор – чувствительный элемент гравиметра (гравиметрический датчик). Синхронно с работой гравиметра, по мере поступления, регистрируются координаты геофизического судна с частотой 1 Гц и глубины моря.

Одновременно с разработкой аппаратуры гравиметрического комплекса совершенствовались технологии выполнения с его помощью морских работ,

методики обработки полученных при измерениях данных и метрологическое обеспечение.

Для камеральной обработки (преобразования массива полученных цифровых данных в графики и карты) разработан пакет программ, имеющий государственную регистрацию. В него входят программы оценки точности измерений аномалий гравитационного поля на пересечениях съемочных профилей (длина прохода судна в одном направлении), формирования отчетных файлов по результатам измерений в рейсе и другие. Используя полученные первичные данные, вычисляют показания гравиметра, получают и вводят поправки, вызванные действием горизонтальных ускорений, а также иные поправки, способные (если их не учитывать) существенно исказить “полезный” сигнал. Возникающие от качки ускорения эффективно устраняются с помощью

многозвенного фильтра с одновременным восстановлением полезного выходного сигнала гравиметра. При площадных съемках аномалий гравитационного поля оценивают погрешность измерений по невязкам (несовпадениям с имеющимися результатами ранее выполненных опорных измерений) в пунктах пересечений съемочных профилей.

Для испытаний аппаратуры и совершенствования методики и технологии выполненных съемок выполнялись экспедиционные работы на всех акваториях Мирового океана более чем на 20-ти исследовательских судах Министерства геологии СССР, Военно-морского флота, Академии наук СССР (ныне – РАН), Главного управления геодезии и картографии. Выполнены измерения на профилях длиной от 2,5 тыс. км в Атлантическом, Индийском, Тихом и Северном Ледовитом океанах. Самый длинный профиль осуществлен в Тихом океане (7 тыс. км), самый большой использованный полигон (площадью до 200–300 км²) находится

над разломом Кейн, который расположен на Срединно-Атлантическом хребте. Самая длительная экспедиция (продолжительностью 270 суток) выполнена на научно-исследовательском судне “17-й съезд профсоюзов”.

К числу последних экспедиций следует отнести морские гравиметрические измерения, проводившиеся на борту научно-исследовательского судна “Согар”. В период с 2014 по 2018 гг. проводились непрерывно гравиметрические съемки разной детальности в отдельных районах Индийского океана.

Специфика морских работ, выполняемых в условиях длительной “оторванности от дома”, накладывает отпечаток на сотрудников экспедиций; частично разлуку с домом компенсируют виды в океанах, которые не увидишь на материке.

В ИФЗ РАН разработаны и предложены методичес-



Научно-исследовательское судно “Согар”, выполнявшее комплексные гравиметрические измерения с 2014 по 2018 гг. На борту были установлены гравиметры “Шельф”.

кие приемы применения соответствующей коррекции результатов морских гравиметрических измерений с учетом современных моделей аномалий гравитационного поля Земли. Этот методический прием успешно использовался при выполнении морских съемок в 2014–2018 гг. в Индийском океане с помощью гравиметра “Чекан АМ”.

Главным результатом разработанных в ИФЗ РАН методических приемов является величина полученной оценки невязок значений аномалий, вычисленных в точках пересечений съемочных галсов площадной гравиметрической съемки: в предельном значении она составляет 0,06 мГал, что значительно лучше, чем при выполнении гравиметрических измерений на суше.

МЕТОД АЭРОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Аэрогравиметрия – наиболее молодой метод получения гравиметрической информации. Его основная отличительная особенность – выполнение съемки на высоте от земной поверхности, что требует внесения существенных изменений в состав аппаратуры, методику выполнения непосредственных измерений и в обработку материалов по сравнению с традиционными морскими и наземными съемками. Названные задачи были успешно решены в ИФЗ РАН. Созданный в институте аэрогравиметрический комплекс, размещенный на самолете лаборатории АН-26БРЛ, позволил на протяжении двенадцати лет (с 2006 по 2017 гг.)



Морской гравиметр “Чекан АМ”.



Самолет лаборатории AN-26БРЛ. На нем находились гравиметры типа “Силомер” российского производства; остальная аппаратура изготовлена в ИФЗ РАН.

выполнять аэрогравиметрические съемки в высоких широтах северного полушария, в обширных районах Тихого океана и Охотского моря и решать различные прикладные (в том числе навигационные) задачи.

Потребность создания специализированных самолетов лабораторий (цель которых – проведение аэрогравиметрических съемок) обусловлена необходимостью учета влияния следующих факторов:

- большие перепады внешних температур;

- изменение режимов работы двигателей и уровней возникающих вибраций;
- частые обледенения самолета, изменяющие электромагнитную совместимость приемников GPS со штат-

ными самолетными радиосистемами;

- непредсказуемые погодные условия, изменяющие уровень инерциальных ускорений;

- неустойчивая радиосвязь.

Отсек с установленными гравиметрами внутри самолета лаборатории AN-26БРЛ.





Тундра. В период с 2011 по 2013 гг. сотрудники ИФЗ РАН выполняли с самолета лаборатории АН-26БРЛ съемку над обширным участком арктического побережья России.

Внутри самолета необходимо было создать отдельное помещение, обеспечивающее эксплуатацию аэрогравиметрических комплексов на его борту. При создании такого помещения учитывались следующие условия:

- оно должно было находиться в виде отдельного замкнутого объема для удобства его отдельного термостатирования внутри самолета;

- помещение должно быть расположено вблизи метacentра самолета лаборатории;

- для уменьшения “термоударов” (влияния резкого изменения температуры) на

обшивку самолета лаборатории в полете и на стоянке была необходима “пассивная” термоизоляция салона гравиметрической лаборатории;

- антенны GPS должны находиться на минимальном расстоянии от аэрогравиметрических комплексов и “вынесены” от фюзеляжа самолета лаборатории (не должны соприкасаться с фюзеляжем);

- внутри лаборатории, в местах крепления аэрогравиметрических комплексов, должна быть предусмотрена вибрационная “защита”, рассчитанная с учетом массы установленных

там аэрогравиметрических комплексов.

В 2006–2013 гг. коллективом лаборатории 601 Института физики Земли РАН с борта самолета лаборатории АН-26БРЛ были выполнены гравиметрические измерения над южной, центральной и северо-западными частями архипелага островов Новая Земля и над прилегающими акваториями Баренцева и Карского морей. На общей площади (180 тыс. км²) были выполнены аэрогравиметрические съемки и построены гравиметрические карты масштаба 1:200 000. В ходе работ,

помимо перенесенных трудностей и невзгод в Арктике, можно было наблюдать величественные картины нетронутой природы.

В 2011–2013 гг. тот же коллектив выполнил площадную аэрогравиметрическую съемку масштаба 1:200 000 на площади 60 тыс. км² в

центральной части Карского моря. В 2013–2017 гг. сотрудники ИФЗ РАН выполнили аэрогравиметрическую съемку масштаба 1:200 000 общей площади 560 тыс. км² восточного побережья и районов Камчатки, акваторий Тихого океана и Охотского моря, ряда островов Курильской гряды.

Выполненные обширные экспедиционные работы показали, что коллектив ученых ИФЗ РАН способен решать конкретные задачи гравиметрии и, по необходимости, проводить высокоточные морские и аэрогравиметрические съемки гравитационного поля Земли.

Информация

Галактика NGC 3981

В рамках программы “Космические сокровища”, используя приемник FORS2 на Очень Большом Телескопе (VLT) “Анту” Европейской Южной Обсерватории (ESO), астрономы сфотографировали спиральную галактику NGC 3981, расположенную в 65 млн св. лет от нас в созвездии Чаши (см. 4-ю стр. обложки). Это часть Местной группы – часть сверхскопления Девы, включающего примерно 30 тысяч галактик, в том числе Млечный Путь, которой также принадлежат известные взаимодействующие галактики Антенны

(NGC 4038 и NGC 4039) в созвездии Ворона.

FORS2 выделяется среди множества современных приемников комплекса VLT своей исключительной многофункциональностью. Этот инструмент прозвали “швейцарским ножом” за способность исследовать астрономические объекты разными методами, в том числе и получать такие замечательные по качеству изображения. Чувствительность FORS2 позволила выявить спиральные ветви NGC 3981, в которых заметны многочисленные пылевые волокна и области звездообразования, газопылевые облака и плазма, а также яркий диск, состоящий из молодых горячих звезд. Галактика очень удачным образом повернута по отношению к Земле: это позволяет обозревать ее центральную область и испускающее яркое высокоэнергетическое из-

лучение ядро, в котором находится сверхмассивная черная дыра. В NGC 3981 есть хорошо развитая периферийная спиральная структура, частично простирающаяся за ее пределы. Скорее всего, она возникла в результате гравитационных взаимодействий при произошедшем в прошлом столкновении галактик.

На снимке ESO галактика NGC 3981 – не единственный интересный объект. Наряду с несколькими звездами переднего плана, принадлежащими нашей Галактике, обнаружен пересекающий поле зрения бродячий астероид (слабая линия в верхней части изображения). Фотография получена наложением трех различных экспозиций.

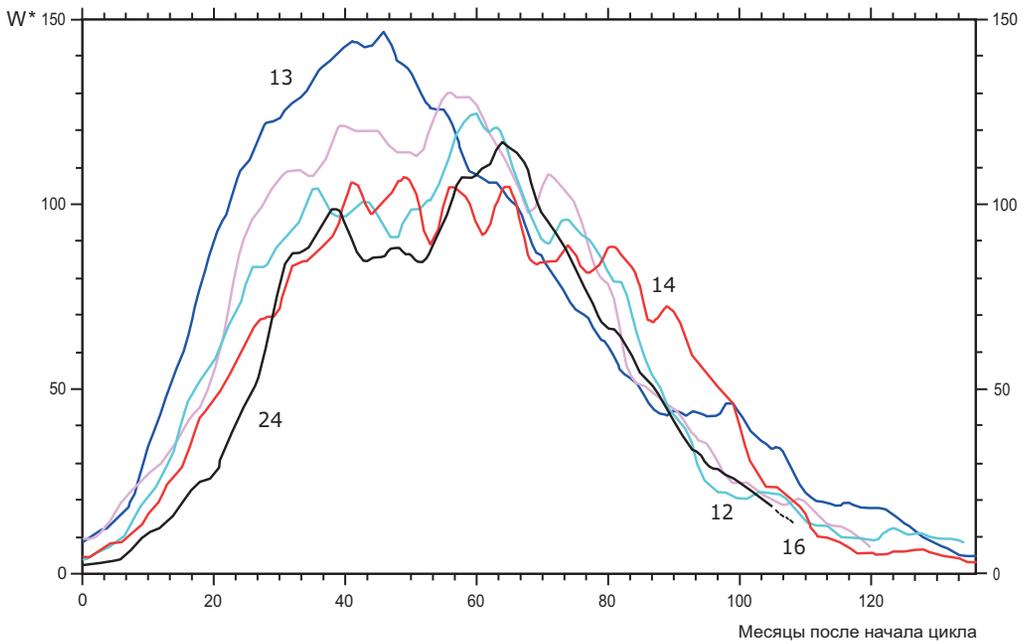
*Пресс-релиз ESO,
12 сентября 2018 г.*

Солнце в июне – июле 2018 г.

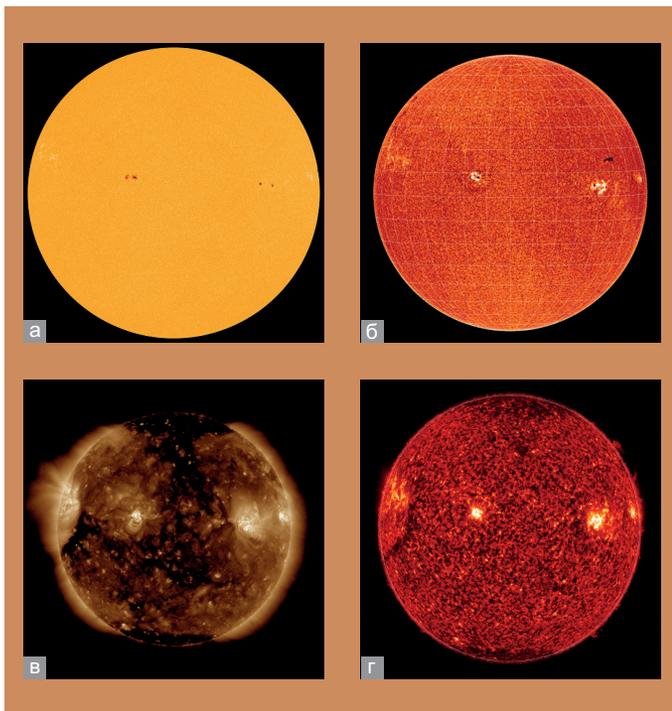
Пятнообразовательная активность в летние месяцы 2018 г. была на очень низком, низком (6 сут) и среднем (5 сут) уровнях,

и в течение 39-ти суток видимый диск Солнца был беспятненным (121 день в текущем году). В Северном полушарии появились 4 не-

большие группы солнечных пятен, одна из них существовала всего сутки. Кривая роста сглаженных за год значений относительного



Ход развития (108 месяцев) текущего, 24-го цикла солнечной активности, среди достоверных (начиная с 1849 г.) низких и среднего (13-го) солнечных циклов. W^* – сглаженные (за 13 месяцев) относительные числа солнечных пятен в новой системе (введена с 1 июля 2015 г.). Высота текущего солнечного цикла в новой системе составляет $W_n^* = 116$ против $W^* = 82$ в старой.



Солнце 21 июня 2018 г.: а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космической солнечной обсерватории “SDO” и наземной обсерватории Big Bear (H_{α} ; <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

сел солнечных пятен отмечено 4, 5, 8–11 и 27–30 июня ($W = 0$), максимальное – 20 июня ($W = 34$). Вспышечная активность была на низком уровне 6 и 21 июня и на очень низком уровне – в течение всего периода. Выбросы солнечных волокон (5 событий) наблюдались 6, 9 (2), 14 и 29 июня. Коронграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали более 9-ти корональных выбросов вещества. По видимому диску Солнца проходили две рекуррентные (повторяющиеся через оборот Солнца) корональные дыры и одна новая. Высокоскоростные потоки от них вызвали в околоземном космическом пространстве возмущенные периоды 1–2, 18, 23 и 26 июня, в них были зарегистрированы малые магнитные бури – 1 и 23 июня. На геостационарных орбитах очень высокие потоки ($> 10^7$ частиц/м²)

числа пятен продолжает уверенно спадать, оставаясь в пределах изменений, наблюдавшихся в 12-м и 16-м солнечных циклах. Это дает возможность ожидать наступления точки минимума текущего цикла в начале 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – www.swpc.noaa.gov – будем придерживаться старой классической системы) составили $W_{\text{июня}} = 9,6$ и $W_{\text{июля}} = 5,3$. Сглаженное значение этих индексов в декабре 2017 г. и в январе 2018 г. составило $W^* = 9,1$ и $W^* = 7,6$ соответственно.

В первые три дня июня видимый диск Солнца про-

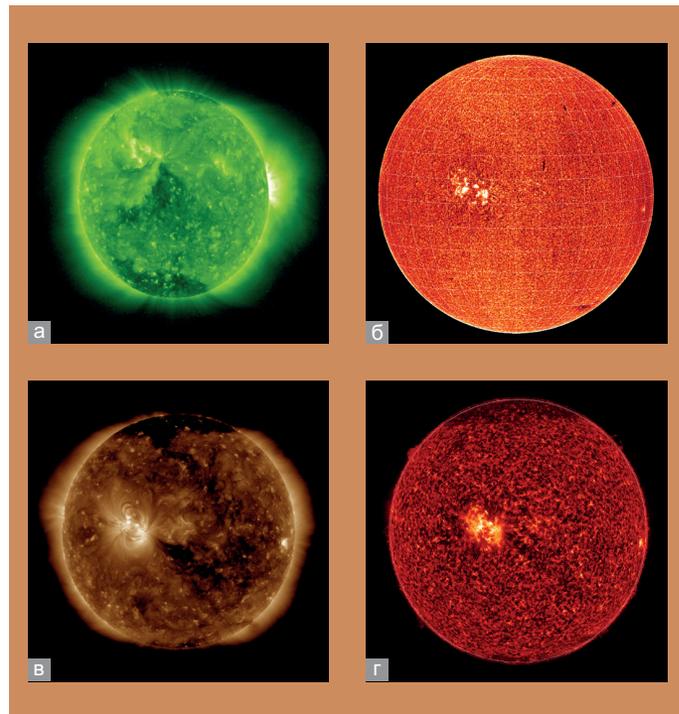
должала проходить редкая по нынешним временам, устойчивая группа пятен, появившаяся еще 23 мая. Затем, до 11 июня, видимый диск Солнца снова был без пятен. С 12 по 27 июня на Солнце последовательно появились: в Северном полушарии 3 активных области, одна из них образовалась 19 июня в центральной зоне видимого диска. С 20 по 24 июня она стала развиваться и увеличилась по площади до уровня средней ($Sp > 100$ миллионных долей полушария), 26 июня она ушла за западный лимб. После этого до конца месяца Солнце оставалось без пятен. Минимальное ежедневное значение относительных чи-

Солнце 13 июля 2018 г.:

а) солнечная корона обратной стороны Солнца в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 195 \text{ \AA}$ STEREO A); б) в самой сильной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий "STEREO A" и "SDO" и наземной обсерватории Big Bear (H_{α} ; <http://www.solarmonitor.org/>).

релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдались с 1 по 14 и с 24 по 30 июня.

Июль 2018 г. – первый месяц текущего цикла, когда на видимом диске Солнца пятна отсутствовали на протяжении почти всего периода. 21 июля в Северном полушарии – прямо в центре – образовалась совсем небольшая группа солнечных пятен, она просуществовала всего лишь сутки. Максимальное наблюдаемое относительное число солнечных пятен наблюдалось **21 июля ($W = 7$)**, минимальное ($W = 0$) – во все дни, кроме 21 июля. Вспышечная активность была на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (8 событий) наблю-



дались 4 (2), 5, 7, 8, 16, 18 и 21 июня. Коронграфы космической обсерватории "SOHO" зарегистрировали более 6-ти корональных выбросов вещества. На видимом диске Солнца наблюдались 2 рекуррентные корональные дыры и одна вновь образованная, высокоскоростные потоки от них не оказали влияния на геомагнитную обстановку средних широт Земли. Геомагнитное поле было возмущенным 5, 21 и 24 июля, но единственная малая магнитная буря отмечена 5 и

6 июля. На геостационарных орбитах очень высокий поток ($> 10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался с 1 по 5 и с 25 по 31 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*

Памяти члена-корреспондента РАН Виктора Кузьмича Абалакина

24 апреля 2018 г. на 88 году жизни скончался выдающийся советский и российский ученый, лауреат Государственной премии СССР, Советник Российской Академии наук член-корреспондент РАН Виктор Кузьмич Абалакин (Земля и Вселенная, 2000, № 4). Он был одним из вид-

нейших специалистов в области эфемеридной и теоретической астрономии, небесной механики и звездной динамики.

В.К. Абалакин родился 27 августа 1930 г. в Одессе в семье инженера-металлографа. После окончания в 1953 г. физико-математического факультета Одесского госуниверситета им. И.И. Мечникова по специальности “астрономия” работал младшим научным сотрудником в Отделе эволюции Земли Геофизического института АН СССР в Москве под руководством академика О.Ю. Шмидта. В 1955 г. был переведен в Институт теоретической астрономии в Ленинграде, где на протяжении двух лет работал в отделе по выпуску “Астрономического ежегодника” под руководством известного астронома Д.К. Куликова. В 1957 г. Виктор Кузьмич поступил в аспирантуру Одесского госуниверситета, его руководителем был член-корреспондент АН УССР В.П. Цесевич (Земля и Вселенная, 1984, № 4). Кандидатская диссертация им была успешно защищена в 1961 г. в Ленинградском (ныне С.-Петербургском) госуниверситете. В 1961–1965 гг. Виктор Кузьмич работал в Одесском госуниверситете сначала в должности научного сотрудника астрономической обсерватории, а затем – доцента, с 1963 г. – старшего научного сотрудника. Осенью 1964 г. по приглашению директора Института



теоретической астрономии РАН Виктор Кузьмич принял участие в конкурсе на замещение вакантной должности заведующего отделом “Астрономического ежегодника СССР” и после избрания беспрерывно руководил работой отдела на протяжении почти 30 лет. Именно в этот период сформировались и ярко проявились его качества – крупного ученого и организатора.

В 1978 г. Виктор Кузьмич успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Благодаря его работам эфемеридная астрономия получила окончательно оформление как самостоятельная область науки. Он – соавтор цикла работ по созданию единой релятивистской теории движения внутренних планет Солнечной системы, удостоенной в 1982 г. Государственной премии СССР в области науки и техники. В 1987 г. В.К. Абалакин был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В течение 17 лет (1983–2000) В.К. Абалакин возглавлял Главную (Пулковскую) астрономическую обсерваторию, прилагая на этом посту много усилий для развития научных исследований, а также для сохранения Обсерватории в трудные 1990-е гг. Кроме того, как ученый В.К. Абалакин возглавлял и диссертационный совет Обсерватории, а также Объединенный астрометрический семинар.

Основной круг научных интересов Виктора Кузьмича связан с эфемеридной астрономией, теоретической астрономией, небесной механикой, звездной динамикой. Своими работами он внес важный вклад в координатно-временное обеспечение страны, в создание систем астрономо-геодезических фундаментальных постоянных, в разработку теоретических основ алгоритмов для выполнения точных астрометрических редуцированных наблюдений различных типов – классических оптических, лазерных светолокационных и радиолокационных из-

мерений. Результаты этих исследований положены в основу вычисления эфемерид “Астрономического ежегодника” и специальных “Дополнений к “Астрономическому ежегоднику”, используемых для обеспечения полетов космических аппаратов на околоземных орбитах; в морской и воздушной навигации. Он – автор более 200 научных публикаций (в том числе шести монографий по истории астрономии). Среди монографий на русском языке наиболее важные – “Основы эфемеридной астрономии” (1979) и коллективные монографии “Справочное руководство по небесной механике и астродинамике” (1971, 1976), “Геодезия, геодезическая астрономия и астрометрия” (1997).

Результаты теоретических разработок В.К. Абалакина непосредственно применялись и применяются при практическом выполнении лазерных и радиолокационных наблюдений; они направлены также на разработку алгоритмического обеспечения автоматизации радиоастрономических наблюдений и вычисление эфемерид для астрономических наблюдений с борта космических аппаратов.

В.К. Абалакиным с коллективом соавторов разработана новая релятивистская численная теория движения внутренних планет Солнечной системы, широко используемая в отечественной космонавтике. Ряд теоретических исследований Виктора Кузьмича посвящен доказательству существования периодических орбит типа “розеток”, по которым движутся звезды в самосогласованных гравитационных полях эллипсоидальных звездных скоплений. Большой цикл его работ в области теоретической астрономии и небесной механики связан с исследованиями движения малых планет, теорией движения искусственных спутников Земли, с теорией астрономической нутации, вопросами устойчивости движения в точках либрации в окрестности вращающихся эллипсоидов.

Виктор Кузьмич внес большой вклад в развитие международного научного сотрудничества астрономических учреждений: только тех организаций, которые заключили с Пулковской обсерваторией ГАО РАН официальные договоры о научном и научно-техническом сотрудничестве, насчитывается более трех десятков.

В.К. Абалакин состоял в ряде комиссий и рабочих групп Международного астрономического и Европейского астрономического союзов, был президентом комиссии № 4 “Эфемериды” Международного астрономического союза, членом международного общества “Astronomische Gesellschaft”, членом Российского национального общества истории и философии естествознания и техники (1989–2016). Он выполнял обязанности главного редактора научно-популярного журнала Президиума РАН

“Земля и Вселенная”, был членом Редакционной коллегии “Астрономического журнала” и сборника “Историко-астрономические исследования”. Наряду с научной и научно-организационной деятельностью Виктор Кузьмич постоянно и активно занимался научно-просветительской работой во Всесоюзном астрономо-геодезическом обществе и в обществе “Знание” (тогда еще Ленинграда).

За большой вклад в развитие российской науки В.К. Абалакин был награжден орденом «За заслуги перед отечеством» II степени (2006). В честь ученого названа малая планета 2722 Abalakin, открытая Н.С. Черных 1 апреля 1976 г. в Крымской астрофизической обсерватории.

Сотрудники Пулковской обсерватории и редакция и Редакция журнала “Земля и Вселенная” выражают глубокие соболезнования родным и близким Виктора Кузьмича Абалакина.

Информация

Найден способ уборки космического мусора

Японские и австралийские специалисты нашли способ снизить скорость движения космического мусора и свести его с орбиты с помощью плазменного ракетного двигателя с двумя противоположно направленными соплами.

Чтобы предотвратить Эффект Кesslerа (быстрое увеличение количества космического мусора, который мешает выводу новых аппаратов на околоземную орбиту), несколькими исследовательскими группами была разработана концепция аппа-

рата, который может воздействовать на объект на орбите с помощью направленного потока ионов или плазмы. Технологическая сложность реализации этой идеи заключается в том, что создаваемый двигателем поток частиц будет не только оказывать воздействие на космический мусор, но и толкать спутник в обратном от него направлении, из-за чего эту силу необходимо компенсировать дополнительным двигателем. Однако группа ученых из Университета Тохоку нашла способ реализовать концепцию с использованием одного двигателя, одновременно воздействующий на объект на орбите и стабилизировать положение спутника.

Специалисты создали прототип плазменного двигателя с ка-

мерой сгорания с двумя открытыми соплами, действующего в двух направлениях. Внутри камеры расположено две трубки для подачи аргона и две антенны для его ионизации, а снаружи – два солениода. Управлять тягой в обоих направлениях можно с помощью изменения конфигурации магнитного поля или уровня подачи газа в каждой из трубок. Благодаря возможности менять соотношение между потоками плазмы, выходящими с разных сторон двигателя, его можно использовать в режимах ускорения и торможения спутника, а также удаления космического мусора с орбиты.

*Журнал “Scientific Reports”,
2018, Т. 8, № 14417.*

Сподвижник С.П. Королёва – Сергей Сергеевич Крюков

В 2018 году отмечают ряд юбилеев отечественных корифеев ракетно-космической отрасли. Предлагаемая публикация приурочена к 100-летию со дня рождения одного из учеников и ближайших соратников академика С.П. Королёва, заместителя главного конструктора ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва), главного конструктора ОКБ им. С.А. Лавочкина, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий, доктора технических наук Сергея Сергеевича Крюкова.

Это был человек необычной судьбы, внесший весомый вклад в развитие отечественной ракетной техники и космонавтики. В 1947–1970 гг. при его непосредственном участии в ОКБ-1 проектировались практически все баллистические ракеты малой, средней дальности и дальнего действия; ракеты-носители, их верхние ступени и разгонные блоки. В 1970–1977 гг. Сергей Сергеевич возглавил в НПО им. С.А. Лавочкина работы по созданию межпланетных станций “Луна”, “Марс” и “Венера”; на 18-ти станциях из этих серий были успешно выполнены научные исследования. Уже в самом начале работ С.С. Крюков занимался



Доктор технических наук С.С. Крюков. 1970-е гг.

компоновкой и проектированием много-разовой ракетно-космической системы “Энергия” – “Буран”¹.

¹ *Бирюков Ю.В.* Конструктор Сергей Сергеевич Крюков // *Космонавтика и ракетостроение*, 1999. № 16.



Сергей Крюков. Ленинград, 1936 г.

Сергей Сергеевич Крюков родился 10 августа 1918 г. в городе Бахчисарай Таврической губернии в семье служащего. Отец, Сергей Федорович, несмотря на занятость и неизлечимую болезнь жены, старался привить сыну любовь к книгам. Серёжа еще до школы читал романы Вальтера Скотта и Жюль Верна, заучивал стихи, неплохо решал задачи и ориентировался в географических картах. В июне 1926 г. на 42-ом году жизни внезапно умирает отец, на два месяца пережила мужа 28-летняя Вера Мироновна. Восемилетний Сережа остается под присмотром двоюродной сестры. После ее смерти он живет у тети, но уже через три года после смерти отца тетя умирает. Сироту отдают в Детский дом, он оттуда бежит, бродяжничает. В 1930–1932 гг. мальчик находится в детском приемнике города Мценска, по

счастью случайно здесь его нашла сестра отца. Сергей учится в Школе фабрично-заводского обучения, в Школе крестьянской молодежи. По окончании 8-го класса он приехал на каникулы к брату отца в Ленинград. В 1936 г. в Мценске окончил среднюю школу.

В 1936 г. Сергей поступает в МВТУ им. Н.Э. Баумана, но, так как не смог получить место в общежитии, вынужден был передать документы в профильный вуз – Сталинградский механический институт. Ему пришлось переехать в Сталинград (ныне Волгоград), здесь в 1936–1940 гг. студент прошел три курса на артиллерийском факультете; затем Сергей переводится на вечернее обучение, так как спецкурс специалисты читали только по вечерам на оборонном заводе “Баррикады”. В июле 1940 г. он начинает трудовую деятельность в качестве мастера ствольного цеха на этом заводе.

В 1942 г. Сергей подготовил дипломную работу, но, в связи с эвакуацией института, защиту отложили. В августе 1942 г. он приезжает в Сталинск (ныне Новокузнецк) на завод № 526, на нем молодой специалист работает старшим мастером ствольного цеха, через несколько месяцев – технологом.

Через два года женится на студентке Сталинградского механического института Раисе Алексеевне Владимировой, написавшей в 2000-х гг. воспоминания о муже²; у них родились две дочери – Наталья и Нина, они участвуют в создании выставки и памятном мероприятии, посвященных 100-летию С.С. Крюкова в музее ОКБ им. С.А. Лавочкина в Химках.

В феврале 1946 г. С.С. Крюкова принимают на завод № 711 в г. Климовск Московской области; он повторно поступает в МВТУ им. Н.Э. Баумана.

В апреле 1946 г. круто меняется его жизнь: он переходит на работу инженером в НИИ-88 Министерства вооружения СССР (с 1950 г. – ОКБ-1) в Под-

² Крюкова Р.А. Повесть о муже. М.: “Техносфера”, 2011

С.С. Крюков после командировки в Германию. 1946 г.

липках – научно-технической, проектно-конструкторской и производственно-технологической базы ракетной отрасли страны. Через месяц молодого специалиста командировали в Германию для изучения документации по ракетной технике. В конце октября 1946 г. Сергей Сергеевич возвращается в подмосковный г. Калининград (ныне Королёв) в эшелоне вместе с немецкими специалистами, которые создавали баллистическую ракету Фау-2 (А-4; Земля и Вселенная, 2017, № 4).

В январе 1947 г. он поступает на работу инженером-конструктором в проектно-исследовательский отдел № 3 – основной отдел предприятия, его начальником был Главный конструктор первой советской баллистической ракеты С.П. Королёв (Земля и Вселенная, 1972, № 2; 1977, № 2; 1982, № 6; 2007, № 1). Через месяц С.С. Крюкова переводят на должность старшего инженера. Несмотря на множество препятствий, он стремился продолжить обучение, и в апреле 1947 г. в МВТУ им. Н.Э. Баумана защищает диплом по теме «Артиллерийские системы и установки» и получает квалификацию инженера-механика. В сентябре 1947 г. становится начальником группы отдела № 3 Специального конструкторского бюро НИИ-88 (ныне – РКК «Энергия» им. С.П. Королёва), в то время его руководителем был один из выдающихся конструкторов ракетной техники Константин Давыдович Бушуев (Земля и Вселенная, 1999, № 5).

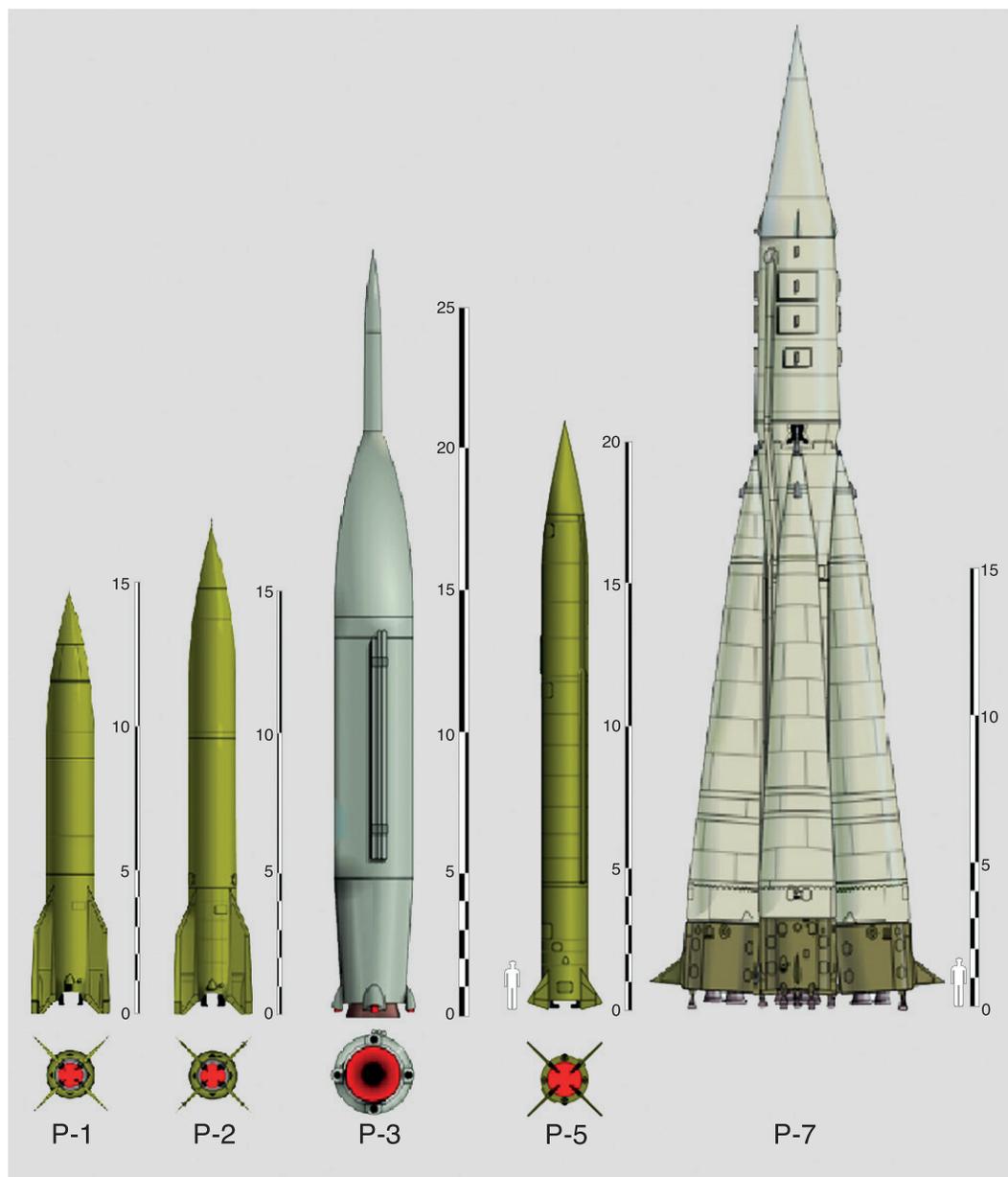
В 1947 г. Сергей Сергеевич присутствует на испытаниях немецких ракет Фау-2 на полигоне Капустин Яр, в 1948–1951 гг. участвует в запусках первых отечественных баллистических ракет Р-1 (8А11, объект «Волга»), изготовленных на основе Фау-2. Параллельно с испытаниями и освоением опыта производства ракет



Фау-2 С.С. Крюков занимался работой над советской версией (Р-102) немецкой радиоуправляемой ракеты «Хеншель-117» (Hs-117 «Schmetterling») класса «земля–воздух». В 1951 г. все работы были завершены, но из-за бесперспективности и больших недостатков этой ракеты ее не стали серийно производить.

В 1948–1949 гг. Сергей Сергеевич работает над проектом оперативно-тактической ракеты Р-2 (8Ж38), в 1950–1952 гг. участвует в ее летных испытаниях на полигоне Капустин Яр. Параллельно до 1951 г. принимает участие в научно-исследовательской работе по подготовке проекта одноступенчатой баллистической ракеты дальнего действия Р-3 (8А67).

С.С. Крюков быстро прошел все ступени карьерного роста и стал одним из ведущих руководителей предприятия: в июне 1951 г. его переводят на долж-



Баллистические ракеты, в проектировании и в испытаниях которых С.С. Крюков принимал участие. 1950–1956 гг.

ность начальника сектора отдела № 3 ОКБ-1; через два года он работает у К.Д. Бушуева заместителем начальника отдела; с 1956 г. – начальником отдела

№ 3; в июне 1961 г. по предложению С.П. Королёва его назначают заместителем Главного конструктора ОКБ-1 по проектным работам. В 1950-е годы он

Ракеты оборонного назначения Р-9 (слева) и РТ-2 (справа). В 1959–1964 гг. их проектировал С.С. Крюков.

принимает активное участие в создании ракетно-ядерного щита Родины: проектирует стратегические ракеты Р-5 (8А62) средней дальности и ее модификацию Р-5М (8К51) с ядерным зарядом. Тогда же разрабатывается боевая ракета на долгохранимых компонентах топлива Р-11 (8А61) и ее модификация Р-11М (8К11) с ядерным зарядом; в их испытаниях конструктор участвовал в 1953–1956 гг.³

За создание принятых на вооружение боевых комплексов и разработку ракеты Р-5М в 1956 г. в числе большой группы проектировщиков его награждают орденом Ленина.

В середине 1950-х гг. он участвует в работах над проектом первой советской межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 (8К71) – основы будущих ракет-носителей для запусков космических аппаратов. Творческий дух, царивший в НИИ-88 (ОКБ-1), был главной предпосылкой и основой череды наших успехов в создании и освоении новых ракетных комплексов (Земля и Вселенная, 1997, № 4).

В 1954 г. Сергей Сергеевич без отрыва от производства окончил Высшие инженерные курсы при МВТУ, защитив 15 марта 1955 г. проект на “отлично”.

В сентябре-октябре 1955 г. в Северодвинске С.С. Крюков участвует в испытаниях ракет морского базирования Р-11ФМ (8А61ФМ). В дальнейшем он занимается проектированием мощных ракетных комплексов оборонного и космического назначения, обосновывая их схемы, составляя таблицы и делая сложные рас-



четы. Наиболее ответственными испытаниями ракет на полигонах руководит сам Главный конструктор, оставляя ответственным на предприятии своего верного и надежного соратника – С.С. Крюкова. Сергей Павлович ценил в нем высокую квалификацию, принципиальность, ответственность и целеустремленность, а также то, что конкретные поручения и трудные задачи он умел решать в кратчайшие сроки⁴.

В 1956 г. первоначальный вариант межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 (8К71) пришлось переделывать (как тогда говорили конструкторы, “перевязывать”): недостаточной оказалась ее грузоподъемность в 3 тонны (при необходимых 6 тоннах). Окончательный вариант Р-7 был готов только через год. Концепцию пакетной схемы сотрудники отдела под руководством С.С. Крюкова разработали самостоятельно, независи-

³ Крюков С.С. Избранные работы. Из личного архива. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

⁴ С.П. Королёв. Энциклопедия жизни и творчества / Под редакцией члена-корр. В.А. Лопоты. М.: РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, 2014.



Главный конструктор С.П. Королёв вручает С.С. Крюкову памятную медаль АН СССР. 1961 г.

мо от проекта М.К. Тихонравова (Земля и Вселенная, 1991, № 6). Летные испытания МБР Р-7 прошли в 1957–1959 гг.; она была переоборудована в ракету-носитель “Спутник” (8К71ПС), и с ее помощью были выведены на околоземную орбиту первые в мире искусственные спутники Земли.

После оснащения боевой межконтинентальной ракеты Р-7 третьей ступенью (блоком “Е”) она получила название ракета-носитель “Восток-Л” (8К72). В 1958–1960 гг. “Восток-Л” успешно выполнила сложную задачу по доставке космических аппаратов к Луне. С ее помощью были осуществлены запуски первых 10-ти автоматических станций серии “Луна” (Е-1 и Е-1А), из них “Луна-1”, “Луна-2” и “Луна-3” внесли весомый вклад в исследование ближайшего небесного тела и стали вехой в освоении космоса

(Земля и Вселенная, 2007, № 5; 2009, № 4). Позднее для запусков использовалось несколько модификаций этой ракеты-носителя: 8К72К – кораблей-спутников и пилотируемых космических кораблей серии “Восток”; 8А92 – военных космических аппаратов фоторазведки “Зенит-2”; 8А92М – спутников связи “Молния” системы “Орбита” и спутники системы радиотехнической разведки “Целина-Д”. В качестве ядерного щита страны в ОКБ-1 на основе “семерки” была сконструирована боевая ракета Р-7А (8К74) с отделяющейся головной частью массой 3 тонны и термоядерным зарядом, дальностью полета до 12 тыс. км. Она прошла испытания в 1959–1960 гг.; состояла на вооружении в Ракетных войсках стратегического назначения в 1960–1968 гг. (Земля и Вселенная, 1997, № 4).

За создание “семерки” в 1957 г. С.С. Крюков получил Ленинскую премию. Заме-



Проектанты отдела № 3 ОКБ-1 Я.П. Коляко, С.С. Крюков, П.И. Ермолаев просматривают параметры космического корабля проекта Л-1. Начало 1960-х гг.

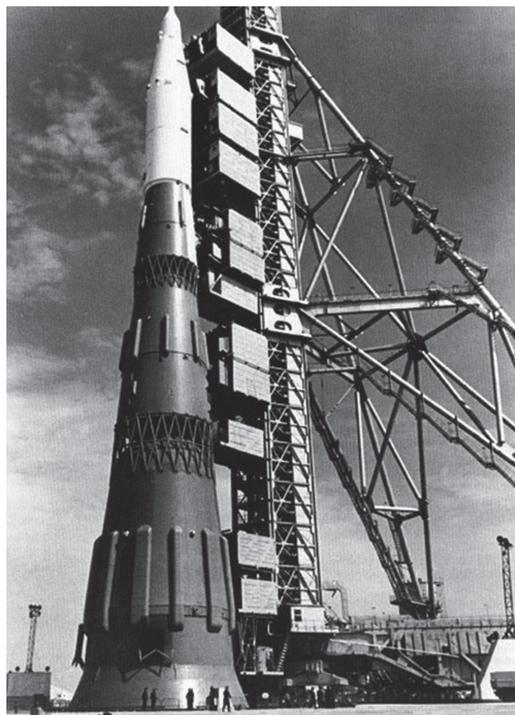
чательная ракета Р-7 стала триумфом творческой деятельности С.С. Крюкова: в ее разработку было заложено столько стратегических идей, что она стала самой надежной и долгоживущей.

Позднее, начиная с 1959 г., Сергей Сергеевич работает над проектами и компоновкой межконтинентальных баллистических ракет: жидкостной Р-9 (8К75) и РТ-2 (15П098/8К98), использующей твердое топливо. Стартовую массу двухступенчатой ракеты Р-9 с дальностью полета до 12–14 тыс. км (по сравнению с аналогичными характеристиками ракеты Р-7) удалось снизить в три раза.

Р-9 принята на вооружение в 1965 г. и находилась в частях РВСН с 1964 по 1976 годы. Ракета РТ-2 с дальностью действия 10–12 тыс. км принята на вооружение в 1968 г.⁵

В 1958 г. С.С. Крюкову была присуждена ученая степень доктора технических наук. В 1961 г. он был награжден памятной медалью АН СССР в честь запуска первого искусственного спутника Земли. В июне 1961 г. ему присвоено звание Героя Социалистического Труда за создание образцов новой ракетной техники и обеспечение выполнения программы полета человека в космос.

⁵ С.П. Королёв и его дело. Свет и тени в истории космонавтики / Под редакцией акад. Б.В. Раушенбаха / Составитель Г.С. Ветров. М.: «Наука», 1998.



Ракетно-космический комплекс “Н1–Л3” на старте. Космодром Байконур, конец 1960-х гг.

В начале 1960-х гг. С.С. Крюков разрабатывает ракеты-носители “Восток” (8К72), “Молния” (8К78), “Союз” (11А57) и их верхние ступени – блоки “Е”, “И”, “Л”. Благодаря своим личностным качествам и таланту конструктора ему удавалось “обгонять” свое время, создавая успешные проекты на многие годы вперед.

В 1966 г., после смерти С.П. Королёва, в ОКБ-1 была проведена реорганизация предприятия: отделы расформировали, на их основе создали тематические комплексы, состоящие из групп отделов. Приказом министра общего машиностроения предприятие было переименовано в Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ЦКБЭМ). В ноябре 1966 г. утверждена новая структура ЦКБЭМ, проектанты отдела С.С. Крюкова были разбросаны по вновь созданным структурам. Коллектив ЦКБЭМ, руководимый В.П. Мишиным, продолжал работы, начатые при С.П. Королёве, сос-

редоточив основное внимание на разработке ракетно-космических комплексов для пилотируемых полетов: “Союз”, Л-1 и Л-3, а также проектировании долговременной орбитальной станции “Салют”.

Василий Павлович не любил критику, он стремился реализовывать лишь какую-то выбранную идею, не прислушиваясь к советам и замечаниям коллег. По причине разногласий в вопросах разработки новых систем с начальником и главным конструктором ЦКБЭМ В.П. Мишиным Сергей Сергеевич подает заявление об уходе с должности заместителя главного конструктора и возглавляет вновь созданный отдел № 111.

В 1967–1969 гг. С.С. Крюков проектирует разгонный блок “Д” (11С824) – пятую ступень сверхтяжелой ракеты-носителя “Н-1” для лунной экспедиции по программе Л-3. Начиная с 1967 г., этот блок использовался на ракете-носителе “Протон-К” (8К82К) для запусков в беспилотном варианте космических кораблей 7К-Л1 (11Ф91) и межпланетных станций “Луна-15–24”, “Марс-2–7”, “Венера-9–16”. Тогда же большие усилия и весь свой талант Сергей Сергеевич прилагает для разработки проекта уникального ракетно-космического комплекса “Н1–Л3”: прорабатывались его разные конструкторско-силовые схемы, компоновки и надежность работы многодвигательной установки. К концу 1968 г. было завершено создание не только основных систем и агрегатов, но и ракеты в целом, построены два стартовых комплекса на космодроме Байконур, но произошло это на три года позже установленного срока, что позволило США опередить нашу страну в лунной пилотируемой программе.

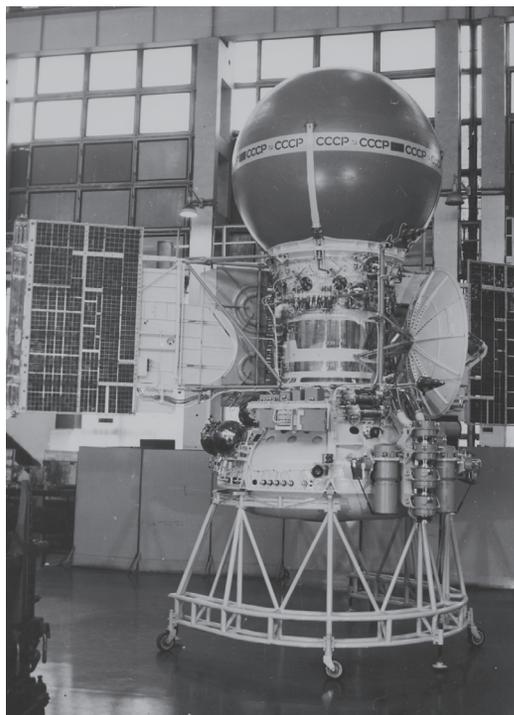
При первом же пуске, 21 февраля 1969 г.,

Сборка автоматической станции «Венера-9» на заводе НПО им. С.А. Лавочкина. Начало 1975 г.

на 68-й секунде полета ракета потерпела аварию, упав в 52-х км от стартовой позиции. Следующие три пуска летно-конструкторских испытаний также окончились неудачей, и в 1974 г. проект был закрыт⁶. Вот как с горечью пишет о неудаче С.С. Крюков: «Отставание в создании комплекса при отсутствии его надлежащего финансирования и координации, а также недостатки в техническом руководстве и организации работ со стороны ЦКБЭМ как головной организации и главного конструктора В.П. Мишина – все это и определило невозможность выполнения программы по комплексу Н1–ЛЗ...»⁷.

В 1970 г. главный конструктор ОКБ им. С.А. Лавочкина Г.Н. Бабакин пригласил С.С. Крюкова на работу в качестве первого заместителя Главного конструктора завода при ОКБ, и Сергей Сергеевич перешел на это предприятие. В июне 1971 г., после внезапной смерти Георгия Николаевича, приказом министра общего машиностроения его назначают Главным конструктором – первым заместителем Генерального директора завода им. С.А. Лавочкина (с 1974 г. – НПО им. С.А. Лавочкина). В 1971–1977 гг. Сергей Сергеевич занимался разработкой межпланетных станций, спутниковых систем научного и оборонного назначения, реализуя лучшие разработки Г.Н. Бабакина и выдвигая новые идеи.

Сергей Сергеевич проектирует межпланетные станции четвертого поколения. В 1971–1976 гг. к Луне стартовали 8 таких станций серии «Луна»: «Луна-19 и -22» стали искусственными спутниками Луны; с помощью аппаратов «Луна-20 и -24» был возвращен на Землю лунный грунт;



с помощью «Луна-21» был доставлен на лунную поверхность самоходный аппарат «Луноход-2» (Земля и Вселенная, 1973, № 3). В 1971 г. к Марсу стартовали три межпланетные станции, в 1973 г. – четыре (Земля и Вселенная, 1973, № 1; 1974, № 5); в 1975 г. запускают станции «Венера-9» и «Венера-10», успешно выполнившие научные исследования на поверхности планеты и передавшие ее уникальные снимки (Земля и Вселенная, 1976, № 3).

В процессе работы Сергей Сергеевич активно взаимодействовал с академическими институтами – в тот период, когда готовили серии запусков АМС к Луне, Марсу, к Венере. Развивая наследие Г.Н. Бабакина, главный конструктор ставил перед коллективом задачи создания новых аппаратов и систем дистанционного зондирования Земли, косми-

⁶ Крюков С.С. Блеск и затмение лунной программы // Наука и жизнь, 1994. № 4.

⁷ Крюков С.С. Воспоминания / Дороги в космос. М.: изд-во МАИ, 1992.



Ветераны ракетно-космической отрасли С.С. Крюков, Б.Е. Черток и Ю.А. Мозжорин в МВТУ им. Н.Э. Баумана. 1990-е гг.

ческой разведки, астрофизики – прорывных проектов, определявших развитие космонавтики на многие годы вперед. В 1972–1977 гг. на околоземные орбиты было запущено 6 научных спутников серии “Прогноз” для исследования солнечной активности. Под руководством С.С. Крюкова, кроме научных проектов, создаются спутники оборонного назначения – оптико-электронной разведки “Око” системы предупреждения о ракетном нападении. К середине 1972 г. на заводе НПО им. С.А. Лавочкина были изготовлены первые образцы этих экспериментальных космических аппаратов; они были запущены на околоземные орбиты в 1972–1975 гг. (в том числе на геостационарную – “Космос-775”).

В 1973 г. Сергей Сергеевич предложил уникальный проект межпланетной станции “5М” массой 8700 кг для обширных исследований Марса. Ее запуск предполагался с помощью ракеты-носителя “Протон-К”, но она имела недостаточную грузоподъемность, поэтому конструктор предложил двухпусковую схему: первым должен был стартовать орбитальный аппарат, а затем спускаемый. Аппараты стыковались на околоземной орбите и затем совершали полет в связке. На орбите Марса орбитальному аппарату следовало проводить съемку поверхности, выбирая место для посадки спускаемого аппарата. В программу работы спускаемого аппарата входили: сбор проб грунта (около 500 грамм) и размещение его во взлетной ступени ракеты, затем она должна была стар-

товать с Марса, а спускаемый аппарат должен был остаться продолжать исследования. На орбите взлетной ракете необходимо было состыковываться с орбитальным аппаратом, и возвращаемый аппарат с образцами марсианского грунта возвращался на Землю. Запуск 2-х орбитальных и 2-х спускаемых аппаратов (четыре пуска “Протона”) планировался на ноябрь 1979 г., возврат на Землю – через 3 года. К сожалению, этот грандиозный проект не был реализован.

В ноябре 1976 г. С.С. Крюкову была присуждена Государственная премия СССР за разработку автоматической аппаратуры для космических аппаратов; в том же году его наградили орденом Октябрьской Революции. В конце 1977 г. Сергея Сергеевича пригласил на работу генеральный конструктор академик В.П. Глушко в качестве первого заместителя генерального конструктора НПО “Энергия”. В 1978–1981 гг. Сергей Сергеевич участвовал в работах по созданию ракетно-космического комплекса “Энергия” – “Буран”. В феврале 1982 г. С.С. Крюков подал заявление об уходе с должности по собственному желанию: по состоянию здоровья и по возрасту (в 64 года!). Впоследствии его оформили старшим научным сотрудником отдела № 012 НПО “Энергия”. В 1982–1996 гг. Сергей Сергеевич работает над историей ОКБ-1 (НПО “Энергия”). В 1992 г., уже после распада СССР, он еще четыре года работает научным консультантом одного из отделов НПО “Энергия”, а в сентябре 1996 г. уходит по собственному желанию на пенсию.

После ухода из отрасли С.С. Крюков занимается общественной деятельностью, публикует множество статей и воспоминания. За несколько дней до своего 87-летия – 1 августа 2005 г. – после продолжительной болезни Сергей Сергеевич скончался; его похоронили в Москве на Останкинском кладбище. В 2010 г. на основе его архива в МГТУ

им. Н.Э. Баумана были опубликованы Избранные работы выдающегося конструктора⁸.

Друзья и коллеги ценили С.С. Крюкова за его прекрасные человеческие качества: скромность, высокую порядочность и отзывчивость – он всегда откликнулся на их нужды.

В памяти потомков и в истории нашей страны этот человек останется выдающимся конструктором, внесшим огромный вклад в развитие ракетно-космической науки и техники⁹.

С.А. Герасютин

Информация

Профессия космонавт

Новая книга Героя России, политика, ученого, космонавта, доктора юридических наук, профессора Ю.М. Батурина “Властелины бесконечности. Космонавт о профессии и судьбе” (М.: Альпина Паблишер, 2018) повествует о космосе как о тысячелетней мечте, путеводной звезде и об испытании. Она посвящена силе человеческого духа, мужеству и отваге. Это большое научно-популярное издание представляет собой симбиоз биографии самого автора и истории отечественной космонавтики. Предисловие написал дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт А.А. Леонов.

Зачем люди стремятся в космос, на какие вопросы ищут ответы? Как отбирают в космонавты и как их готовят к полету? Что означает формула “здоровье как у космонавта”? Испытывают ли космонавты страх? Что космонавты делают на борту и в открытом космосе? Какими возвращаются? Чему космос способен научить и как можно применять эти знания на Земле? В чем суть профессии “космонавт”? –

На эти и многие другие вопросы отвечает член-корреспондент РАН Юрий Батурин. Автор рассказывает и о своем пути в освоении профессии “космонавт”. С дотошностью ученого и опытного летавшего космонавта автор разбирает ее суть, особенности, способы овладения ею и – как пик реализации себя в профессии – работу на орбите.

Юрий Батурин участвовал в двух космических полетах: 26-й основной экспедиции на российскую станцию “Мир” (КК “Союз ТМ-28”, 13–25 августа 1998 г.; Земля и Вселенная, 1999, № 3) и в экспедиции посещения на Международную космическую станцию (КК “Союз ТМ-32”, 28 апреля – 6 мая 2001 г.).

Названием книги – “Властелины бесконечности” – послужила фраза из шекспировской трагедии “Гамлет”, она же приведена и в качестве эпиграфа: «Заключите меня в скорлупу ореха, и я буду чувствовать себя повелителем бесконечной Вселенной». Бесконечность важна для каждого – несмотря на то, что человек конечен, но он живет и соприкасается с ней.

Герой России, летчик-космонавт О.Г. Артемьев так отзывается об этом издании: «Космос неисчерпаем. С каждым новым полетом



приходит и более глубокое его понимание. Книга Юрия Батурина – из тех, что обязательно надо прочитать и тем, кто летает, и тем, кто задумывается о полетах в космос. Но также и тем, кто выбирает свой путь на Земле. Уверен, что у тех людей, кто ступит первыми на поверхность Марса, и тех, кто первыми покинет Солнечную систему в поисках новых планет, эта книга будет в числе обязательных для прочтения».

Книга рассчитана на широкую аудиторию читателей, интересующихся космонавтикой. Издание наполнено рисунками, схемами и фотографиями, сделанными автором во время космических полетов.

⁸ Крюков С.С. Избранные работы. Из личного архива. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

⁹ Сергей Сергеевич Крюков: о товарище, руководителе, личности // Из плеяды создателей ракетно-космической техники. Калуга: «Фэстпринт», 2008.

Космос Фалеса

А.В. КУЗЬМИН,

кандидат физико-математических наук
Институт истории естествознания
и техники им. С.И. Вавилова РАН

Кто первым построил аналитическую модель Космоса и создал основу современного календаря? Откуда берет начало идея Земли, плавающей в водах бесконечного мирового Океана? Кто заложил основы геометрии и впервые интуитивно построил геометрическую модель явления солнечного затме-

ния? – Это все сделано одним ученым, первым ученым нашей цивилизации – Фалесом Милетским (ок. 640–562 г. до н.э.) – самым ранним из известных философов милетской школы, жившим на рубеже VII–VI вв. до н.э. Именно Фалес из Милета (Малая Азия) стал автором геоцентрического Космоса (с греч. – по-

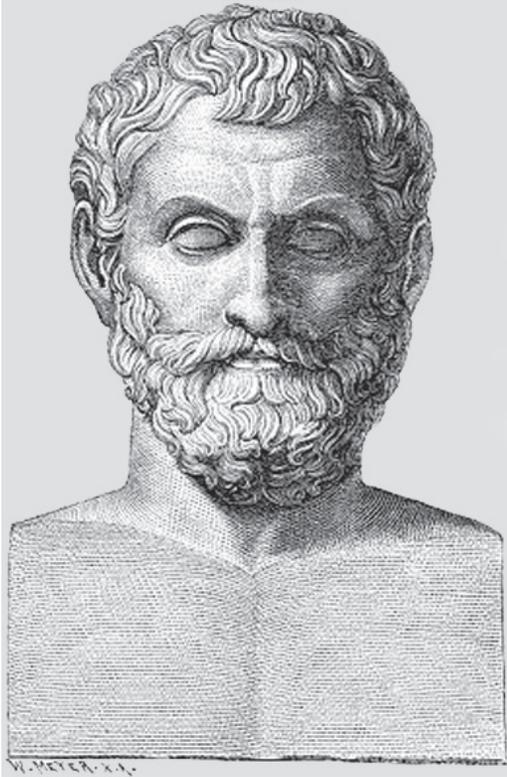
рядок, упорядоченность), пришедшего вслед за мифопоэтическими представлениями, заимствованными греками у соседних с ними восточных культур. Построениям моделей пространства Фалеса впервые в истории науки были свойственны черты знания, основанного на логическом анализе наблюдений природных явлений.

МУДРЕЦ ФАЛЕС
И КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Фалес – один из наиболее ярких представителей и фактически основатель милетской школы – самой первой философской школы Древней Ионии (область на западном побережье Малой Азии, у Эгейского моря, ныне – Турция). В то время в греческом Милете зарождается современная европейская наука. Есть несколько сходных версий относительно точного времени жизни великого уче-

ного. Достоверным можно считать лишь то, что родился Фалес между 35-й и 39-й олимпиадой, а умер в 59-ю – то есть между 624 г. и 548 г. до н.э. в нашем летоисчислении. Единственная точная дата, связанная с жизнью Фалеса, – 585 г. до н.э., поскольку именно в этот год в Милете наблюдали предсказанное им солнечное затмение, после чего он и стал особенно знаменит.

Именем Фалеса принято начинать символический список “семи мудрецов”, в который (после него) вошли: Анаксагор



Фалес Милетский. Рисунок со скульптурного портрета времен римской империи (II в. н.э.).

(ок. 500 г. до н.э. – 428 г. до н.э.), Аристотель (384 г. до н.э. – 322 г. до н.э.), Биант Приентский (625–540 гг. или 642–577 гг. до н.э.), Солон Афинский (между 640 и 635 гг. около 559 г. до н.э.), Пифагор (570–490 гг. до н.э.) и Эпитменид (VII в. до н.э.). Эти люди были не просто учеными и философами, но и выдающимися государственными деятелями.

Уже в V в. до н.э. имя Фалеса было одним из наиболее популярных, тогда его называли “первым философом”. Впоследствии, ссылаясь на мнения древнейших мудрецов, Фалеса упоминает и Платон в диалоге “Государство” (360 г. до н.э.).

Обстоятельства рождения Фалеса достоверно не известны. Вероятно, в Милете он поселился достаточно поздно.

В первой половине жизни получил хорошее образование и много путешествовал. Источники сообщают, что довольно долго он жил в Мемфисе и Фивах, где был сопричастен важным делам государственного управления: в частности, занимался исследованием причин наводнений и прогнозировал грядущие уровни разливов Нила, что было необходимо для планирования хозяйственной деятельности.

По мнению историков, Фалесом из Египта были привезены в Грецию основы геометрического знания. Во время периода, связанного с государственной деятельностью в Милете, у Фалеса появились ученики и последователи, которые и составили основу первой в истории европейской культуры – системы знаний, которую сегодня принято называть милетской школой.

К милетской школе относятся также Анаксимандр (ок. 611–546 гг. до н.э.) и Анаксимен (ок. 588 – 525 гг. до н.э.), пытавшиеся



Анаксимандр. Бюст римского времени (II в. н.э.).



Схема Космоса, по представлению Анаксимандра.

создать космологические модели. В отличие от рационального Фалеса, они часто продолжали опираться в них на мифологические представления своих восточных соседей, используя элементы космогонических представлений, взятых из древнеиранской мифологии.

В картине Космоса Анаксимандра, который был учеником Фалеса, мы видим Землю – она занимает центральное положение, имеет цилиндрическую форму; находится в свободном состоянии в пространстве, которое по самому крайнему контуру окружено сферой, за которой “бушует” вселенский огонь. Солнце представляет собой своеобразный “иллюминатор” в “мир космического огня”. Эта сфера расположена на расстоянии, в 27 раз больше диаметра земного цилиндра. На высоте, превышающей диаметр земного цилиндра в 18 раз, находится сфера Луны. Ниже Луны – сфера неподвижных звезд – на высоте 9-ти диаметров земного цилиндра. Затмения Солнца, Луны и смена лунных фаз объясняются наличием особых механизмов закрытия “иллюминаторов-окон”. Звезды, таким образом, относятся к “подлунному” миру. Наиболее вероятно, что здесь имеет место заимствование идеи древнеиранской мифоло-

гии, согласно которой небо звезд – “самое низкое”. Расстояния до объектов неба соответствуют числовой последовательности; отношение диаметра цилиндра-Земли к его высоте также выражается отношением чисел 3:1.

Согласно космологическому учению Анаксимандра, пространство бесконечно, вечно и включает в себя множество миров. Многочисленные миры – космосы, порождаемые самой природой “бесконечного”, наполняют Вселенную: они рождаются, живут и погибают. Время Анаксимандра – есть выражение существующей predeterminedности рождения, жизни и гибели миров-космосов.

Выбор удаленности местоположений объектов неба от Земли (Солнца, Луны, звезд) соответствует яркости, которая, по мнению Анаксимандра, зависит от близости к “мировому огню”. Именно поэтому Солнце обращается по наиболее “высокой” (отдаленной) сфере, а звезды – по самой “низкой”. В центре сферы звезд расположена “дискообразно колонноподобная” Земля, обладающая “верхом” (где живут люди) и “низом” (противоположная сторона цилиндра). Земля при этом равноудалена от всех сфер (проявление геоцентризма).

Космос другого последователя милетской школы – Анаксимена – жившего несколько позже, так же обладает “верхом” и “низом”, но в целом представляется несколько иным. Он разделен на две части: сверхплотную “нижнюю” и относительно разреженную (но с определенными “уплотнениями”, “вихрями”, “потоками”) и “верхнюю”, заключенную в герметичную сферу. Земля – плоская (точнее – дискообразная), она делит замкнутое пространство неба на две части. Диск Земли “опирается” на воздух, как бы запертый в нижней полусфере. Главной мировой стихией Анаксимен считает воздух; движение небесных тел также происходит благодаря потокам “сжатого” воздуха. Небесные тела движутся только в верхней части полусферы, лишь

временами скрываясь за “горами”, опускаясь на низкие высоты; так что все явления Космоса, которые можно наблюдать, происходят именно в “верхней” части Космоса.

Итак, в модели Космоса Анаксимена полностью “проявлена” только верхняя полусфера. Все “исчезновения светил” – то есть заходы Луны, звезд (в том числе “наступление ночи”) происходят из-за того, что светила на время (по причине вращения неба) “исчезают” за высокими “горами” северной части земного диска. В этих “особенностях” движения небесных тел усматривается противоречие: непонятно, что происходит со сферичностью небосвода, отделенного “плоскостью” Земли. Возможно, что, если сам небосвод и сохраняет сферичность, то пути звезд, Луны и Солнца все равно пролегают в верхней части полусферы, без соблюдения правила обязательной сферичности движения; то есть их пути изгибаются перед горизонтом так, что их “невидимая” часть пути лишь скрывается за возвышенным рельефом, но всегда остается выше горизонта.

Возможно, что нижняя полусфера за-



Анаксимен. Изображение на медали эпохи Древнего Рима (I – II в. н.э.).

полнена “главным” элементом – воздухом, “выталкивающим” не только Землю, но и небесные объекты, которые, согласно Анаксимену, также могут содержать (по словам представителя Афинской школы неоплатонизма Симпликия, ок. 490–560 гг. н.э.) “некоторое число земляных (то есть материальных) тел”.

Ранние греческие философские модели Космоса (модели милетской школы) включают многие элементы более ранних, мифологических моделей восточных культур; часто различные элементы этих моделей противоречат не только сами себе, но и возможным наблюдениям. Анализ этих противоречий (их преодоление) создают основу возникших позднее моделей Космоса, первая из которых будет принадлежать Пифагору и его школе. Причем наиболее ранняя из моделей милетской школы – модель Фалеса, с точки зрения современных знаний, представляется наиболее адекватной существующей теперь физической картине Мира – за исключением того, что пространство Фалеса имеет ограниченный радиус.

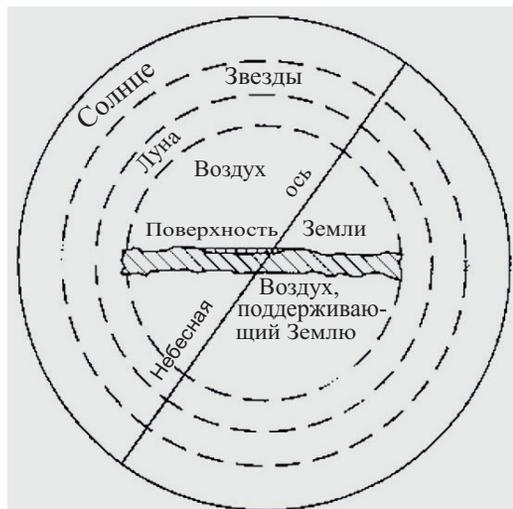
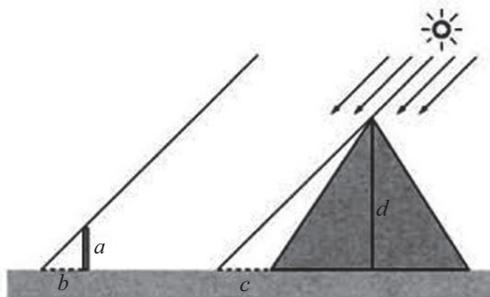


Схема Космоса, согласно Анаксимену. Современная реконструкция.

Фалес Милетский был первым философом, который стал рационально рассуждать о природе. Он не был склонен к фантазиям, к которым оказались весьма склонны его ученики и последователи. Наиболее полно мировоззрение Фалеса отражено в сохранившемся до наших дней тексте позднеантичного историка философии Диогена Лаэртия (Лаэртского, конец II – начало III вв. н.э.), в котором сказано, что Фалес началом всех вещей считал воду, а космос – живым существом, полным божественных сил. Кроме предположения, что Космос – живой, Фалес первым заявил, что души людей – бессмертны. Возможно, идею главенствующей роли воды в Космосе Фалесу подсказал его египетский опыт, в котором он непосредственно соприкасался с проблемой разливов Нила и их влияния на жизнь общества. В тексте Диогена Лаэртия сказано, что именно Фалес первым описал времена года и установил деление года на триста шестьдесят пять дней.

Другой античный автор – Иероним (342–419 гг. н.э.) сообщил, что Фалесу впервые удалось измерить высоту пирамиды по длине ее тени – в момент, когда его собственная тень была равна его росту; Фалес безошибочно указал,



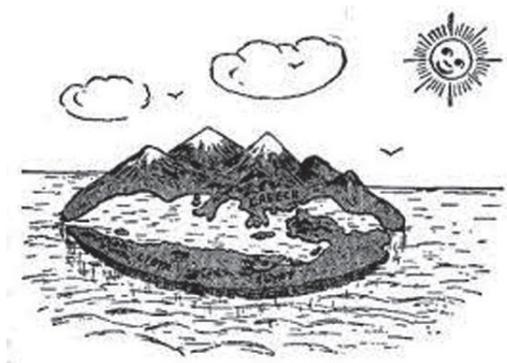
Чертеж, поясняющий способ измерения высоты пирамиды: если $a = b$, то $c = d$ (c – расстояние от центра основания пирамиды до края тени).

что в этот момент любой предмет отбросит тень, равную его собственной высоте.

Аристотель в книге “О небе” (ок. 345 г. до н.э.), пересказывая “древнейшую теорию” о неподвижности Земли, сообщает, что именно к Фалесу Милетскому восходит идея, согласно которой, Земля неподвижна и покоится на воде. Заметим, что вода в мировоззрении Фалеса – не просто опора Земли, но и первоначальный элемент, порождающий все, что есть в мире (“начало всех вещей”).

Философ Луций Сенека (4–65 гг. н.э.) также обращается к Фалесу, рассказывая, что, согласно его космологии, земной круг поддерживается водой и плавает как огромный корабль, и когда Земля трясется, то она на самом деле качается на волнах; и та же вода постоянно подпитывает реки, которые никогда не высохнут, поскольку весь мир окружен водой.

Фалес выстраивает довольно правдоподобную картину – пусть и не состоятельную, с точки зрения современной науки, в части “плавания Земли в Океане”. Но, заметим, что при определенном (хоть и неполном) охвате “картины Земли” она вполне соответствует



Космос, каким его представлял Фалес Милетский. Современная реконструкция.

уровню развития знаний того времени. Непосредственное наблюдение наличия “не иссекаемых вод” (в частности, возможности колодцев как источников воды, а также моря, очевидно, омывающего сушу), порождает предположение о наличии воды, как под землей, так и вокруг Земли, что вполне можно считать соответствующей его времени геологической гипотезе. Напомним, что “образ” современной математической модели Земли представляет собой “игрушечный шарик”, наполненный водой, а во время землетрясений земная кора ведет себя подобно листу водяной лилии на поверхности волнующейся воды.

ФАЛЕС – АСТРОМЕТРИСТ

Фалесу были известны основы астрометрии. Ему удалось впервые соразмерить видимые угловые диаметры Солнца и Луны с полной окружностью. Им было установлено, что равные между собой диаметры Солнца и Луны составляют $1/720$ часть полного небесного круга, или, говоря современным языком, их видимые угловые диаметры составляют $1/2$ (половину) градуса.

Доподлинно известно, что Фалесом было введено созвездие Малой Медведицы. Причина и целесообразность такого “открытия” заключена в том, что с развитием торгового мореплавания создавались и новые, более совершенные методы навигации. Созвездия составляли значительную часть природных навигационных ориентиров: к хорошо известной Большой Медведице (Большой Ковш, или Большой Воз) была “добавлена” Малая Медведица (Малый Ковш, или Малый Воз) в качестве дополнительного, уточняющего указателя Севера. Об этом сообщает поэт Каллимах из Кирены (около 310 г. – 240 г. до н.э.). В поэме “Ямбы” он пишет, что Фалес буквально “вымерил” звездочки Малого Воза, ориентируясь по которому плавают финикийцы.

Вероятно, Фалесом была написана книга, посвященная астрономическим способам ориентирования во время морских плаваний; она известна в истории как “Морская астрономия”. Симпликий называет эту книгу единственным завершенным трудом, который удалось написать Фалесу, поскольку он смог серьезно заняться изучением природы, только после того, как пришло время удалиться от государственных дел.

Фалесом были установлены точки “солнцеворотов” и “равноденствий”, то есть тех положений Солнца на небе, которые нам сегодня привычнее называть точками весеннего и осеннего равноденствий (летнего и зимнего солнцестояний). Он научился предсказывать точные моменты этих явлений, создав одну из первых календарных систем современного типа с целым и примерно равным числом дней “внутри” одного солнечного (годового) цикла.

Только, в отличие от нашего календаря, в календаре Фалеса все месяцы длились ровно 30 дней, а в конце года добавлялись 5 или 6 (один раз в 4 года) дней. Таким образом, год состоял из 12 месяцев по 30 дней, с пятью или шестью дополнительными днями в конце годового цикла. Начало года всегда должно было приходиться на день пребывания Солнца в точке весеннего равноденствия; сейчас эту дату называют астрономическим Новым годом.

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ И ПРИРОДА НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

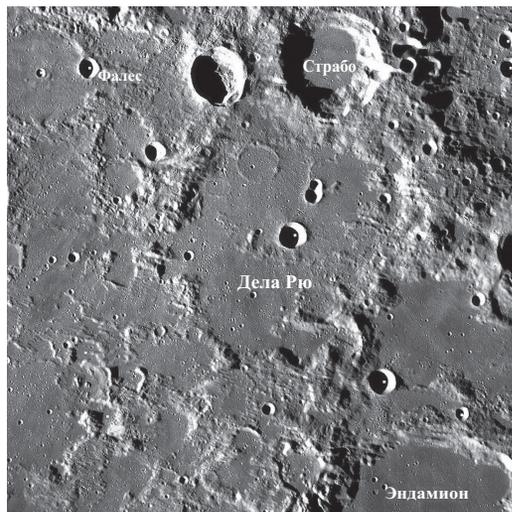
На основании сохранившихся античных текстов можно утверждать, что Фалес первым объяснил природу солнечных затмений. Согласно Цицерону, Фалес Милетский первым понял, что затмения Солнца происходят вследствие покрытия его Луной, пояснив, что происходить солнечное затмение может хоть и не во всякое новолуние, но все-таки только в новолуние. Таким образом, Фалесу

удалось предсказать полное солнечное затмение, которое произошло 28 мая 585 г. до н.э., что и сделало его имя известным во всех последующих веках.

Фалес безошибочно предугадал материальную природу небесных тел: по его мнению, звезды состоят из земли (земной материи), но при этом раскалены; к такому выводу, вероятно, можно прийти, разглядывая раскаленные угли. Есть тексты, где Фалес говорит сразу и о затмениях, и о природе Луны. Согласно одному из них, затмение Солнца происходит, когда Луна (по своей природе “землеобразная”, то есть по составу сходная с Землей) проходит под ним по отвесной линии, причем видно это, когда наблюдатель находится на одной прямой по отношению к Солнцу и к Луне. О природе Солнца, в представлении Фалеса, так же известно, что оно – “землистого” состава. Звезды тоже состоят из горячей материи; Солнце и Луна нагреты до различных температур. Представления Фалеса о природе солнечных затмений полностью соответствуют современным знаниям, они происходят тогда, когда наше светило от наблюдателя закрывает Луна.

Картина Космоса Фалеса представляется значительным шагом в понимании Вселенной (по сравнению с мифологическими моделями цивилизаций Востока), поскольку обладает многими аналитическими компонентами: например, верным суждением о “землистой” (материальной) природе небесных тел, о различных температурах этих тел – более яркие из которых больше раскалены, чем менее яркие. Фалесу свойственно верное геометрическое ощущение природы солнечных затмений (и в целом основ геометрии неба), при утверждении наличия в Небе духовных начал.

И, наконец, Фалес Милетский – основоположник геоцентризма, поскольку геометрическая основа его картины мира заключена в том, что явления мате-



Окрестности кратера Фалес на видимой стороне Луны. Высота вала над окружающей местностью достигает 930 м, объем кратера составляет приблизительно 660 км³. Снимок получен 12 декабря 2011 г. АМС “Лунный орбитальный разведчик”. Фото NASA.

риальных тел, разогретых до различных температур, происходят “вокруг” неподвижной Земли. Согласно его космологическому учению, Космос одушевлен и наполнен божественными силами; вода (водная стихия как один из первоэлементов) – начало всех вещей; Земля покоится на воде; землетрясения случаются из-за подвижности воды; Земля – центр мира и его опора – как физическая, так и духовная.

До сих пор все школьники изучают одну из основных геометрических теорем – теорему Фалеса о пропорциональных отрезках. Международный астрономический союз в 1935 г. присвоил имя Фалеса Милетского одному из хорошо сохранившихся ударных кратеров Северного полушария Луны диаметром 30,8 км и глубиной 4,5 км с селенографическими координатами 61,74° с.ш. и 50,27° в.д.

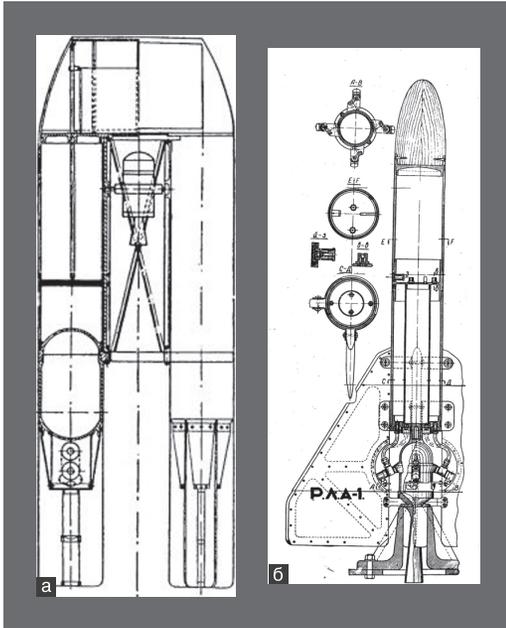
Творческая деятельность В.П. Глушко в области создания космических ракет

В.С. СУДАКОВ,
главный специалист,
член-корреспондент РАКЦ
В.Ф. РАХМАНИН,
кандидат технических наук
АО “НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко”

2 сентября 2018 г. исполнилось 110 лет со дня рождения дважды Героя Социалистического Труда академика Валентина Петровича Глушко – выдающегося ученого и конструктора, одного из пионеров создания ракетно-космической техники, основоположника жидкостных ракетных двигателей в нашей стране. Он внес значительный вклад в создание мощных двигателей, обеспечивших вывод в космос практически всех отечественных космических аппаратов, начиная с первого спутника, первого пилотируемого полета, вплоть до орбитального комплекса “Мир” и многообразной космической системы (МКС) “Энергия” – “Буран”. Двигатели, созданные под его руководством, были установлены на многих типах боевых баллистических ракет, обеспечивших создание надежного стратегического щита нашей Родины (Земля и Вселенная, 1998, № 5; 1999, № 1, с. 101–104; 2008, № 4; 2009, № 6, с. 103–104).



Академик В.П. Глушко. 1968 г.



Проекты ракет РЛА-100 (а) и РЛА-1 (б) конструкции В.П. Глушко. 1930–1933 гг.

Известно, что В.П. Глушко еще с юношеских лет мечтал и о создании ракет. Об этом он писал в письмах к К.Э. Циолковскому, разработке космического корабля была посвящена и его студенческая дипломная работа. К практическому проектированию экспериментальных ракет В.П. Глушко приступил в начале 1930-х гг. в Газодинамической лаборатории (ГДЛ).

В 1930–1933 гг. в ГДЛ одновременно с двигателями II отделом под руководством Валентина Петровича разрабатывались экспериментальные жидкостные ракеты серии РЛА – реактивные летательные аппараты. Основной разрабатываемой ракетой стала РЛА-100 с расчетной высотой вертикального подъема до 100 км, стартовой массой 400 кг (в том числе, масса топлива – 250 кг и полезного груза – 20 кг), тягой двигателя 3000 кгс и временем работы 20 с. Для стабилизации полета предусматривалась установка двигателя выше центра тяжести ракеты на карданном подвесе (при стабилизации двигателя непосредственно гироскопом). В головной части ракеты размещались метео-

рологические приборы с парашютом и автоматом для выбрасывания их в атмосферу; в нижней части корпуса – аккумуляторы давления со сжатым газом для подачи компонентов топлива в двигатель; расположенные в верхней части баки предназначались для окислителя, в средней части – для горючего; материал баков и аккумуляторов давления – высокопрочная сталь. Нижние части корпусов несли дюралюминиевое оперение. Баки и другие отсеки ракеты находились в производстве на “Мотовилихинских заводах” в Перми.

В 1933 г. с целью предварительной проверки способов старта и управления были разработаны вспомогательные ракеты РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 (длина – 1,88 м, диаметр стального корпуса – 195 мм) с двигателями тягой 250–300 кгс. Эти ракеты были весьма просты по конструкции и предназначены для вертикального взлета на высоты 2–4 км. Старт предусматривался без направляющего станка с пускового стола. Бак горючего помещался внутри бака окислителя, использовалось азотнокислотно-керосиновое топливо, подавалось сжатым азотом из аккумулятора давления. РЛА-1 и РЛА-2 – неуправляемые ракеты, РЛА-3 – управляемая ракета, отличавшаяся от РЛА-2 применением в корпусе приборного отсека с двумя гироскопическими приборами.

Ракеты РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 изготовлялись в механических мастерских Монетного двора и ГДЛ в Петропавловской крепости. РЛА-1 прошла стендовые испытания в конце 1933 г. К пуску готовилась и ракета РЛА-2, прошедшая, как и РЛА-1, пневматические и гидравлические стендовые испытания. Изготовление РЛА-3 в 1933 г. не было завершено. Только нелепая случайность не позволила

стартовать 31 декабря 1933 г. ракете РЛА-1 с двигателем ОРМ-52. В день пуска ударил мороз, достигший вечером к моменту старта -30° С. При команде “старт” загустевшая смазка не позволила открыться пусковому клапану и пуск не состоялся. Дальнейших попыток запуска ракеты не предпринималось, так как в начале января 1934 г. почти все сотрудники отдела вместе с В.П. Глушко переехали в Москву во вновь организованный Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ; Земля и Вселенная, 2013, № 5) и проектированием ракет больше не занимались.

Далее, как позже вспоминал Валентин Петрович, «нужно было выбирать, и я выбрал то, с чего начинается ракетная техника, то, что лежит в ее основе, определяет ее возможности и лицо – ракетное двигателестроение». Все его проработки по РЛА были переданы в подразделение РНИИ по ракетам, однако оказались невостребованными.

Занимаясь созданием ЖРД, В.П. Глушко продолжал следить за тенденцией развития космического ракетостроения. Проектируя перспективные ракетные двигатели, он предлагает свои варианты дальнейшего прогресса в этой области. Так, в августе 1956 г. Валентин Петрович направил Главному конструктору С.П. Королёву предложение приступить к проектированию ракеты Р-8, которая по дальности и грузоподъемности существенно превосходит находящуюся в разработке МБР Р-7. Для этой ракеты в ОКБ-456 (ныне АО “НПО Энергомаш им. В.П. Глушко”) были проведены проектные работы по созданию двигателей тягой 200 тс, то есть в 2,5 раза мощнее, чем у Р-7. Эта идея поддержки у С.П. Королёва не нашла.

В феврале 1960 г. Валентин Петрович обращается к С.П. Королёву, а затем в марте того же года к М.К. Янгелю с инициативой начать проектирование двух космических ракет: тяжелого класса Р-10 и сверхтяжелого класса Р-20. Эти



Начальник отдела ГДЛ В.П. Глушко. 1930 г.

ракеты должны были обеспечить нашей стране на долгие годы приоритет в освоении ближнего и дальнего космоса. По замыслу В.П. Глушко четырехступенчатая ракета Р-10 с поперечным делением ступеней имела стартовую массу 1500 т, топливо – кислород и керосин, тяга первой ступени – 1890 тс. Три начальные ступени комплектовались двигателями от первой ступени Р-9 с различной высотностью, на четвертой ступени устанавливался двигатель РД-119 тягой 10 тс. Все двигатели находились в завершающей стадии отработки. Сверхтяжелую ракету Р-20 предлагалось выполнить также в четырехступенчатом варианте со стартовой массой 2800 т, топливо – кислород и несимметричный диметилгидразин. Все ступени состоят из различного количества однокамерных двигателей тягой 100–120 тс, работающих по схеме с дожиганием генераторного газа.



Выступление В.П. Глушко на совещании. 1969 г.

Идеи В.П. Глушко были своевременными и прогрессивными, но не были приняты, так как в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва уже приступили к проработке собственного проекта сверхтяжелой ракеты Н-1, а ОКБ-586 (ныне КБ «Южное» им. академика М.К. Янгеля) было загружено созданием ракет по боевой тематике.

Однако складывающееся в мировом космическом ракетостроении положение продолжало вызывать у Валентина Петровича беспокойство и он обратился 30 апреля 1960 г. к С.П. Королёву с письмом, в котором изложил свою позицию: «ОКБ-456 полностью разделяет опасения, связанные с неизбежной длительностью создания новых носителей с двигателями, обладающими особо вы-

сокими характеристиками, и вытекающей отсюда опасности временной потери приоритета нашей Родины в деле освоения космоса, поскольку в США ожидается в ближайшие годы создание ракеты-носителя «Сатурн» вдвое более тяжелой, чем Р-7. Поэтому ОКБ-456 целиком поддерживает точку зрения о необходимости создания улучшенной модификации ракеты-носителя на базе Р-7 со сроком разработки не более 1,5 – 2 лет, способной обеспечивать сохранение приоритета Советского Союза и на период, предшествующий созданию тяжелого носителя с высокоэффективными двигателями принципиально новой схемы». Далее следует техническое предложение: «...замена 4-х двигателей первой ступени Р-7 на 6 двигателей от ракеты Р-9 приведет к увеличению тяги первой ступени новой ракеты до 846 тс вместо 406 тс...» На это обращение Сергей Павлович ответил отрицательно: «По мнению ОКБ-1, делать промежуточный вариант тяжелого носителя вместо Н-1 нецелесообразно, так как это отвлечет силы от основной задачи – создания Н-1». Хотя и эта идея В.П. Глушко не была реализована, но жизнь показала правильность его позиции. В 1965 г. взлетела тяжелая РН «Протон», на первой ступени которой работают двигатели суммарной тягой 900 тс, созданные в ОКБ-456 и не нашедшие применения в РН Н-1. Создание этой ракеты укрепило международный космический авторитет нашей страны, о чем всегда заботился Валентин Петрович.

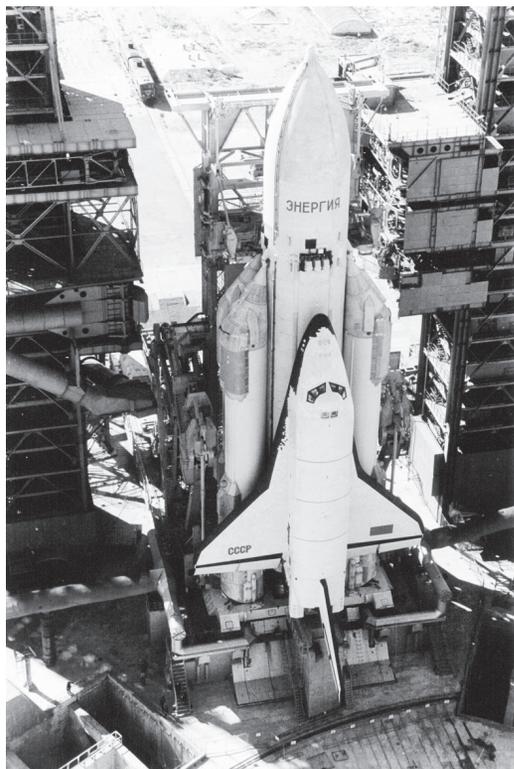
После приведенных попыток инициировать проектирование новых ракет в 1950–1960-х гг. к созданию ракетно-космических систем В.П. Глушко вернулся через много лет, когда в середине 1970-х гг. он возглавил НПО «Энергия». Им было задумано семейство мощных космических ракет РЛА. Как видно даже из названия этой серии – РЛА, – Валентин Петрович считал весьма символичным рассматривать эти работы как продолжение своих работ 1930-х гг. в ГДЛ. Из этой

Многоразовая ракетно-космическая система “Энергия” – “Буран” на старте. Космодром Байконур, 1988 г.

гаммы проектов практическую реализацию получила ракетно-космическая система “Энергия” – “Буран” (Земля и Вселенная, 1989, № 2; 2014, № 2). В ее основе лежала сверхтяжелая универсальная многоразовая РН “Энергия”.

На одном из первых технических совещаний в НПО “Энергия” В.П. Глушко изложил свою программу освоения космоса. Им предлагалось в ближайшее время создать ряд космических ракет-носителей РЛА-120, РЛА-125 и РЛА-150, то есть им задумывалась не единственная РН для решения ряда задач, а широкая программа дальнейшего освоения космического пространства, от тяжелых долговременных орбитальных станций до постоянно действующей лунной экспедиции. Для реализации программы предполагалось создать семейство ракет-носителей с широким диапазоном стартовых масс, которые строились по принципу блочной структуры с минимально возможным количеством маршевых двигателей большой тяги. Самая легкая из них РН РЛА-120 при стартовой массе 980 т выводила на околоземную орбиту полезный груз массой до 30 т, что на 10 т больше того, на что способна РН “Протон”. Самой мощной РН предлагался РЛА-150, способный вывести на орбиту полезный груз массой в 250 т. По итогам совещания, проведенного в августе 1974 г., проектантам НПО “Энергия” было поручено в течение года разработать единую программу создания космических систем и средств выведения.

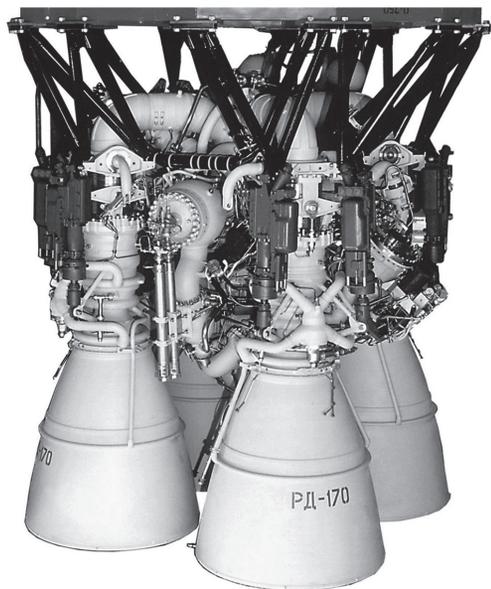
Ближайшими соратниками В.П. Глушко в НПО “Энергия” стали главные конструкторы по тематическим направлениям: Я.П. Коляко – по многоцелевым тяжелым носителям; И.Н. Садовский – по многоразовым транспортным космичес-



ким системам; Ю.П. Семёнов – по орбитальным станциям. Проработки конструкторов НПО “Энергия” под руководством В.П. Глушко в 1975 г. легли в основу правительственных постановлений. В феврале 1976 г. принимается постановление «О создании многоразовой космической системы и перспективных космических комплексов».

Ракета-носитель тяжелого класса “Энергия” является основной частью многоразовой космической системы “Энергия” – “Буран”. В процессе создания, до начала летных испытаний, система имела наименование “Многоразовая космическая система “Буран”. Ракета-носитель получила свое название “Энергия”, по предложению генерального конструктора В.П. Глушко в 1987 г., непосредственно перед первым пуском, а орбитальный корабль сохранил название “Буран”.

12 декабря 1976 г. Валентин Петрович утвердил эскизный проект многоразовой



Четырехкамерный двигатель первой ступени РД-170 ракеты-носителя “Энергия”. 1980-е гг.

системы, в которой главной составной частью стала двухступенчатая ракета-носитель с кислородно-керосиновой первой ступенью и кислородно-водородной второй ступенью. Создание двигателя первой ступени РД-170 (Земля и Вселенная, 2016, № 3) велось в КБЭМ под руководством В.П. Радовского (Земля и Вселенная, 2011, № 3), а двигателя второй ступени РД-0120 – в КБХА под руководством А.Д. Конопатова. Многообразие космической системы характеризовалась кратностью использования блоков первой ступени не менее 10 раз, орбитального корабля – до 100 раз.

К разработке был принят проект двухступенчатой ракеты-носителя пакетной схемы с параллельным расположением ступеней и боковым расположением полезного груза, в которой четыре боковых ракетных блока (А) первой ступени располагались вокруг центрального ракетного блока (С) второй ступени. Пакетная схема компоновки “Энергии” была выбрана благодаря ее универсальности, возможности выведения разнообразных крупногабаритных полезных грузов (пилотируемых кораблей и различных бес-

пилотных космических аппаратов) и возможности создания на ее базе ряда ракет-носителей в широком диапазоне грузоподъемности (масса 10–200 т) за счет изменения количества ракетных блоков первой ступени и использования различных вариантов блоков второй ступени, при этом в варианте с двумя блоками первой ступени могла выносить на опорную орбиту груз весом от 40 до 60 т, а в варианте с восемью блоками – от 170 до 200 т.

В КБ НПО “Энергия” были развернуты проектные работы по тяжелым и сверхтяжелым ракетам-носителям, создаваемым на базе комплекса “Буран”. Так появился грузовой вариант “Буран-Т”, где вместо орбитального корабля навешивался грузовой контейнер с полезным грузом. Вариант с двумя блоками А и уменьшенным транспортным контейнером разрабатывался под наименованием “Гроза” или РЛА-125. Сверхтяжелый носитель “Вулкан” (стартовая масса около 5000 т) для программы полетов на Марс и на другие планеты Солнечной системы разрабатывался по структуре пакета с восемью удлинненными блоками А



Проект сверхтяжелой ракеты-носителя “Вулкан” для программы полетов на Марс. Вид со стороны двигательной установки. 1980-е гг. Рисунок В.Е. Лукашевича. (Из сайта “Буран”)

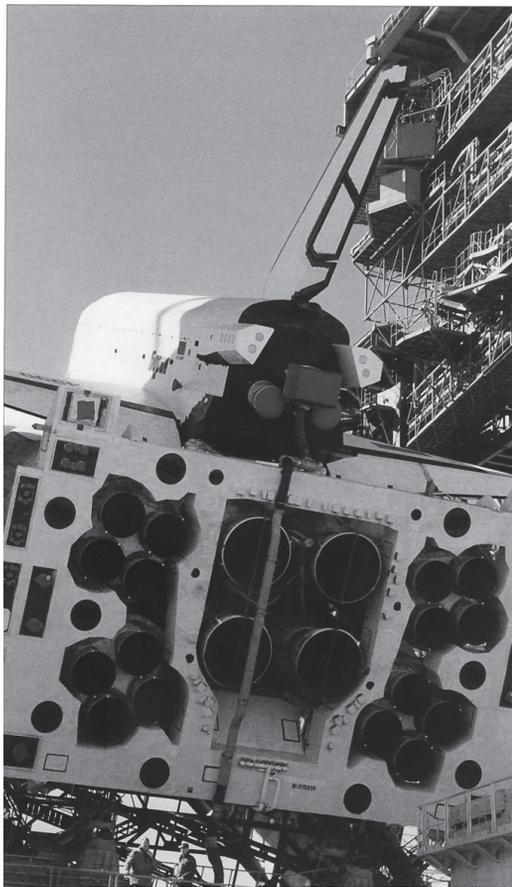
и центральным блоком С с увеличенной заправкой. Грузовой отсек располагался в головной части центрального блока. РН “Вулкан” могла выносить на опорную орбиту до 200 т полезного груза. В 1984 г. постановлением правительства были установлены сроки опытно-конструкторских работ: “Гроза” – 1986 г., “Буран-Т” – 1986–1993 гг., “Вулкан” – 1990–1995 гг., к нему разгонный блок “Везувий” – 1991–1995 гг.

Один из главных факторов, определивших качественный прогресс “Энергии” – новые мощные двигатели, прежде всего, двигатель РД-170 (на кислород-керосине) первой ступени с небывалой тягой свыше 800 т в пустоте и новый мощный двигатель второй ступени на водород-кислороде с тягой 200 т в пустоте. Понадобились принципиально новые технологические решения, совершенно новые технологии и материалы. Достаточно сказать, что в ракетном комплексе “Энергия” – “Буран” было использовано 82 новых материала, составляющих свыше 80% веса конструкции. Характеристики “новое” и “принципиально новое” относятся практически ко всем слагаемым системы “Энергия”. Создание двигателей первой и второй ступеней находилось под особой опекой В.П. Глушко. Советы главных по двигателю РД-170 он проводил в Химках, там же проводило совещания руководство министерства. Это был центр всей разработки: будет двигатель – будет и ракета.

Нельзя не упомянуть и о той ожесточенной борьбе мнений в связи с возникшими у некоторых ученых сомнениями о возможности вообще создать двигатель РД-170 на заявленные параметры. В этой борьбе вместе с В.П. Глушко и В.П. Радовским принятый проект отстаивали В.Я. Лихушин, А.М. Люлька, В.Ф. Уткин и другие прогрессивно мыслящие ученые.



Но не только двигатель был постоянной заботой Валентина Петровича; принятие принципиальных решений по теме в целом – будь то ракета, или орбитальный корабль, или наземные системы, – все оставалось за ним, генеральным конструктором НПО “Энергия”. Важным фактором, повлиявшим на успешную реализацию программы создания ракетного блока А, стало то, что параллельно с работами в НПО “Энергия” по созданию ракеты-носителя тяжелого класса “Энергия” в КБ “Южное” (генеральный конструктор В.Ф. Уткин, Днепропетровск) разрабатывалась ракета-носитель среднего класса “Зенит”. Ракетные блоки первых ступеней обеих ракет-носителей были максимально унифицированы, что было предусмотрено в концепции В.П. Глушко. Опережающие сроки создания РН “Зенит” сделали возможным во многом распространить на блок А результаты наземной и летной отработки блока первой ступени “Зенита”.



Двигатели первой ступени РД-170 и второй ступени РД-0120 МКС “Энергия” – “Буран”. Космодром Байконур. 1988 г.

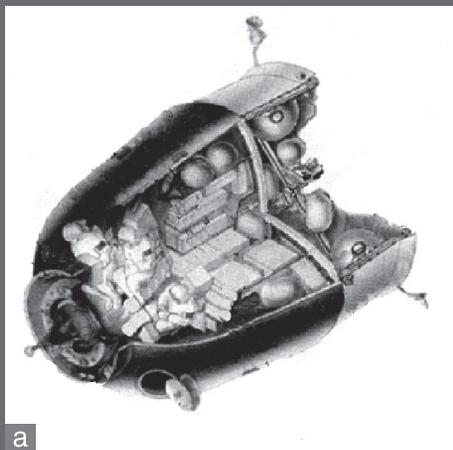
“Энергия” сверхтяжелого класса, не имеющая по своим возможностям аналогов в мировом ракетостроении.

Подготовка второго пуска ракеты-носителя “Энергия”, на этот раз с орбитальным кораблем “Буран”, проводилась очень тщательно. Основная тяжесть работ в период подготовки и пуска этой космической системы легла на Ю.П. Семенова – технического руководителя по кораблю “Буран”, и Б.И. Губанова – технического руководителя по МКС “Энергия” – “Буран”. Валентин Петрович по состоянию здоровья уже не мог принять участие в работах на Байконуре. Полет корабля “Буран” подтвердил правильность проектных и конструкторских решений, а также обоснованность и достаточность разработанной программы наземной и летной отработки.

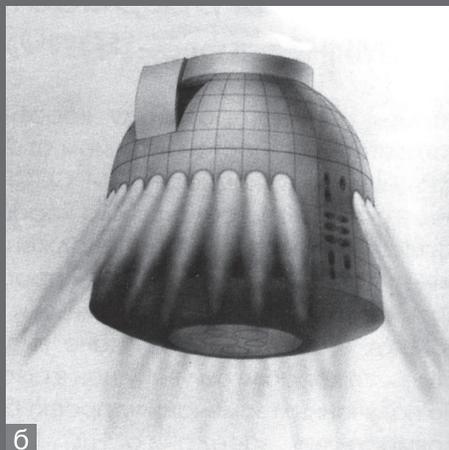
Среди проблем, решенных в процессе создания МКС “Энергия” – “Буран”, было определение ее схемы, на базе которой возможно построение целого ряда ракет-носителей не только разной грузоподъемности, но и различного типа выводимых на орбиту полезных грузов, в том числе многоразовых орбитальных кораблей. Работами по созданию МКС в Министерстве общего машиностроения руководили министры С.А. Афанасьев и сменивший его в 1983 г. О.Д. Бакланов, заместители министра В.Н. Коновалов, В.Х. Догужиев, О.Н. Шишкин, начальники главных управлений Ю.Н. Коптев, П.Н. Потехин и многие другие работники министерства. Особо следует отметить роль министра обороны Д.Ф. Устинова, который на протяжении всех лет создания “Энергии” оказывал моральную и организационную поддержку предприятиям, работающим по этой теме.

В создании МКС “Энергия” – “Буран” принимали участие коллективы конст-

Одним из важных факторов, повлиявшим на успешное завершение работ, стало создание универсального комплекса “стенд-старт” (УКСС) с учетом недостатков отработки РН Н-1. Этот стенд “решал” целый комплекс задач, но главное – он позволял проводить огневые стендовые испытания ракеты в целом. Следует отдать должное В.П. Глушко как генеральному конструктору, которому пришлось выдержать жесточайшие споры с руководством министерства и строительными организациями на введении в строй УКСС не позднее начала летных испытаний ракеты. Именно создание этого стенда-старта позволило осуществить первый пуск РН “Энергия”. Успешный пуск с первой же попытки показал, что создана универсальная ракета-носитель



а



б

Многоэтажный космический корабль “Заря” конструкции В.П. Глушко: а – схема, б – посадка. Рисунки из книги “РКК “Энергия” им. С.П. Королёва” (М.: Менонсвополиграф, 1996. С. 423).

рукторских бюро, научно-исследовательских институтов, заводов, воинских частей и других организаций СССР, главным образом Российской Федерации, техническую координацию деятельности которых осуществлял Совет главных конструкторов во главе с В.П. Глушко.

Вспоминая период деятельности Валентина Петровича как генерального конструктора НПО “Энергия” хочется отметить и еще один проект – многоэтажного корабля “Заря”, согласно Постановлению Совмина от 27 января 1985 г. Эскизный проект базового корабля был выпущен в 1 квартале 1987 г. и защищен на научно-техническом совете Министерства общего машиностроения. Корабль “Заря” создавался с учетом возможностей новой, более совершенной РН “Зенит”. Базовый многоэтажный корабль “Заря” был предназначен для:

– доставки экипажей численностью 2–8 человек и полезных грузов на постоянно действующую орбитальную станцию “Мир” и возвращения ее экипажа на

Землю в нужный момент (допустимая длительность полета корабля – не менее 195 сут, в последующем – до 270 сут);

– доставки и возвращения грузов в беспилотном варианте.

Энтузиастом проведения работ по созданию корабля “Заря” был К.П. Феоктистов (Земля и Вселенная, 2010, № 2). Работа проводилась под личным контролем генерального конструктора В.П. Глушко. Однако в январе 1989 г. работы по теме “Заря” были прекращены в связи с недостаточностью финансирования. К этому времени был завершен выпуск основной конструкторской документации в НПО “Энергия” и смежных организациях.

Успешные пуски РН “Энергии” подтвердили обоснованность конструктивных решений этой уникальной системы. МКС “Энергия” – “Буран” стала апофеозом деятельности выдающегося конструктора ракетно-космической техники академика В.П. Глушко. По словам академика Ю.П. Семёнова, «...Валентин Петрович Глушко был наш великий соотечественник,

великий ученый, великий гражданин нашей страны. У него было одно беспокойство, чтобы наша страна была мощной, и чтобы создаваемые им изделия превосходили все аналогичное, что создавалось за рубежом. О его активной деятельности можно сказать, что без Валентина Петровича не было бы ни того двигателя, который вынес на орбиту мощную ракету “Энергия”, аналогов

которой и сейчас нет во всем мире, ни самой “Энергии”...».

Валентин Петрович Глушко всегда смотрел и вел всех нас вперед, мы надеемся, что идеи, заложенные им в проекты ракет-носителей серии РЛА, в конструкцию МКС “Энергия” – “Буран”, еще будут востребованы нашими последователями и будут использованы в программах освоения планет Солнечной системы.

Информация

Новая карта льда на Луне

Научный сотрудник Отдела ядерной планетологии ИКИ РАН кандидат физико-математических наук А.В. Малахов составил карту распределения водяного льда в грунте южного полюса Луны (см. 2-ю стр. обложки, вверху). В ее построении использованы данные, полученные с помощью российского нейтронного телескопа ЛЕНД (работает на борту АМС “Лунный орбитальный разведчик”, “LRO”); в сентябре 2018 г. зафиксирован уже восьмилетний срок его исследований на окололунной орбите.

Прибор ЛЕНД/LEND (“Лунный исследовательский нейтронный детектор”/Lunar Exploration Neutron Detector) используется в ходе российского эксперимента программы исследований Луны; его научный руководитель – доктор физико-математических наук И.Г. Митрофанов (ИКИ РАН; Земля и Вселенная, 2007, № 5; 2009, № 6, с. 101–102; 2010, № 4; 2012, № 3, с. 73; 2013, № 1). В ходе эксперимента стал возможен сам

факт открытия водяного льда в южных приполярных районах. В некоторых местах Луны, по данным ЛЕНД, его доля по массе могла достигать 0,5% (в случае равномерного распределения по глубине). При этом массовая доля водяного льда может достигать 10% по массе – при условии, что богатый водяным льдом грунт расположен на глубине около 1 м под слоем сухого грунта.

В 2018 г. проведено исследование, основанное на результатах совместной обработки данных экспериментов, выполненных с помощью прибора МЗ АМС “Чандраян-1” (Индия; Земля и Вселенная, 2009, № 2, с. 90–91) и инструментов LAMP, LOLA и DIVINER, установленных на борту АМС “LRO” (Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 99–101; 2010, № 2, с. 34–35). В результате были выявлены возможные приполярные области, где лед может находиться на лунной поверхности. В подавляющем большинстве случаев это области постоянно затененных “холодных ловушек”, где температура опускается до 110 К. Сопоставление этих результатов с результатами эксперимента ЛЕНД показали лишь частичное перекрытие найденных бо-

гатых льдом областей. Главные отличия возникают там, где сверху находится лишь сухой грунт, а водяной лед располагается под ним (обнаруживается только с помощью прибора ЛЕНД).

Огромный интерес представляют данные, которые предполагают получить в результате будущих российских миссий по программе “Луна” в приполярные области этого небесного тела. Так, используя посадочные аппараты АМС “Луна-25” и “Луна-27”, ученые планируют не только получить образцы грунта с поверхности ближайшего спутника Земли, но и произвести криогенное бурение на глубину грунта более 1 м – для того, чтобы проверить наличие “летучих” веществ и, прежде всего, водяного льда. Тот факт, что (по данным эксперимента ЛЕНД) водяной лед присутствует на Луне в подповерхностном грунте освещенных Солнцем ее районов, значительно облегчает выбор мест посадок будущих космических аппаратов.

*Пресс-релиз ИКИ РАН,
20 сентября 2018 г.*

Представления о строении очагов сильных землетрясений

Е.А. РОГОЖИН,

доктор геолого-минералогических наук
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

В 1949–1955 гг. директором Геофизического института АН СССР (позже Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР) был академик Григорий Александрович Гамбургер (Земля и Вселенная, 2003, № 2). Одна из областей его научных интересов – проблема оценки сейсмической опасности.

На этой основе им была сформулирована на-



учная гипотеза о постоянстве сейсмического режима определенной системы сейсмических швов за большой промежуток времени (в несколько сотен лет). Эти революционные представления позже, после его ухода из жизни, были в значительной мере забыты российскими сейсмологами и специалистами по сейсмоtectонике.

В отечественной сейсмоtectонике в 1970-х – 1980-х гг. сложились противоречивые представления о причастности сейсмических очагов к определенным геологическим структурам. Московская школа сейсмологов и сейсмогеологов, в которую входили сотрудники ИФЗ АН СССР член-корреспондент АН СССР

И.Е. Губин (в 1960–1985 гг.), профессор Н.В. Шебалин (в 1970–1989 гг.) связывали сейсмические проявления с плоскостями крупных, в основном вертикально проникающих в недра, разломов. Академик АН СССР В.И. Кейлис-Борок с соавторами (1973 г.) пришли к выводу, что эпицентры крупных землетрясений



Сейсморазрыв Эль-Аснамского землетрясения 1980 г. Вид с вертолета. Фото Э. Филиппа.

“садятся” в дизъюнктивные узлы разных рангов, то есть сейсмические очаги образованы двумя или несколькими пересекающимися разломами разного простирания. Профессор геологического факультета МГУ Г.П. Горшков (1984 г.) активно настаивал на объемной природе очага землетрясения – он может быть связан с самыми различными, в частности блоковыми структурами, при условии накопления в них напряжений.

Представителями иркутской школы сейсмогеологов во главе с членом-корреспондентом АН СССР В.П. Солоненко и членом-корреспондентом АН СССР Н.А. Флоренсовым после Гоби-Алтайс-

кого землетрясения 1957 г. магнитудой $M=8,1$ в Монголии была изучена его эпицентральная зона: при этом сейсмическом событии очаг вскрылся на поверхности в виде системы разрывов на земной поверхности общей протяженностью более 200 км вдоль известного геологического разлома Богдо в горной цепи Гобийского Алтая. Это сделало исследователей иркутской школы приверженцами идеи о сейсмическом очаге как о форме активизации глубинного разлома.

Представления о сравнительно простом устройстве сейсмических очагов были типичны в 1970-е гг. для американской сейсмо тектонической школы в связи с тем, что множество хорошо изученных в США землетрясений связано с зоной разлома Сан-Андреас, где сейсмические разрывы сильнейших землетрясений, как правило, имеют сдвиговый характер. Сложные по структуре очаги охватывают узлы пересечения или сочленения разломов разных ориентировок, проявившихся на поверхности в конфигурации сейсмических разрывов, возникших после Эль-Аснамского землетрясения 1980 г. в Алжире ($M=7,3$) и ряда сильнейших землетрясений прошлого в Монголии. Они описаны французскими и алжирскими сейсмо тектонистами¹.

Таким образом, отсутствие ясных, непротиворечивых представлений о строении очагов сильнейших сейсмических событий было характерно и для ученых в основных развитых странах.

¹ Cisternas A., Dorel I., Gaulon R. Model of the complex source of the El-Asnam earthquake // Bull. Seismol. Soc. Amer, 1982. V. 72. № 6. P. 2245–2266.

Deschamps A., Gaudemer Y., Cisternas A. The El-Asnam earthquake of October 10, 1980; multiple-source mechanism from long-period records // Bull. Seismol. Soc. Amer, 1982. V. 72. P. 1111–1128.

Philip H., Meghraoui M. Analyse structural et interpretation des deformations de surface du seismed'El-Asnam du 10.10.80 // In: Reporte en bibliotheque du Centre National de Recherche et d'application des Geosciences, 1980. P. 66.

Две ветви сейсморазрыва Мо- годского землетрясения 5 января 1967 г. с $M = 7,8$: А – главный меридиональный разрыв. Максимальная амплитуда правостороннего сдвига составляет 3,2 м; надвиговое смещение измеряется величиной в 0,5 м; Б – главный диагональный разрыв юго-восточного простирания (правосторонний). Максимальная амплитуда правостороннего сдвига составляет 1,2 м; надвиговое смещение измеряется величиной в 2–3 м. Фото Р.А. Курушина.



В последние десятилетия XX – начале XXI в., в связи с использованием более совершенной записывающей аппаратуры в виде цифровых полевых сейсмостанций и новых методик математической обработки данных, сейсмологические наблюдения стали более детальными и надежными, чем ранее. После сильных землетрясений кроме сейсмологических стали проводиться разные другие геофизические исследования (в том числе геодезические работы – в частности, с применением методов GPS); лазерное сканирование местности, интерпретация повторных космических съемок территорий с применением метода InSAR (построен на использовании спутниковой радарной интерферометрии) и аэрофотосъемка. С одной стороны, все эти источники информации позволяют в комплексе, своевременно и детально изучить проявления сейсмического процесса, установить параметры и конфигурацию очага: в частности, с применением методов локальной сейсмической томографии; воссоздать периоды повторяемости



сильнейших землетрясений в голоцене (эпоха четвертичного периода, длящаяся последние 12 тыс. лет). С другой стороны, значительно улучшилась геолого-геофизическая изученность глубинных и приповерхностных горизонтов земной коры в сейсмоактивных регионах. Систематически стало проводиться геологическое обследование эпицентров сильных землетрясений, включающее детальное картирование остаточных деформаций грунта, выявление поверхностных и глубинных сейсмогенных геологических структур.

В конце XX и начале XXI веков практически во всех сейсмоактивных зонах Северной Евразии (Западная Туркмения,

Кызылкумы, Тянь-Шань, Алтай, Саяны, Сахалин и Курило-Камчатская островная дуга) произошли сильные и сильнейшие землетрясения. Некоторые из них превзошли значение ожидаемой максимальной магнитуды. Практически все они были своевременно изучены. В результате изучения зон возникновения сильных сейсмических толчков стало очевидным, что выявленные на поверхности свежие деформации проявляли активность и в прежние отдаленные времена; для ряда событий удалось провести анализ истории сейсмических проявлений в недавней геологической истории. Для позднего плейстоцена и голоцена такие сведения можно почерпнуть из результатов палеосейсмогеологических исследований (раздел сейсмоtectоники, посвященный изучению древних, доисторических землетрясений), популярных в последние десятилетия во всем мире. В этот период и в России были проведены палеосейсмогеологические исследования во многих регионах страны и в эпицентральных зонах сильнейших землетрясений.

В 1950–1960-е гг. в СССР были впервые разработаны основы палеосейсмогеологического метода В.П. Солоненко; они были применены для изучения следов древних, доисторических землетрясений, произошедших до эпохи инструментальных сейсмологических наблюдений (палеоземлетрясения) в Забайкалье и на Кавказе². Позже они получили широкое распространение во всех развитых странах. Палеоземлетрясения, так же как и современные сейсмические события с большими магнитудами, оставляли следы на поверхности земли – палеосейсмодислокации. Они бывают нескольких видов, но могут быть отнесены к двум большим группам – первичным или вторичным. Первичные, или сеймотектонические нарушения, представляют собой выход на поверхность земли

очагов землетрясений в виде разрывов. Вторичные, сейсмогравитационные и вибрационные дислокации, образуются в результате катастрофических явлений на склонах гор и разжижений грунта при воздействии сейсмических колебаний. К вторичным нарушениям поверхности относятся сейсмогенные оползни, обвалы горных масс, каменные, снежно-каменные и ледово-каменные лавины, осыпи, трещины, грифоны (выход подземных вод из водоносной породы в виде струи, поднимающейся выше поверхности земли или дна водоема) и грязевые вулканы. По данным об этих дислокациях можно составить представление о магнитуде и времени землетрясений в прошедшие эпохи. Их возраст определяется посредством радиоуглеродного, термолюминисцентного, археологического или других аналитических методов, а магнитуда – по длине первичных сейсморазрывов и амплитуде смещений элементов рельефа, а также по площади распространения вторичных дислокаций – обвалов, каменных лавин, структур разжижения грунтов и оползней. Полученные сведения о магнитуде и периоде повторяемости регистрируемых землетрясений, исторических сейсмических событий и палеоземлетрясений помогают оценить сейсмический режим на той или иной территории. Таким образом, палеосейсмогеология дает возможность восполнить недостаток статистических данных для регионов с умеренным уровнем современной сейсмической активности и на этой основе оценить их истинную сейсмическую опасность.

Обследование очаговых зон крупных землетрясений – работа коллективная, в ней участвуют специалисты разного профиля: сейсмологи, геологи, геофизики, геодезисты. Для изучения важнейших сейсмических событий на территории бывшего Советского Союза создавались комплексные экспедиции, в состав кото-

² Солоненко В.П. Палеосейсмогеология // Физика Земли. 1973. № 9. С. 3–16.



Сейсморазрыв Спитакского землетрясения. Смещение на поверхности: вертикальная амплитуда – до 1,5 м; горизонтальная, правосторонний сдвиг – 0,5–0,7 м. Фото автора.

рых входили как представители центральных профильных институтов АН СССР (главная роль в этих работах отводилась специалистам из ИФЗ АН СССР), так и сотрудники институтов национальных Академий наук тех союзных республик, на территории которых возникали эти землетрясения. В ряде случаев после начала “перестройки” для участия в экспедициях в их состав предлагалось войти ведущим иностранным специалистам из развитых стран Запада и Востока.

Примерами землетрясений, эпицентральные зоны которых были хорошо исследованы комплексными эпицентральными экспедициями, служат Газлийские (1976 и 1984 г.; Западный Узбекистан), Кумдагское (1983 г.), Бурунское (1984 г.; Западная Туркмения), Спитакское (1988 г.; Армения), Рачинское (1991 г.; Грузия) катастрофические сейсмические события. После распада СССР эта традиция некоторое время продолжала сохраняться.

Так, эпицентральные зоны Суусамырского (1992 г.; Кыргызстан) и Нефтегорского (1995 г.; о. Сахалин) сильнейших землетрясений были обследованы российскими учеными с привлечением киргизских специалистов – в первом случае, и японских – во втором.

В изучении Алтайского землетрясения (2003 г.), кроме представителей российских центральных и сибирских академических организаций, приняли участие также сотрудники Университета Страсбурга (Франция) и Кембриджского и Оксфордского университетов (Великобритания).

В последние годы для очаговых областей нескольких наиболее хорошо изученных землетрясений удалось разработать сейсмотомографические модели. Эти и другие собранные материалы позволяют применить обобщенный подход к сейсмотектонической интерпретации сейсмических очагов сильных событий, возникших в разных геодинамических обстановках.

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ
ПРОЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ
СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Начиная с 1980-х гг. в СССР (а начиная с 1991 г., в России) ряд исследователей (и в том числе автор статьи) участвуют

в выполнении программы изучения сейсмодислокаций в эпицентральных областях крупных землетрясений, которые происходили на этой территории. Так, сотрудниками ИФЗ РАН были проведены сейсмотектонические и палеосейсмологические исследования, вклю-

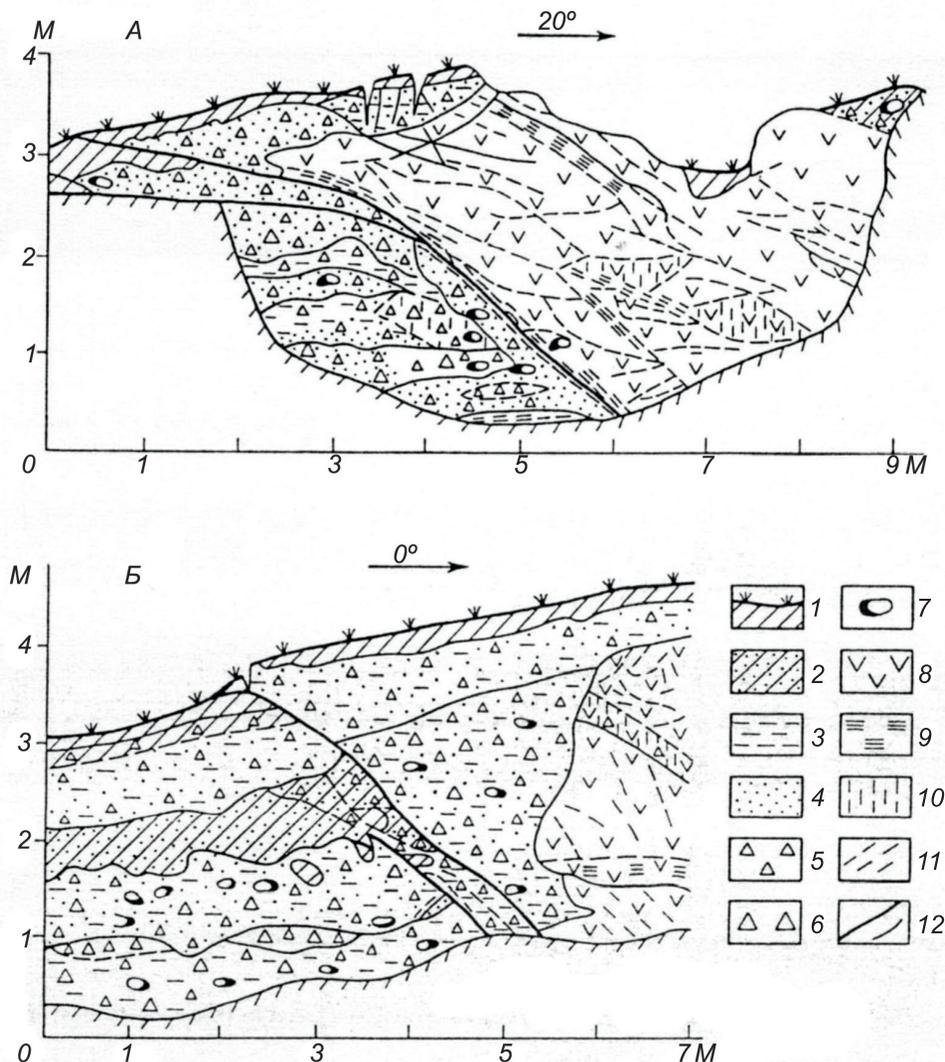


Схема строения сейсмогенного разрыва в траншеях близ г. Спитак (Армения): 1 – дерн и современная почва; 2 – древняя погребенная почва; 3 – суглинки; 4 – пески; 5 – дресва; 6 – щебни; 7 – гальки и мелкие валуны; 8 – вулканиды эоцена; 9 – зоны трещиноватости; 10 – зоны ожелезнения; 11 – крупные трещины; 12 – взбросо-сдвиги, возникшие при Спитакском землетрясении. Зарисовка автора.



Сейсморазрыв, возникший в результате Алтайского землетрясения. Фото автора.

чающие проходку траншей через сейсморазрывы и трещины, образовавшиеся в результате всех перечисленных выше землетрясений, а также Олюторского (Камчатский край, 2006 г.) и Тувинских (Республика Тува, 2011 и 2012 гг.) землетрясений. Все они возникли при разных тектонических обстоятельствах, а породившие их структуры, как выяснилось, имеют разную сейсмическую историю в голове.

Приведем наиболее показательные результаты изучения двух сильнейших сейсмических событий.

Спитакское землетрясение, произошедшее 7 декабря 1988 г. ($M=6,8$), было наиболее разрушительным на территории СССР. В результате землетрясения погибло, по меньшей мере, 25 тысяч человек. Оно произошло в Северной

Армении (на территории Малого Кавказа) и сопровождалось формированием системы поверхностных сейсмодислокаций: обширного поднятия земной поверхности (по результатам проведенной повторной нивелировки), первичных сейсморазрывов, оползней, обвалов горных масс, осыпей, просадок насыпных грунтов. Главный сейсмогенный разрыв общей длиной около 35 км пересек в северо-западном направлении северные склоны и отроги Памбакского хребта в районе горы Спитак. Он был приурочен к зоне Алаварского активного разлома.

Особенности близ поверхностного строения сейсмогенного разрыва и характер контакта горных пород по нему были изучены в траншеях: в них наблюдалось различное строение “крыльев”. Северовосточное “крыло” поднялось при землетрясении на высоту 0,3–0,5 м. Оно ока-



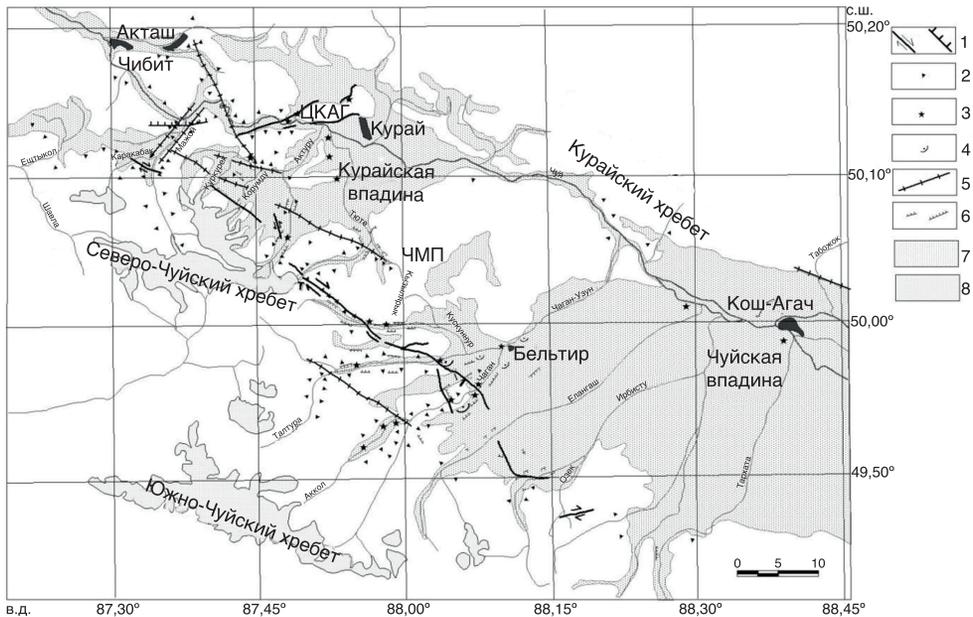
Правосторонний сдвиг, образовавшийся при Алтайском землетрясении. Фото А.Н. Овсяченко.

залось сложенным практически выходящими на поверхность древними вулканиками палеогена, а южное – опущенным мощной (до 9 м) толщиной молодых рыхлых отложений. Сейсмогенный разрыв погружается в недра в северо-восточном направлении под углом 40 – 50°, а близ поверхности – до 10 – 20°. Таким образом, он проходит вдоль геологического разлома того же структурного типа, с большой амплитудой молодых вертикальных смещений (более 9 м). В стенках траншеи были обнаружены следы трех древних сейсмических событий, происшедших около 24 000–25 000, 16 000–17 000 и 6000 лет назад с периодом повторяемости от 6000 до 10 000 лет.

Временная международная сеть сейсмических станций, которая была развернута в эпицентральной зоне сразу после главного удара, зарегистрировала несколько тысяч повторных толчков разной магнитуды; это позволило составить представление о строении сейсмиче-

ского очага на глубине. Очаг оказался приуроченным к верхним горизонтам земной коры, – углубляясь от поверхности на 10–14 км. Поле эпицентров афтершоков в виде узкой линейно вытянутой полосы сопровождало зону поверхностных сейсморазрывов. Хорошее качество регистрации повторных толчков землетрясения позволило французским и российским ученым (С.С. Арефьеву, К. Дорбат и др.) разработать сейсмотомографическую модель очага в недрах.

Согласно выявленным закономерностям распределения повторных толчков, очаг землетрясения в томографической картине распределения сейсмических скоростей выглядит как узкая зона относительно пониженных сейсмических скоростей продольных волн (V_p). Обычно значения V_p в пределах таких зон в среднем на 0,5 км/с ниже, чем в окружающих ненарушенных блоках коры. Эта зона в виде узкого “кармана” проникает в недра на глубину до средних горизон-



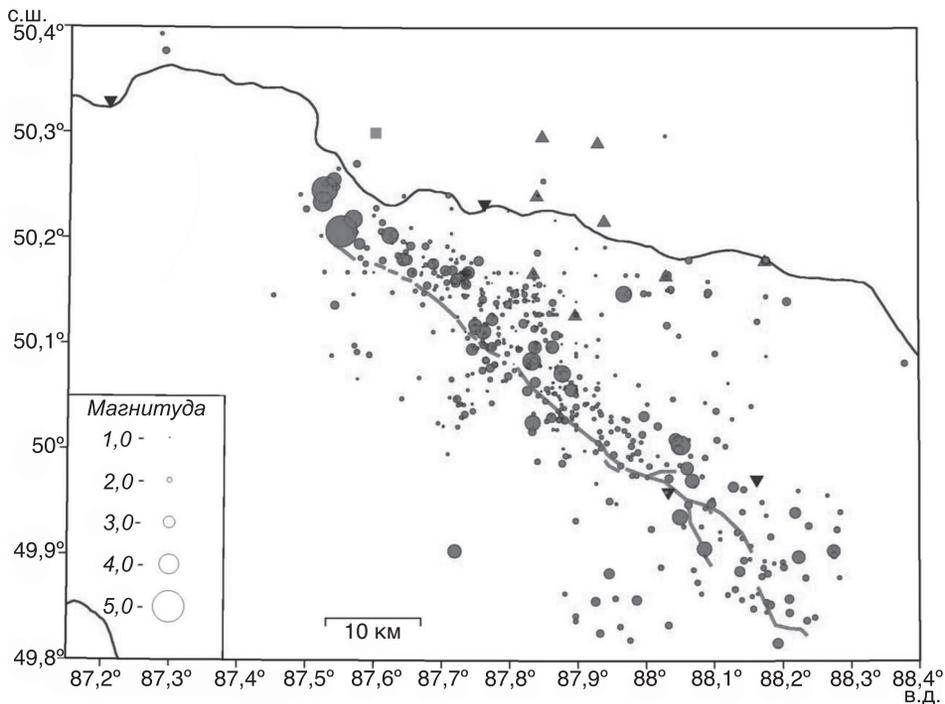
Карта распространения сейсмодислокаций: 1 – сеймотектонические разрывы (а – правые сдвиги, б – сбросы); 2 – обвалы и осыпи; 3 – разжижения грунта; 4 – оползни; 5 – сейсмогравитационные трещины отрыва и отседания склонов; 6 – трещины оседания склонов; 7 – разломы, обновленные в процессе резонансных колебаний; 8 – четвертичные озерные, речные и ледниковые отложения; 9 – крупнейшие современные ледники. ЦКАГ – Центрально-Курайская антиклинальная гряда, ЧМП – Чаган-Узунская перемычка между впадин. Материалы автора.

тов коры и местами наклонена к северу под углом примерно $60-70^\circ$, согласно с общим падением поверхности разлома, установленным геологическими наблюдениями на поверхности и в траншеях. Таким же образом погружаются гипоцентры афтершоков на глубине.

Алтайское (Чуйское) землетрясение ($M=7,3$) произошло 27 сентября 2003 г. и стало сильнейшим инструментально зарегистрированным землетрясением в Горном Алтае. Район очаговой зоны землетрясения оказался малонаселенным. Благодаря этому обстоятельству, а также по счастливой случайности землетрясение не сопровождалось жертвами, хотя были раненые, и много зданий значительно пострадали. Эпицентральная зона землетрясения принадлежит к обширному Алтай-Саянскому региону. Карта общего районирования России

(ОСР-97) в данном случае оказалась удачной, несмотря на отсутствие инструментальных и исторических данных о сильнейших толчках прошлого, сейсмическая опасность района была оценена вполне корректно. Важно отметить, что этот успех был обусловлен полученными в 1990-х гг. результатами: были своевременно проведены группой ученых ИФЗ РАН под руководством доктора геолого-минералогических наук Г.И. Рейснера сеймотектонические исследования по оценке сейсмического потенциала региона с помощью математического анализа комплекса геолого-геофизических и сейсмологических данных.

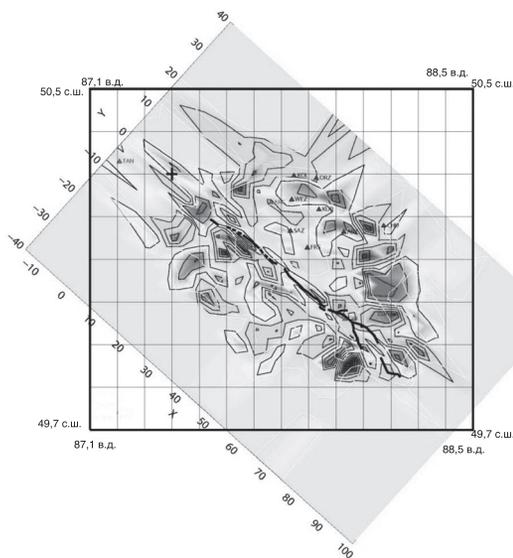
Геофизическая служба Сибирского отделения РАН постоянно совершенствовала сейсмическую сеть, и примерно за два года до землетрясения силами сейсмологов из Новосибирска были орга-



Карта эпицентров афтершоков Алтайского землетрясения, зарегистрированных временной сетью сейсмостанций ИФЗ РАН за полевые сезоны 2004 г. (темные кружки) и 2005 г. (светлые кружки). По данным ИФЗ РАН.

низованы наблюдения с использованием современной цифровой аппаратуры в непосредственной близости к очагу произошедшего в 2003 г. землетрясения. С помощью сети были продолжены наблюдения и после землетрясения: контролировалась при этом не только эпицентральная зона, но и прилегающие территории.

Научные коллективы из разных организаций проводили полевые исследования землетрясения. В первую очередь, это группы из Новосибирска (Геофизическая служба СО РАН, Институт геоло-



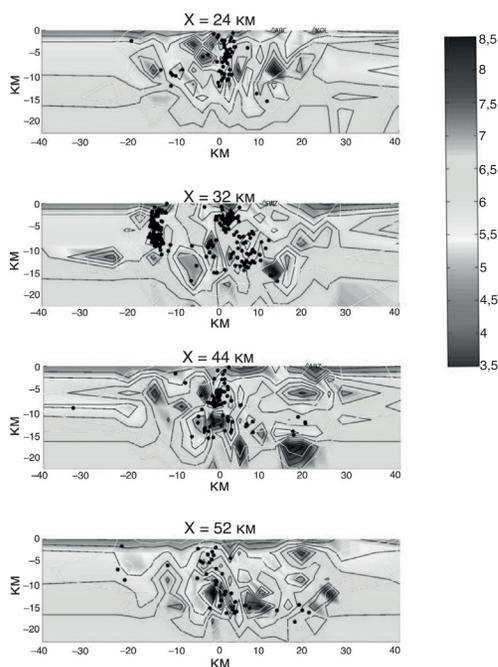
Карта распределения скоростей продольных сейсмических волн на глубине 3 км (темные оттенки – пониженные значения, светлые – относительно повышенные). Материалы автора.

Сейсмические томографические разрезы очаговой зоны Алтайского землетрясения (темные оттенки – пониженные значения, светлые – относительно повышенные, черными точками показаны гипоцентры афтершоков). Материалы автора.

гии СО РАН), Москвы (Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта – ИФЗ РАН), Иркутска (Институт Земной коры СО РАН). ИФЗ РАН организовал в 2003–2005 гг. оперативный выезд группы сейсмогеологов (при финансовой поддержке в виде экспедиционных грантов РФФИ). Коллективом ученых были обследованы поверхностные нарушения – сейсморазрывы, связанные непосредственно с процессом выхода очага землетрясения на поверхность.

Выяснено, что в ходе вспарывания земной коры очаг землетрясения вышел на поверхность в виде линейной, протяженной (более 70 км) цепи первичных сейсморазрывов. Ориентирована она в целом в северо-западном (иногда в близширотном) направлении и нарушает дневную поверхность на северо-восточных склонах Северо-Чуйского и Южно-Чуйского хребтов. Максимальная амплитуда горизонтального смещения составляет 1,5–2,0 м. На отдельных участках зафиксирована вертикальная компонента смещений величиной до 0,7 м. В зависимости от различий в строении зоны сейсморазрывов и характере проявления сейсмогравитационных дислокаций выделяется несколько участков, объединяющихся в три сегмента, – юго-восточный, центральный и северо-западный. На юго-восточном окончании зоны магистрального разрыва отмечается его разветвление на несколько отдельных нарушений, а на северо-восточном крыле обнаружена дополнительная ветвь первичного сейсморазрыва, простирающегося по широте.

По результатам палеосейсмологических исследований, в траншеях, пересекающих сейсморазрывы на разных от-



резках, в течение последних 8500 лет произошло шесть землетрясений с магнитудой $M = 7,0 \pm 0,2$ (период повторяемости продолжался около одного раза в 1400 лет) и четыре землетрясения с магнитудой $M = 7,5 \pm 0,2$ (период повторяемости – одно событие примерно в 2100 лет). Простираение зоны сейсморазрывов хорошо коррелирует с распространением длинной оси цепи эпицентров повторных толчков (при этом наиболее плотное скопление афтершоков непосредственно связано с зоной сейсмогенного разлома).

Точная локация афтершоков показала, что их расположение в пространстве находится в хорошем соответствии с выходом основного разрыва в очаге землетрясения на поверхность. По данным, полученным об афтершоках, очаг землетрясения имел следующие размеры: его длина составляла 75 км, максимальная ширина – 20 км, вертикальная протяженность – 17 км, средняя величина смещения в очаге – 2,5 м.

Согласно проведенному томографическому анализу сейсмологических материалов и геологическим данным, стабильные

блоки коры, окружающие очаговую зону с северо-востока и с юго-запада, характеризуются постепенным нарастанием с глубиной сейсмических скоростей. Очаговая область землетрясения сопровождается в недрах узкими зонами относительно пониженных сейсмических скоростей. Ширину и конфигурацию этих приразломных зон на глубине можно оценить по поперечным томографическим разрезам; она составляет обычно 2–3 км. Эти зоны в виде узких карманов близвертикально проникают в недра, до средних частей коры.

Итак, сейсмические очаги изученных землетрясений, как правило, размещаются в зонах крупных разломов. С нарастанием магнитуды землетрясения они становятся все более протяженными и сложными в структурном отношении. В рассмотренных случаях существуют сравнительно просто реконструируемые очаги, охватывающие плоскости крупных разломов (Спитакский очаг); или формирующийся в дизъюнктивном узле очаг. Он характеризуется объемной структурой, развит вдоль границ крупных сейсмогенных блоков (Алтайский очаг). Разные по строению очаги по-разному проявляют себя в структуре сейсмодислокаций на поверхности и в размещении гипоцентров афтершоков на глубине.

Аномально низкоскоростные полосы, выявленные с помощью метода локальной сейсмической томографии и соп-

ровождающие на глубине основные и дополнительные разломы в очаговых областях Спитакского и Алтайского землетрясений, по-видимому, являются зонами их динамического влияния. Разрушенные приразломные зоны, имеющие многочисленные трещины и разрывы, являются уже сильно разрушенными включениями в породах земной коры и представляют собой препятствия на пути сейсмических волн. Поэтому в их пределах продольные волны распространяются со сравнительно более низкой скоростью относительно ненарушенной геологической среды.

Результаты палеосейсмологического изучения сейсмических разрывов в траншеях показали, что возникновение сильных землетрясений в этих же очагах имело место и ранее, причем период повторяемости сильнейших сейсмических событий составляет от нескольких сотен до первых тысяч лет.

Как мы видим, собранные материалы о строении хорошо изученных очаговых зон сильных землетрясений на поверхности и в их недрах, о периодах их исторической активности полностью подтверждают представления Г.А. Гамбурцева о глубинном строении крупных сейсмоактивных разломов и их неоднократных активизациях в прошлом, сформулированные много десятков лет назад.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №18-05-00641).

Информация

Пылевая буря на Марсе

В период с 30 мая по 1 сентября 2018 г. на Марсе бушевала одна из крупнейших за последние 50 лет пылевых бурь, распространившаяся на значительную часть повер-

ности планеты (см. 3-ю стр. обложки, внизу). Марсоходу “Оппортьюнити” (“Opportunity”; Земля и Вселенная, 2004, № 1; 2004, № 3, с. 22–26), исследовавший в 2017–2018 гг. древнюю долину Персиверса на склоне кратера Индевор, пришлось перейти в “спящий” режим. Как сообщили специалисты NASA, последний се-

анс связи с марсоходом состоялся 10 июня 2018 г. «Мы не получали сигнал с марсохода на протяжении более двух месяцев», – отметил доктор Рэй Арвидсон (Университет Вашингтона в Сент-Луисе), – “из-за огромной пылевой бури, поэтому его солнечные батареи не получают достаточного количества энер-

гии. Аппаратура периодически включается, проводится проверка имеющегося заряда батарей и, в случае, если он слишком низок, аппаратура вновь возвращает марсоход в “спящий” режим. Когда буря окончится, то аппаратура должна включиться и послать радиосигнал. Мы внимательно следим за этим, но сигнала пока не получали. Если мы не свяжемся с ним через 45 дней, то команде придется сделать вывод о том, что блокирующая Солнце пыль и марсианский холод привели к

нарушению, от которого ровер больше не оправится. На этом активная фаза работы с ним будет завершена, но я уверен, что нам удастся его реанимировать», – подчеркнул он.

Напомним, что марсоходу “Оппортюнити” удалось совершить посадку на марсианское плато Меридиана в январе 2004 г. (к маю 2018 г. он в 55 раз превысил запланированный срок работы, проехав более 45 км); через три недели на поверхность планеты опустился другой марсоход – “Спирит” (“Spirit”), он рабо-

тал до марта 2010 г. (Земля и Вселенная, 2010, № 2, с. 24–25; 2011, № 4, с. 31–32). К 2020 г. NASA планирует доставить на поверхность Марса еще один марсоход для сбора информации, на основании которой ученые оценят вероятность существования жизни на планете в далеком прошлом, а также возможность существования человека на Марсе в будущем.

*Пресс-релиз NASA,
2 сентября 2018 г.*

Информация

Открытие новых спутников Юпитера

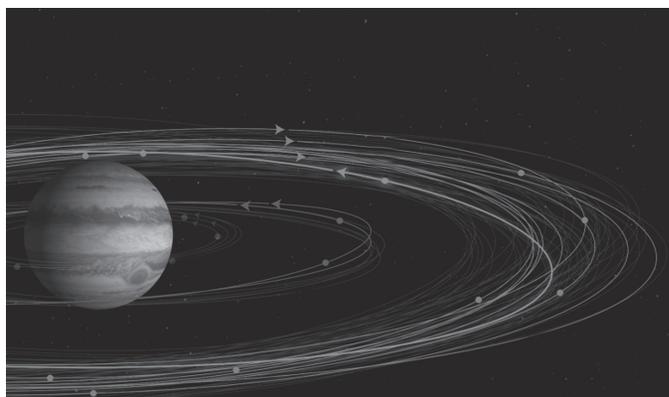
Астрономы открыли 12 новых спутников Юпитера – их теперь стало 79. Новые спутники зарегистрированы Центром малых планет Международного астрономического союза (МАС). Юпитер является рекордсменом по количеству известных спутников среди всех тел Солнечной системы (Земля и Вселенная, 2002, № 5).

Схема орбит и направлений движения разных групп спутников Юпитера, в том числе недавно открытых. Рисунок МАС.

Второе место занимает Сатурн с 65-ю его спутниками (Земля и Вселенная, 2008, № 2; 2009, № 4, с. 15; 2011, № 6, с. 35); затем в этом перечне – гиганты Уран (27) и Нептун (14), а также карликовая планета Плутон, у которой их 5 (Земля и Вселенная, 2006, № 6; 2015, № 6, с. 94–98). По два спутника имеют около десятка астероидов и Марс, а наличием одного

спутника могут похвастаться более сотни малых тел Солнечной системы.

В 2001–2004 гг. группа астрономов во главе со Скоттом Шепардом (астроном факультета земного магнетизма Института Карнеги, США) открыла около 40 спутников Юпитера. В 2016–2017 гг. ученые исследовали с помощью одного из 6,5-метровых Магелла-



новых телескопов и ряда других астрономических инструментов область неба, в которой теоретически могла находиться “Планета X” (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 44; 2005, № 5, с. 14; 2016, № 3, с. 74). По совпадению Юпитер оказался вблизи области обзора, и им удалось обнаружить еще два ранее неизвестных спутника.

В новом исследовании астрономы сообщают о 12 новых объектах, открытых весной 2017 г. с помощью 4-метрового телескопа им. Виктора Бланко в Чили. Для того, чтобы подтвердить открытие, проводились наблюдения с помощью нескольких наземных телескопов (например, 8-мет-

ровых “Джемини” и “Субару”); это позволило просчитать орбиты этих спутников.

Девять новых спутников являются частью удаленного от планеты внешнего роя объектов, которые движутся в ретроградном направлении (не совпадает с направлением вращения Юпитера). Этот рой включает в себя, по меньшей мере, три различные группировки спутников, которые считают остатками трех более крупных тел, разрушенных в ходе столкновений; они совершают один оборот вокруг планеты примерно за два года.

Два других спутника оказались частью более близкой – внутренней группировки; они

совершают оборот вокруг Юпитера менее чем за год и так же могут являться фрагментами более крупного тела. Один из спутников получил имя “Валетудо”, он может считаться самым малым (диаметр менее 1 км) среди известных на сегодняшний день спутников Юпитера. Валетудо движется во встречном направлении относительно внешней, ретроградной группы спутников, пересекая их орбиты.

*Пресс-релиз
Центра малых планет МАС,
16 июля 2018 г.*

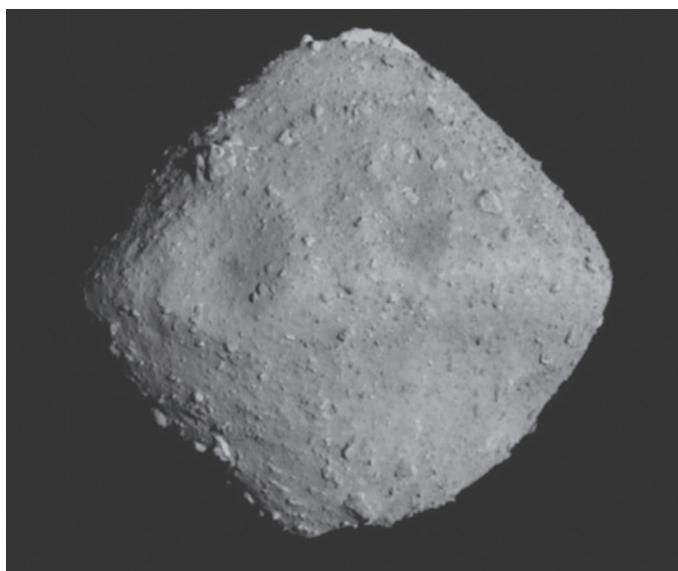
Информация

“Хаябуса-2”: исследование астероида

28 июня 2018 г. японская АМС “Хаябуса-2” (“Hayabusa-2”, в переводе означает разновидность птицы сокол – сапсан) достигла цели полета – сблизилась с астероидом (162173) Рюгу. Эта малая планета получила свое название из сюжета японской сказки о рыбаке, который посетил волшебный

подводный замок-дворец Рюгу – резиденцию властителя морской стихии дракона Рюдзина; отсюда рыбак привез домой таинственную бумаж-

ную коробочку, подаренную ему дочерью морского правителя. Рюгу (Ryūgū; 1999 JU3) относится к классу С из группы Аполлона, альbedo его по-

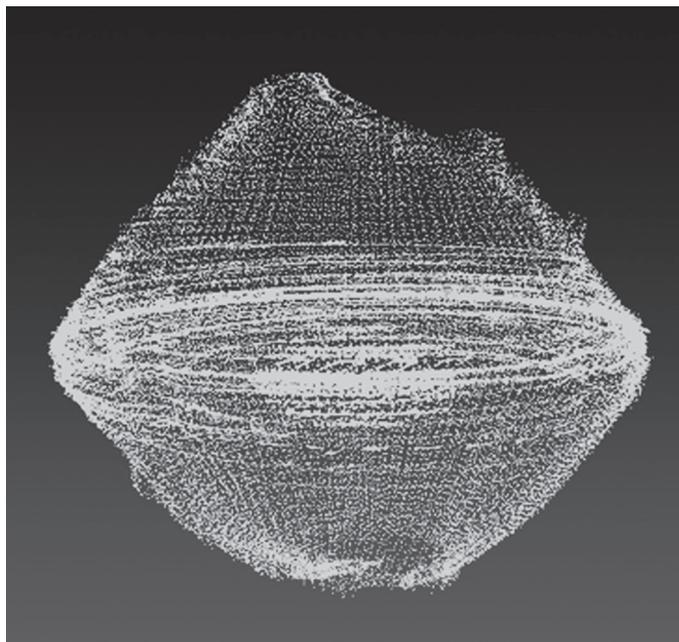


Астероид (162173) Рюгу. Снимок получен 26 июня 2018 г. с помощью навигационной камеры АМС “Хаябуса-2” с расстояния 22 км. Фото JAXA.

Сплюснутая форма астероида Рюгу, близкая к сферической. По данным лидара АМС “Хаябуса-2”, измеривший это небесное тело в июле – августе 2018 г. Рисунок JAXA.

верхности очень низкое, он находится на гелиоцентрической орбите высотой в перигелии – 144,095 млн км, в афелии – 211,809 млн км, с периодом обращения – 473,8 сут и наклоном – 5,88°; имеет ромбовидную и слегка сплюснутую форму; его масса – около 450 млн тонн; вращается вокруг оси с периодом 7,63 ч. Диаметр Рюгу оценивается примерно в 920 м – это почти в два раза больше, чем у астероида (25143) Итокава (209 × 294 × 535 м) класса S из группы околоземных малых планет Аполлон, частицы грунта с которого были доставлены на Землю 13 июня 2010 г. АМС “Хаябуса” (Земля и Вселенная, 2010, № 6, с. 49).

Напомним, что АМС “Хаябуса-2” размером 1,25 × 1,6 × 2 м и массой 590 кг была запущена 3 декабря 2014 г. с космодрома Танэгасима (Земля и Вселенная, 2015, № 2, с. 15). 7 июля 2018 г. станция вышла на орбиту вокруг астероида и до 16 июля дрейфовала со скоростью 2,9 см/с на расстоянии 20 км от Рюгу, проводя многократную съемку астероида с помощью оптической навигационной камеры и тестируя научные приборы. 16 июля начался медленный спуск станции к его поверхности. В период с 20 по 21 июля она выполняла фотографирование астероида, находясь на высоте



около 5 км от него. В течение июля и августа с помощью лазерного высотомера – лидара – измерялись размеры астероида (диаметр в плоскости экватора составляет около 1 км, расстояние между полюсами – 880 м), изучалось строение его скалистой поверхности и форма. На основе собранных данных японские ученые построили трехмерную модель и карту небесного тела, определили его массу. В рамках подготовки к сбросам со станции модулей-роботов 12 сентября состоялся полет к астероиду на высоту 30 м. В задачи этой репетиции входит проверка работоспособности лазерного дальномера и навигационных датчиков, которые в будущем будут использоваться в операции “касания” поверхности астероида. Первое пробное снижение АМС окончилось неудачей – виной всему низкая отражательная

способность поверхности Рюгу, из-за которой лидар не смог верно определить расстояние до астероида.

Основная задача космического аппарата – сбор образцов вещества с поверхности Рюгу и доставка его на Землю в декабре 2020 г. для исследования состава внеземного материала. С этой целью на станции в контейнере “MINERVA II-1” находились два спускаемых аппарата – исследовательские модули-роботы Rover-1A и Rover-1B (высота – 7 см, диаметр – 18 см, масса – 1,1 кг). Rover-1A оснащен четырьмя фотокамерами, Rover-1B – тремя; они предназначены для создания стереоизображений грунта Рюгу и оснащены датчиками для измерения температуры грунта, оптическими датчиками, акселерометром и гироскопом. 21 сентября 2018 г. они были сброшены на астероид с вы-



Астероид Рюгу с расстояния 6 км. Снимок получен 20 июля 2018 г. с помощью АМС “Хаябуса-2” (разрешение – 60 см). Фото JAXA, Токийский университет.

паратом “MASCOT” (Mobile Asteroid Surface Scout – мобильный разведчик поверхности астероида), разработанным Германским центром авиации и космонавтики (DLR) при содействии французского Национального центра космических исследований (CNES). 3 октября 2018 г. “MASCOT” опустился на поверхность астероида и в течение более 17 часов успешно выполнил запланированные исследования состава его грунта и производил видеосъемку, а затем передал данные на орбитальный аппарат. С помощью двигательной установки “MASCOT” менял свое местоположение, перемещаясь по небесному телу 70-метровыми прыжками. За это время модуль три раза менял свое местоположение, на нем работала следующая научная аппаратура: спектрометр, магнитометр и радиометр, а также видеокамера.

По плану АМС должна будет проводить исследования астероида в течение 18 месяцев и в декабре 2019 г. отправиться в обратный путь к Земле.

Пресс-релизы космического агентства JAXA,

29 июня, 12 и 22 сентября, 4 октября 2018 г.

соты 55 м и впервые в мире совершили успешную мягкую посадку на поверхность астероида. Модули способны перемещаться по поверхности астероида за счет прыжкового механизма: они передвигались прыжками – после каждого подпрыгивания они зависали над поверхностью астероида в течение 15 мин и в результате продвигались на 15 м, после чего совершали посадку на Рюгу. В течение нескольких дней работы передали несколько десятков снимков неровной поверхности астероида, усеянной валунами разных размеров, а также показали на небосклоне движение Солнца. Подпрыгивающие модули-роботы измерили также температуру и размеры деталей рельефа астероида.

На борту космического аппарата остался контейнер “MI-

NERVA II-2” с модулем Rover-2, который будет десантирован на Рюгу в июле 2019 г. Также на аппарате установлен ударный цельнометаллический импактор “Small Cargo-on Impactor” (SCI), состоящий из медного снаряда и заряда взрывчатки – для формирования ударного кратера на астероиде Рюгу. Предполагается, что при подлете к астероиду аппарат развернет импактор, который затем взорвется над астероидом, выстреливая в него медным снарядом массой 2 кг, в результате будет образован кратер, из которого разлетятся осколки; они будут исследованы спектрометром для определения элементного состава астероида. На дне образовавшегося кратера ученые планируют обнаружить разные образцы породы.

Станция также оснащена небольшим спускаемым ап-

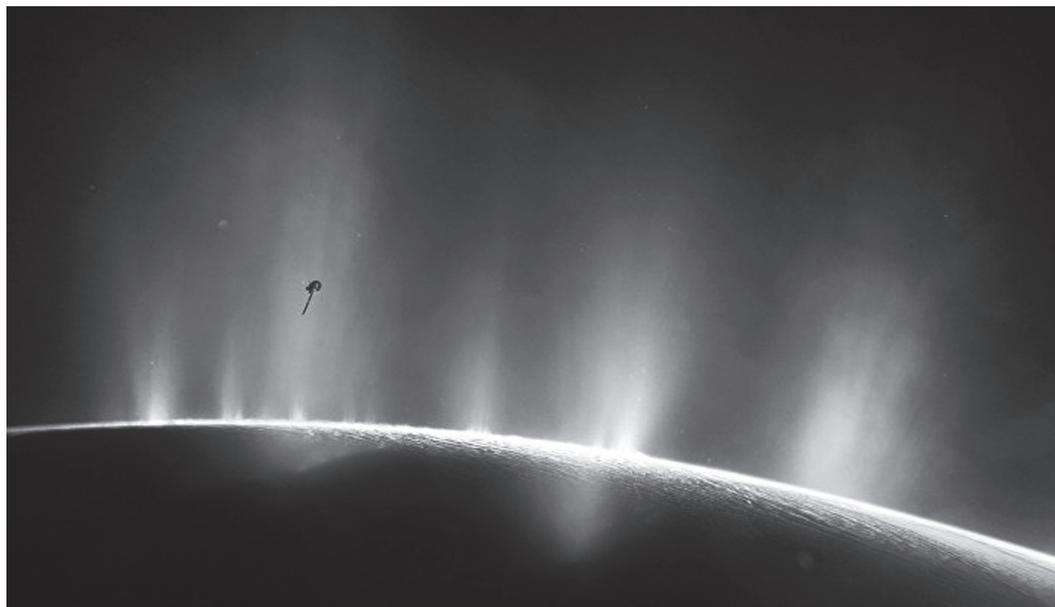
На Энцеладе найдена органика

Данные, полученные с помощью АМС “Кассини”, собранные в ходе исследования геологически активного спутника Сатурна – Энцелада, выявили присутствие на нем сложных органических молекул. Напомним, что в 2005 г. станция обнаружила на Энцеладе гейзеры – струи из частиц водяного льда и пара; они выбрасываются в космическое пространство из параллельных трещин вблизи его южного полюса – “тигровых полос” глубиной до 500 м,

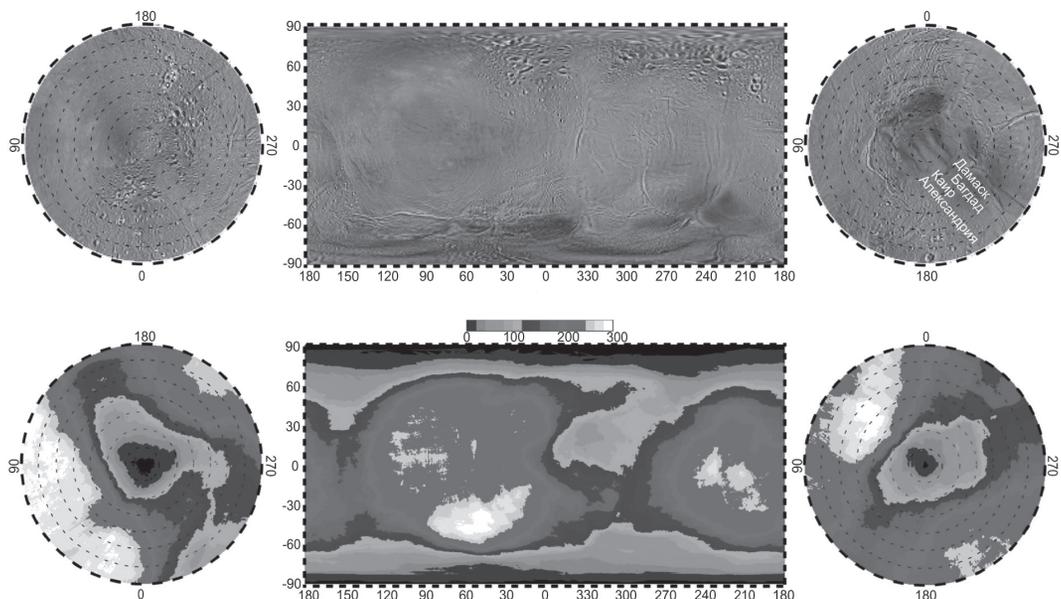
шириной до 2 км и протяженностью до 130 км (Земля и Вселенная, 2006, № 6; 2007, № 4, с. 83; 2012, № 6, с. 25–27; 2015, № 1, с. 38–39). Это открытие поставило перед учеными вопрос об источнике этого пара и льда.

В марте 2015 г. планетологи определили по присутствию выброшенных в космос с южного полюса Энцелада частиц песка и ледяных капель воды, что в недрах этого спутника существует глобальный океан, состоящий из жидкой и горячей воды. Химический состав этих пылинок и льдинок был проанализирован с помощью двух масс-спектрометров CDA и INMS. В спектре были найдены сложные органические молекулы, часть из которых принадлежала к

числу ароматических углеводородов, а другие были спиртами и аминами. Все эти молекулы считаются одними из основных “кирпичиков” жизни, из которых сложены компоненты клеток живых существ. Такие же молекулы могут возникать и абиогенным путем (из неживой природы), однако, как именно они могли появиться в океане Энцелада – пока не понятно. В веществе струй, а, следовательно, и в водах подповерхностного океана, содержится большое количество растворенной поваренной соли и соды. Теперь можно утверждать, что в подповерхностном океане есть не только потенциальный источник “пищи” для микробов в виде молекул водорода, но и “строительные блоки”, из



Гейзеры на Энцеладе, достигающие высоты 250 км. Через одну из струй пролетает АМС “Кассини” (слева). Рисунок NASA/JPL.



Карты спутника Сатурна Энцелада и его полюсов (слева – северный, справа – южный), по данным спектрометра VIMS AMC “Кассини”: а – в видимом спектре, б – в инфракрасном диапазоне. Обозначены четыре основных разлома южной полярной области. Хорошо видны “тигровые полосы”, в их районе обнаружены углекислота и сложные органические молекулы. По данным NASA/JPL.

которых могут (или уже возникли) первые внеземные организмы. Возможно, в его водоеме существуют какие-либо формы жизни? Одна из следующих межпланетных станций по проекту NASA “ELSAH” будет отправлена на Энцелад специально для поисков ответа на этот вопрос.

«Наше открытие важно не только для нас, но и для будущих поколений. Энцелад пока является единственным небесным телом, помимо Земли, на которой есть все – вода, органика, источник энергии для зарождения жизни. Новые космические аппараты должны пролететь через гейзеры

Энцелада и изучить выброшенные молекулы с помощью спектрометров высокого разрешения, что поможет нам раскрыть историю их рождения. В любом случае, теперь мы можем всерьез думать о том, что эти вещества могут иметь биогенное происхождение», – сказал профессор К. Глейн из Юго-Западного исследовательского института в Боулдере (штат Колорадо, США).

Группа исследователей во главе с Ж.-Ф. Комбе составила карту содержания углекислоты в южной околополярной области Энцелада (см. 2-ю стр. обложки, внизу), где найдены

органические соединения. Ученые воспользовались данными, полученными с помощью картирующего спектрометра видимого и инфракрасного диапазона (VIMS) AMC “Кассини” (Земля и Вселенная, 1998, № 3, с. 48–51); они анализировали глубину полосы поглощения углекислоты на волнах 4,24–4,27 мкм и более слабой полосы – вблизи 2,7 мкм. Оказалось, что наибольшее количество замерзшей углекислоты на Энцеладе находится в южной околополярной области, в районе “тигровых полос”, однако около активных трещин, а скорее между ними. Это говорит о том, что обна-

руженная углекислота имеет эндогенное (то есть внутреннее) происхождение. Из трещин в ледяной коре Энцелада (“тигровых полос”) непрерывно истекают газовые струи, бьющие из них на высоту до 250 км и состоящие, главным образом, из водяного пара. Химический состав струй такой: водяной пар – 96–99%, молекулярный водород – 0,4–1,4%, углекислый газ – 0,3–0,8%, метан – 0,1–0,3%; аммиак, ацетилен, пропан – 0,4–1,3%. Скорость струй достаточно велика, для того чтобы преодолевать силы притяжения Энцелада и рассеиваться в космосе, необходима максимальная концентрация углекислотного снега, выбрасываемого именно из трещин, что согласуется с ги-

потезой о газовых карманах “тигровых полос”. Пузыри углекислого газа могут формироваться между поверхностью подледного океана и ледяной корой; отсюда, из карманов, углекислота может медленно просачиваться на поверхность сквозь мелкие трещины, но поскольку она движется с низкой скоростью, то газ успевает остыть до 70–119 К и при выходе на поверхность замерзает. При температуре выше 120 К углекислотный иней сублимирует довольно быстро. В районе северного полюса Энцелада обнаружены отложения частиц CO₂ в водяном льду, но они гораздо более тяжелые, чем молекулы водяного пара и углекислого газа. Их скорость 49–88 м/с

меньше второй космической скорости (для Энцелада – 239 м/с), поэтому извергнутые струями гейзеров, они не попадают в космос, а падают обратно на поверхность спутника, покрывая собой значительные площади. В экваториальных и средних широтах они постепенно диссоциируют (распадаются) и сублимируют (переходят из газообразного в твердое состояние), но сохраняются в околополярной области, где средние температуры на поверхности ниже.

*Пресс-релизы NASA,
27 июня и 13 сентября 2018 г.;*

*Журнал “Icarus”,
2018. Т. 317. Р. 491–508.*

Информация

Первый снимок “новорожденной” планеты

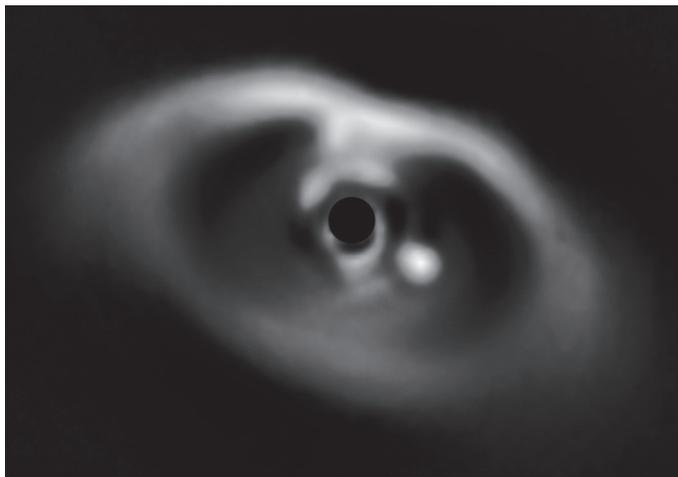
Астрономы, во главе которых стоит группа исследователей из Института астрономии Макса Планка в Гейдельберге (Германия), получили эффективное изображение новой экзопланеты, формирующейся в газопылевом диске вокруг молодой карликовой звезды PDS 70 (V1032 Центавра) типа Т Тельца (ее масса 0,82 M_☉, находится в созвездии Центавра, в 370 св. лет от нас). Используя инструмент SPHERE, смонтированный на 8,2-м телескопе VLT Европейской Южной обсер-

ватории (ESO) в Чили, – одном из самых мощных в мире специализированных приемников для поиска экзопланет, международный коллектив впервые уверенно зарегистрировал молодую планету PDS 70 b. Она “прокладывает себе путь” в массе протопланетного материала в диске радиусом около 140 а.е., вращающегося вокруг молодой звезды возрастом 10 млн лет. В 2012 г. в диске был обнаружен большой разрыв (приблизительно 65 а.е.). Астрономы предположили, что он образовался из-за формирования в нем планеты. Впоследствии было обнаружено несколько областей деления в протопланетном диске: больших частиц пыли не было на расстоянии до 80 а.е., ма-

лые частички отсутствовали только до 65 а.е. Изображения диска и планеты, а также ее спектр, сделанных в рамках двух обзорных программ наблюдений: поиска экзопланет в инфракрасном диапазоне SHINE (SpHere INfrared survey for Exoplanets) и программы поиска околозвездных дисков DISK.

Программа SHINE предполагает получение, с использованием приемника SPHERE, высококонтрастных (и с высоким угловым разрешением) изображений 600 молодых окрестных звезд в ближнем, инфракрасном диапазоне с целью обнаружить новые экзопланеты и планетные системы и измерить их характеристики. Цель программы DISK – изучение известных молодых планетных систем и околозвездных

Экзопланета PDS 70 b (яркое пятно справа), формирующаяся внутри газопылевого диска вокруг очень молодой звезды PDS 70 в созвездии Центавра (находится в 370 св. лет от нас). Полученные данные наблюдений позволяют утверждать, что у экзопланеты есть облачная атмосфера. Снимок получен в 2018 г. с помощью приемника SPHERE на 8,2-метровом телескопе VLT Европейской Южной Обсерватории. Фото ESO.



дисков для исследования начальных условий образования планет и эволюции структуры планетных систем. Использование приемника SPHERE также позволило ученым измерить яркость планеты на различных длинах волн, в результате удалось определить некоторые характеристики планетной атмосферы. Определяя физические характеристики экзопланет и параметры их атмосфер, астрономы проверяют теоретические модели формирования планет.

Заглянуть внутрь наполненной пылью “колыбели” планеты стало доступно только благодаря великолепным техническим возможностям приемника SPHERE, созданного ESO и предназначенного именно для исследования экзопланет и дисков вокруг близлежащих звезд с помощью метода высококонтрастных изображений. Это задача исключительной трудности: даже при условии блокирования света материнской звезды коронографом, для наблюдений с помощью приемника SPHERE все равно должны тщательно разрабатываться специальные ме-

тодики обработки данных, которые позволят выделить слабый сигнал от планетного компонента яркой молодой звезды на нескольких длинах волн и в разные моменты времени.

В результате наблюдений отчетливо определяется изображение планеты PDS 70 b в виде яркой точки на фоне затемненного центра поля, где замаскировано изображение звезды. Экзопланета отстоит от центральной звезды примерно на 3 млрд км (радиус орбиты составляет около 20 а.е.), что близко к расстоянию от Урана до Солнца; время ее обращения вокруг звезды – около 120 лет.

Анализ наблюдений показывает, что PDS 70 b является гигантской газовой планетой с массой в несколько раз больше, чем у Юпитера. Ее поверхность нагрета до температуры около 1000° C (гораздо выше, чем у любой планеты нашей Солнечной системы). Темная область в центре снимка – результат применения коронографа – маски, которая блокирует ослепитель-

ный свет от центральной звезды и позволяет астрономам зарегистрировать гораздо более слабые изображения диска и планетного компонента системы. Он сформировал вокруг звезды PDS 70 переходный протопланетный диск с гигантской “дырой” в центре. Такие внутренние промежутки в протопланетных дисках наблюдаются уже несколько десятилетий; ученые уже давно предполагали, что они образуются в результате взаимодействия дисков с протопланетами.

Известно, что в дисках вокруг молодых звезд рождаются планеты, но до сих пор было всего несколько случаев наблюдений, когда в этих областях были зарегистрированы признаки рождения планет. Большинство этих кандидатов в планеты могут оказаться неоднородностями яркости самих дисков (Земля и Вселенная, 2017, № 3).

*Пресс-релиз ESO,
2 июля 2018 г.*

Космическая пушка для исследования Луны?

О.Б. ХАВРОШКИН,
доктор физико-математических наук
Институт физики Земли РАН
А.В. СТАРОВЕРОВ,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

В статье рассмотрен концептуальный проект космической пушки (суперпушки) как новый метод вывода грузов в космос – в частнос-

ти, на Луну. Проанализированы результаты мировой практики такого способа запуска космического аппарата, сферы возможного

применения данной технологии. Сделан прогноз с расчетом оптимальных параметров для запуска исследовательских миссий на Луну.

**МЕСТО КОСМИЧЕСКИХ ПУШЕК
В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ**

Космическая пушка – устройство для запуска грузов в космическое пространство, относящееся к нереактивным методам вывода объектов на околоземную орбиту. Хотя сама по себе космическая пушка не способна доставить объект на высокие орбиты, – например, геостационарную, космический аппарат можно оснащать ракетными двигателями для корректиров-

ки траектории полета и увеличения скорости полета. Это позволит заменить существующие чрезмерно дорогие ракетные системы новыми методами доставки полезной нагрузки и постепенно снизить затраты на научные программы, таким образом исследования станут более доступными, менее рискованными и экологически безопасными.

Огромные перегрузки, которые испытывает космический аппарат, не позволяют с помощью такой

суперпушки вывести на орбиту хрупкие инструменты, однако для доставки грузов или спутников повышенной прочности это не может быть проблемой.

Для проведения научных исследований Луны уровень развития современных научно-технических систем и методов достаточно высок, поэтому теоретическое решение большинства научных задач не составляет большого труда. В течение последних 30–40 лет используются старые принципы и схемы,



Устройство многокамерной пушки по схеме Перро. Проект 1878 г.

лишь немного обновляя научные задачи. Развитие электроники и высоких технологий, а также создание новых приборов для космических исследований позволило занимать научному оборудованию минимальное пространство с минимальной массой: оно могло бы выдержать перегрузки в несколько тысяч g . К примеру, электронное оборудование для наведения и управления полетом устанавливается в танковые снаряды. “Пушечный” вариант исследования Луны к тому же позволяет получить плотностной разрез верха коры до глубин 50–100 м, а также вывести с дневной поверхности Луны колонку лунного грунта глубиной ~40 м. Одновременно торможение снаряда может быть использовано для сейсмического просвечивания Луны.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ ПУШЕК

Обычная дальность стрельбы полевой артиллерии ограничена расстоянием от 15 до 300 км при начальной скорости снаряда 1500 м/с. Однако существуют экспериментальные проекты

суперпушек, обладающие новыми результатами, важнейшие из которых рассмотрены ниже.

Прототип такого технического устройства был изобретен в 1878 г. французским инженером Л.-Г. Перро. Он создал проект “теоретической пушки”, в котором используется энергия метательного взрывчатого вещества (ВВ). В пушке Перро был один обычный пороховой заряд, расположенный в камере (часть полости внутри канала ствола, в которой помещаются снаряд и заряд при зарядании) орудия, и несколько дополнительных зарядов метательного ВВ, которые находились в отдельных камерах, расположенных по всей длине ствола. Дополнительные заряды метательного ВВ по мере прохождения снаряда по каналу ствола воспламенялись, поддерживая в нем постоянное давление (в пределах прочности артиллерийского орудия). Таким образом, “теоретическая пушка” имела практически постоянную кривую давления, а значит, возможность придания метательному снаряду начальной скорости, недостижимой в классических артиллерийских орудиях

из-за необходимости иметь недопустимо большое (для прочности ствола) начальное давление с целью достижения больших скоростей снаряда. Добившись точного времени воспламенения заряда (осуществляемого разными способами), теоретически можно значительно поднять его начальную скорость, не увеличивая максимально допустимого давления внутри ствола орудия.

В 1879 г. американцы А.С. Лайман и Д.Р. Хаскель воплотили пушку Перро в металле и, применив обычный дымный (черный) порох, получили скорость снаряда около 335 м/с, что даже в эпоху дымного пороха было не очень значительным. После изобретения мощных бездымных порохов идея Перро была забыта вплоть до начала Второй мировой войны.

Одной из попыток создать суперпушку, которая воплощала бы принцип многокамерной пушки Перро, стало немецкое орудие “Фау-3” конструктора Августа Кёндерса – главного инженера заводов фирмы “Рёхлинг” (“Stahlwerke Röchling-Buderus Aktiengesellschaft”), которое получило название “насос высокого давления”, или “многоснарядная” (при взгляде свер-

Прототип “Фау-3”, предположительно установленный на испытательном полигоне. 1942 год.

ху множество выдающихся по бокам ствола камер напоминало ножки). Модель многокамерной пушки калибром всего 20 мм была продемонстрирована Гитлеру в сентябре 1943 г., после чего он распорядился изготовить 50 полноразмерных многокамерных артиллерийских орудий HDP для обстрела Лондона. Орудие имело длину 124 м, калибр – 150 мм, вес – 76 т, стреляло снарядами длиной 3,1 м и массой 140 кг со скоростью 1500 м/с. Ствол орудия HDP состоял из 32 секций длиной 4,48 м; каждая секция имела две расположенные по ходу ствола и под углом к нему зарядные камеры (всего 60 боковых зарядных камер). Хотя дальность полета снаряда “Многоножки” не превышала дальности стрельбы других немецких экспериментальных артиллерийских орудий (150 км) из-за проблем со своевременным воспламенением вспомогательных зарядов, ее скорострельность теоретически должна была быть гораздо выше и достигать одного выстрела в минуту.

После разрушения подземных позиций HDP немецкие конструкторы разработали упрощенные многокамерные орудия под



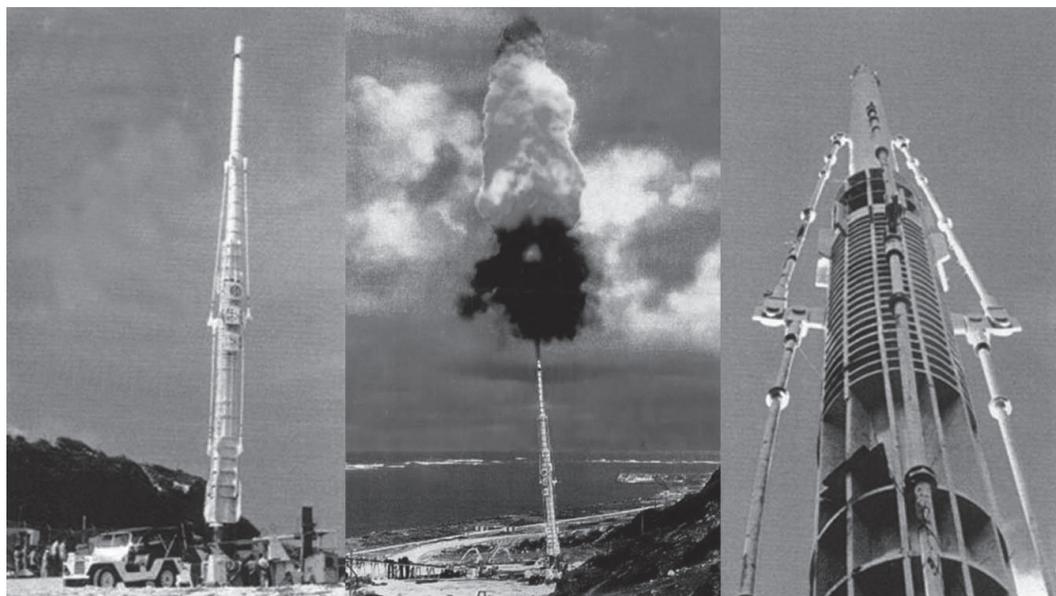
обозначением LRK 15F58. Длина укороченных орудий, имевших 24 боковые зарядные камеры, составляла 50 м, вес – 28 т; калибр не изменился – 150 мм. Орудие стреляло стреловидным снарядом весом 97 кг, дальность стрельбы достигала 50 км. Орудия LRK 15F58 успели использовать в боевых действиях, обстреливая Люксембург с расстояния 42,5 км. Короткое время в боевых

действиях использовалась также суперпушка “Дора” общей массой 1350 т, созданная фирмой “Крупп” в 1941 г. После военного использования суперпушки стали разрабатываться для проектов, предназначенных для космических целей.

Американо-канадский проект высотных исследований HARP (High Altitude Research Project), начавшийся в 1961 г., касался



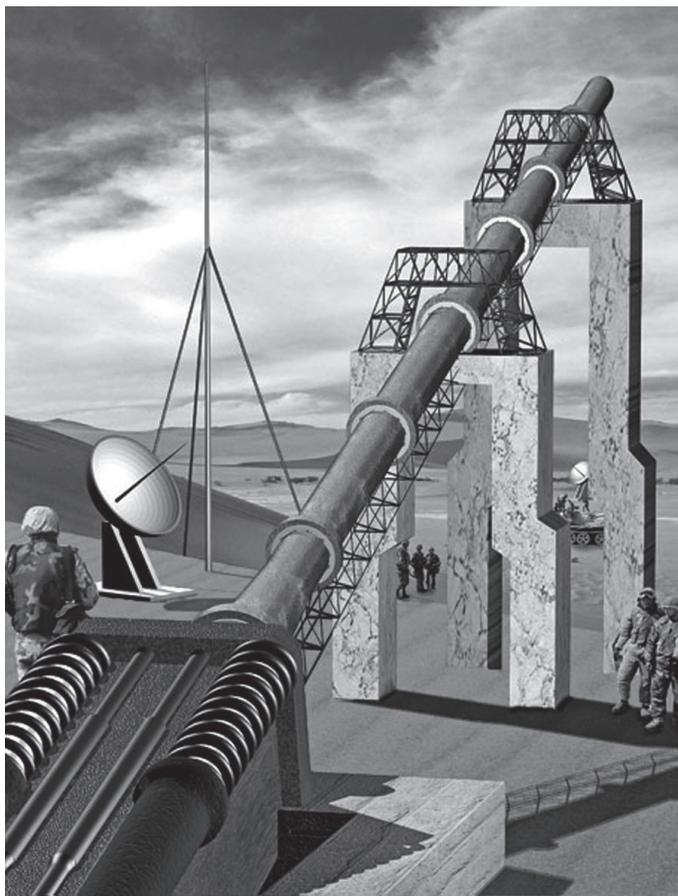
Артиллерийский монстр – суперпушка “Дора”. Потребовалось около 60 железнодорожных составов для того, чтобы по специально проложенным путям доставить это “чудовище” на огневую позицию. Всего же с помощью этого орудия было произведено 48 выстрелов снарядами общим весом 7088 кг. 1941 год.



Американо-канадский проект высотных исследований HARP. Выстрел из самой крупной легкогогазовой пушки. Рисунок с интернет-сайта “Popular Science”.

Иранский проект “Вавилон”. Прототип многокамерного артиллерийского орудия “Вавилон”. 1980-е годы.

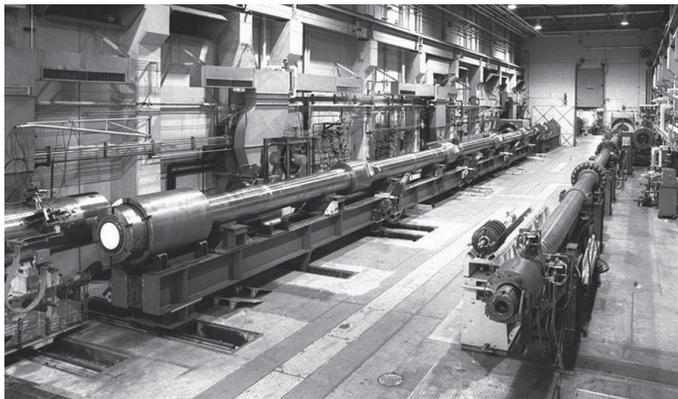
вывода искусственных спутников Земли на низкие орбиты с помощью специальных легких газовых пушек. Сначала проект был реализован в рамках программы изучения поведения баллистических объектов в верхних слоях атмосферы, затем им заинтересовались военные: предполагалась возможность быстрого вывода спутников на низкие орбиты и уничтожения чужих космических объектов. Кульминацией проекта HARP стала 16-дюймовая (406-миллиметровая) пушка, установленная на о. Барбадос в Карибском море. Для улучшения баллистики снаряда в стволе перед выстрелом создавался технический вакуум; длина ствола достигала 40 м, вес снарядов – 180 кг, начальная скорость – 3600 м/с (около 50% первой космической скорости). Пушка выбрасывала снаряды на высоту 180 км. Этого было недостаточно для вывода космического аппарата на постоянную орбиту. В конце программы HARP был разработан снаряд-ракета “Marlet” для доставки небольшого спутника на низкую орбиту ИСЗ. В 1967 г. проект был закрыт. В конце 1980-х гг. эти наработки были использо-



ваны в иракском проекте по созданию суперпушек под названием “Вавилон”. Ликвидация программы осуществлена силами ООН по окончании войны в Кувейте, в 1991 году.

Иранский проект “Вавилон” по созданию серии суперпушек был запущен во время ирано-иракской войны в 1980-х гг. Их конструкция основана на результатах исследований, проводимых в рамках проекта HARP под руководством канадского специалиста артиллерии Джеральда Булла. Несмотря на не-

достаток сведений, известно, что существовали четыре различных устройства, которые были включены в эту программу. По крайней мере, один из проектов “Вавилон” (“Большой Вавилон”) использовал видоизмененный принцип “теоретического” (многокамерного) артиллерийского орудия наподобие “Фау-3”. Пушка имела (кроме обычного метательного заряда, расположенного в камере) еще и присоединенный к снаряду удлинненный заряд метательного ВВ, который двигался вместе со



Сборка секторов многокамерной пушки. 1980-е годы.

снарядом и по мере его продвижения по стволу поддерживал в нем постоянное давление. Металлический заряд суперпушки массой 9 т обеспечивал огонь с помощью 600-килограммового снаряда калибра 1000 мм на дальность до 1000 км или возможностью запускать реактивный снаряд весом 2000 кг. Такой снаряд мог бы быть запущен с космического аппарата массой 200 кг на низкую околоземную орбиту. Известно, что в этом проекте прошли испытания прототипы орудия со снарядом 350-мм калибра. Второй, окончательный, вариант снаряда должен был иметь гораздо больший калибр – 1000 мм и превосходить германскую суперпушку “Дора” времен Второй мировой войны.

Для сравнения – современные ракеты-носители обеспечивают запуск груза на низкую опорную орбиту (стоимостью – 6–10 тыс. долларов за килограмм). И только в проекте “Space X”

Илона Маска стоимость аналогичных работ (запусков) снижена в несколько раз – около 2000 долларов за килограмм (с учетом новых ракет и их частичного многоразового использования; Земля и Вселенная, 2016, № 2, с. 102). В другом проекте в национальной лаборатории Лоуренса (Ливермор, США) Джон Хантер возглавлял проект разработки самой крупной легкогазовой (названа так потому, что рабочим телом является не “тяжелые” пороховые газы, а “легкий” водород) пушки в мире – SHARP (Super High Altitude Research Project), успешно проработавшей с 1992 по 1995 гг. В первой секции (калибр 36 см, длина 82 м) этой L-образной установки сжигался метан; продукты его сгорания “толкали” однотонный стальной поршень, который сжимал водород, расположенный по другую сторону. Когда давление достигало 4 тыс. атмосфер – разрушался специальный предохранитель,

водород поступал во второй ствол (диаметр 10 см, длина 47 м), разгоняя в нем снаряд весом в 5 кг до скорости 3 км/с. В дальнейшем эту пушку планировали модифицировать для зенитной стрельбы (при испытаниях она занимала горизонтальное положение) и увеличить скорость снарядов до 7 км/с, что соответствует космическим запускам. Но эти планы не были реализованы по финансовым причинам. Отметим, что легкогазовые пушки значительно меньшего размера и со снарядами гораздо меньшей массы обеспечивают большие скорости – до 11 км/с, но выводимая на орбиту масса груза составит всего лишь несколько граммов.

Рассматриваемые орудия, впрочем, создавались для других целей: в процессе их использования изучались обтекание тел на гиперзвуке, поведение материалов при огромных давлениях и температурах, развиваемых в момент удара скоростного снаряда в мишень; моделирование эрозии космических аппаратов при воздействии на них микрометеоритов. Для превращения таких пушек в космические требуется пересмотр их устройства.

ПРОЕКТ ХАНТЕРА

Наиболее успешный проект в этой области разработал американский ученый и инженер, президент и один из основателей компании "Quicklaunch" Джон Хантер, поставивший своей целью организовать запуск небольших спутников в космос при помощи пушки длиной в 1,1 км. Принципиальное изменение в новой системе – морское базирование, дает массу преимуществ: такой прием решает проблему искривления ствола под тяжестью собственного веса, облегчается наведение ствола установки по азимуту (необходимо для изменения наклона орбит); при этом пушку легко будет отбуксировать в любое желаемое место на экваторе (оптимальное для запуска космических аппаратов).

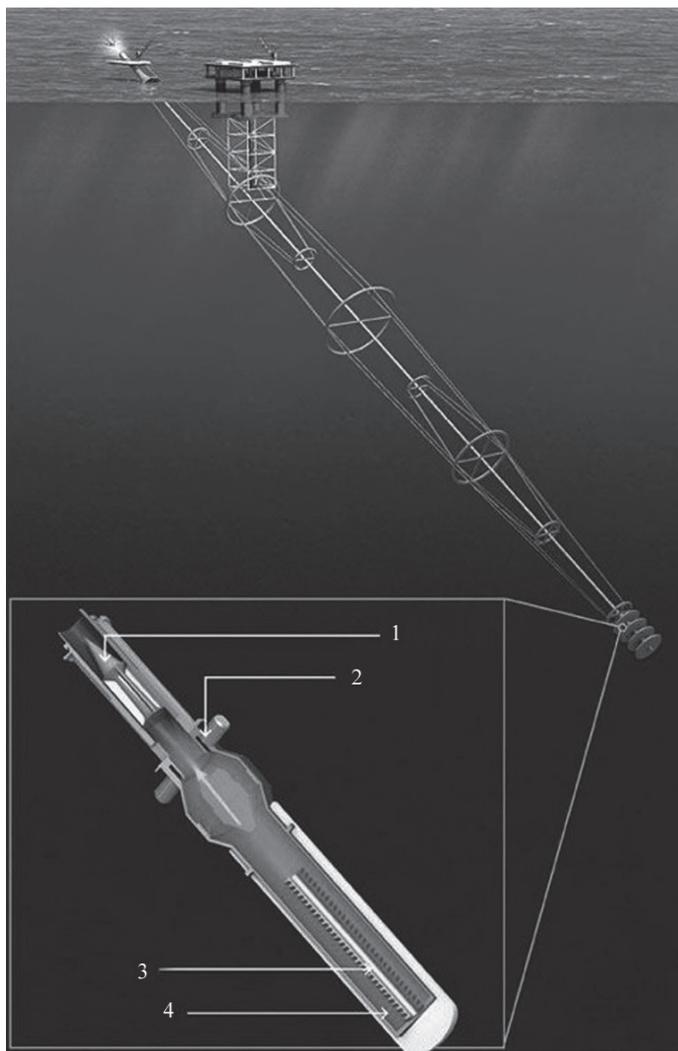
В этом проекте Дж. Хантер избавился от поршня; природный газ сгорает внутри камеры-теплообменника, которая окружена второй камерой – с во-

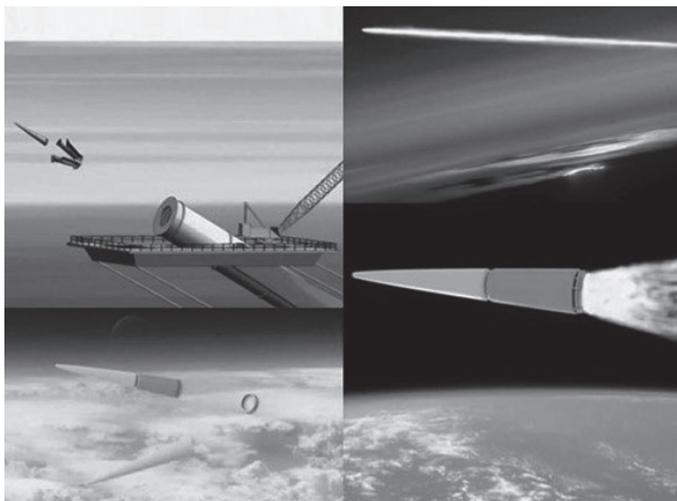
Схема новой пушки Дж. Хантера: 1 – снаряд, 2 – клапан, 3 – камера сгорания (она же – теплообменник), 4 – водород. Вверху изображен главный вид орудия и схема его базирования, внизу – вид с разрезом донной части, поясняющий принцип работы конструкции. Рисунок с интернет-сайта "Popular Science".

дорогом; тепло передается через стенки, в результате чего температура нагрева водорода вырастет до 700°C . Как только давление достигает требуемой величины, специальный сдвижной клапан открывается и горячий водород начинает разгонять снаряд по стволу; после вылета аппарата на конце ствола немедленно закрывается диафрагма, сводя

к минимуму потери водорода. Его потом снова охлаждают, для того чтобы использовать в следующем запуске.

По расчетам конструктора и его сотрудников, орудие сможет "метать" космические аппараты массой 450 кг со скоростью 6 км/с. И, хотя перегрузка при выстреле достигнет 5 тыс. G, уже сейчас вполне возможно создавать





Так, по представлению художника, будет совершать полет космический снаряд, выпущенный из суперпушки компании "Quicklaunch". В представленном варианте аппарат в атмосфере защищает сбрасываемая оболочка. Справа – вылет снаряда с поддоном из ствола, слева – снаряд с запущенной второй ступенью. Иллюстрации John Hunter/Quicklaunch/Google Tech Talks.

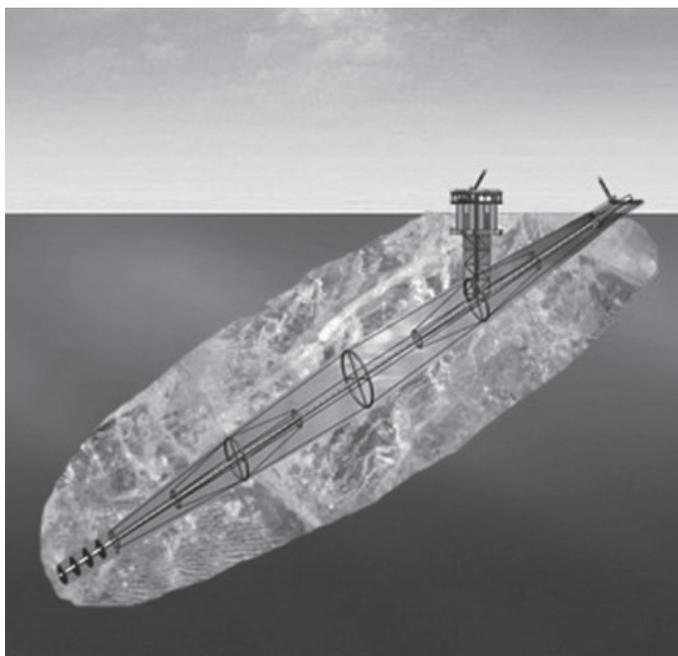
небольшие спутники, электроника и полезная нагрузка которых выдержат такой старт. До первой космической скорости эти аппараты должны "доразгоняться" уже наверху; на высоте 100 км у такого снаряда "сбрасываются" обтекатели и включается собственный миниатюрный ракетный двигатель.

СОВРЕМЕННАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СУПЕРПУШКА

Для начала выберем принцип действия пушки. Например, использование электромагнитной пушки (она будет стоить больше 200 млн долларов) вызывает большие проблемы со сложностью и износо-

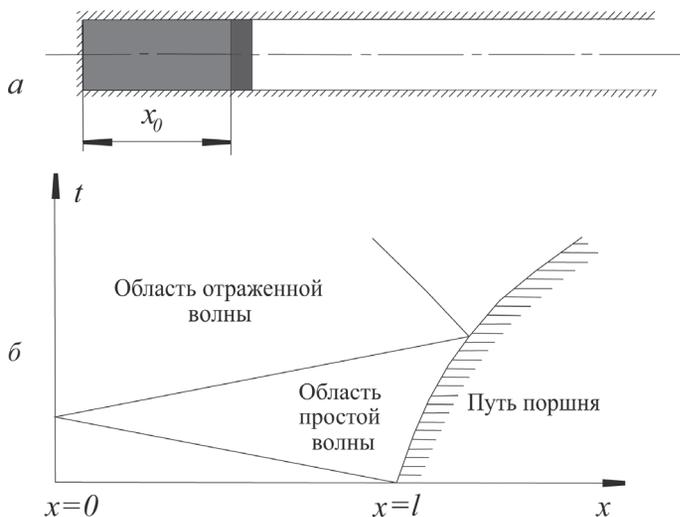
стойкостью; ее максимальная скорость (5,5 км/с) не достаточна для вывода аппаратов в космос с ее помощью. Водородная же пушка намного дешевле и способна достичь гораздо больших скоростей, чем

электромагнитный аналог. Для водородной пушки мировой рекорд по скорости – 11,2 км/с (установлен в 1966 г. благодаря малому молекулярному весу водорода и, следовательно, высокой скорости звука). Орбитальная скорость (7,6 км/с) запускаемых объектов так же подходит для нее, она



На рисунке изображен прототип вмороженной в лед пушки – для придания ей плавучести.

График распространения волн внутри ствола. *a* – расчетная схема задачи; *b* – картина распространения волн: *x* – координата расстояния, *t* – время, x_0 – длина поршня.



может запускать одноступенчатую ракету на круговую орбиту. Порох – самый слабый претендент для достижения космоса, с его максимальной скоростью (3 км/с) и проблемами с загрязнением окружающей среды. Таким образом, наиболее рациональный выбор – легкогазовая схема пушки.

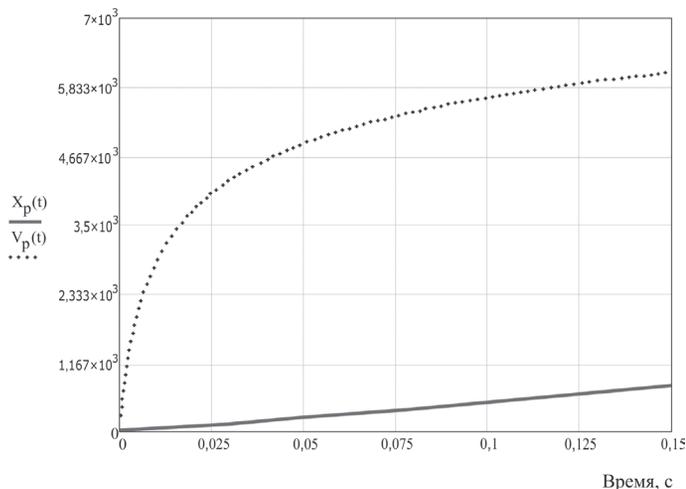
Предполагаемые параметры суперпушки: диаметр – 1 м, длина – 1100 м, скорость снаряда массой 100 кг – 6 км/с. Для большей стабильности и помехоустойчивости способ морского базирования можно усовершенствовать, покрыв пушку льдом, что также облегчит ее наводку и транспортирование. Проблема перегрева снаряда в процессе прохождения плотных слоев атмосферы решается путем установки теплоизоляционного покрытия толщиной 12 см спереди и 2,4 см по бокам и сзади; потеря скорости при этом составит 500 м/с. Управление и дальнейший разгон (до 7,6 км/с) осуществляется путем вращения снаряда, установки в качестве первой ступени жидкотопливного двигателя, а также наличия

управления с помощью навигационной системы GPS. Полезная нагрузка при этом составит 20–28% (в отличие от 1–2% на обычных ракетах-носителях).

Исходя из предполагаемых параметров, можно рассчитать основные действительные параметры суперпушки. Давление в камере по уравнению Ван-дер-Ваальса, где для водорода $a = 0,0245 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 26,653 \text{ см}^3/\text{моль}$; массу газа примем за $m = 800 \text{ кг}$, объем газа в камере $v = 280 \text{ м}^3$; относительная молекулярная масса водорода будет равна $n = 0,002 \text{ кг/моль}$. Для температуры $T = 280 \text{ К}$ получаем показатель давления, равный 394 атм, для температуры $T = 700 \text{ К}$ – 1000 атм. Показатель адиабаты для водорода $k = 1,387$, калибр пушки $r = 0,5 \text{ м}$. Площадь канала ствола при этом будет равна $S = 0,785 \text{ м}^2$,

длина камеры $l_0 = 356 \text{ м}$. Для расчета длины ствола, скорости снаряда и его времени нахождения в стволе решается задача Лагранжа для области простой волны; в дальнейшем ее решение не вносит существенного вклада в результат, добавляя только численные варианты. Исходя из решения этой задачи, скорость снаряда на выходе из ствола составит 6 км/с (длина ствола – 800 м и время нахождения снаряда в стволе – 0,15 с).

В итоге получаем проект легкогазовой суперпушки, способной доставлять на околоземную орбиту полезный груз массой 100 кг и диаметром 1 м, включающий в себя первую ступень (для разгона с 5,5 км/с до 7,6 км/с) на низкую околоземную орбиту. В качестве запускаемых объектов подойдут современные небольшие спутники, их



На графике представлена зависимость скорости снаряда в канале ствола от длины пути и от времени. По вертикали – X_p (пути снаряда в канале ствола), V_p (скорость снаряда в канале ствола).

них 2–10 тыс. долларов. Единственным препятствием для проекта является финансирование. Несмотря на все перспективы стать новым технологическим прорывом в космической сфере и экономию в миллиарды долларов в процессе реализации каждой программы (5 млрд долларов на человека для полета на Луну – только на топливо), эта сфера почти не развивается. Рынок для космических пушек существует, но пока виртуальный, так как никто не верит в успешное их использование.

выводят на орбиту в огромном количестве множество частных фирм (при этом различная электроника и датчики выдерживают нагрузки без особых проблем). Авторы считают, что может решаться и основная проблема дальних миссий – доставка топлива на орбиту для даль-

нейшего полета ракеты с орбиты к другим спутникам и планетам. Для этих целей ствольная система подойдет идеально, аккумулируя топливо на станции, находясь на орбите. Затраты при этом в перспективе составят 500 долларов за килограмм груза на орбите вместо нынеш-

XI Конференция “Школа лектора – 2018”

Ф.Б. РУБЛЁВА,
научный директор
Московского Планетария
Лауреат премии
Правительства Российской Федерации
в области образования

С 26 апреля по 2 марта 2018 г. в Московском Планетарии состоялась XI Конференция “Школа лектора”. Традиция проведения ежегодной конференции для творческих сотрудников планетариев существовала еще с советских времен. Как правило, все они проводились на базе Московского планетария – старейшего и ведущего планетария СССР. Одна из очередных конференций состоялась весной 1994 г., а летом Планетарий был закрыт на капитальный ремонт и реконструкцию (Земля и Вселенная, 2012, № 1).

Наступили тяжелые времена не только для главного планетария страны – в последующие десятиле-

тия сложности в работе испытывали многие наши коллеги из разных городов России и стран СНГ. Планетарии, находившиеся в “культовых” зданиях, оказались без помещений; сокращалась финансовая поддержка, прекратили свою деятельность региональные и областные организации общества “Знание”. Казалось, что популяризация естественно-научных знаний никому больше не нужна. Очередная реформа образования привела к тому, что “Астрономия” перестала быть обязательным предметом школьной программы и превратилась в предмет “по выбору”, что повлекло за собой “вымывание” интересней-

шей дисциплины из школьного курса обучения.

В этот период традиция ежегодных встреч в рамках профессионального сообщества была нарушена. Однако планетарии продолжали свою работу, порой, в сложнейших условиях – не имея возможности регулярно встречаться с коллегами и обмениваться опытом (что необходимо для успешного развития работы этих учреждений).

11 лет назад на базе Планетария – в Культурном Центре Вооруженных сил РФ – состоялась первая после длительного перерыва “Школа лектора”; за ней последовали и другие. Это мероприятие

стало ежегодным, на него съезжались десятки сот-рудников планетариев из разных городов страны. Позже к ним присоединились планетарии из стран СНГ – Казахстана и Белоруссии. Так была возрождена добрая традиция, а Конференция стала международной.

Необходимо отметить большую работу, которую проводила заведующая маленьким, но ставшим уютным для коллег, планетарием Культурного Центра Вооруженных сил РФ – Лариса Александровна Панина. Благодаря ее усилиям и большому таланту – не только лектора и блестящего методиста, но и организатора – здесь, в очень теплой и домашней обстановке, проходили ежегодные встречи, в ходе которых коллеги обменивались опытом подготовки и чтения лекций, внедрению инновационных технологий, созданию контента. Сюда, в этот совсем небольшой звездный зал, приходили выдающиеся ученые-астрономы для того, чтобы рассказать о принятых самых современных исследованиях Вселенной, о новейших открытиях в области астрономии, астрофизики и в смежных науках. Здесь коллеги поднимали серьезные вопросы, затрагивавшие дальнейшие судьбы планетариев, пути их возрождения, говорили о реформе образования; здесь рождались мечты о том вре-

мени, когда курс Астрономии вернется в школу и займет свое почетное место в ряду естественных наук (как это и положено древнейшей из них).

И вот, спустя 24 года, Конференция снова проходит в стенах Московского Планетария; этому способствовало решение Генерального директора АО “Планетарий” Виталия Викторовича Тимофеева – который сделал все, чтобы этот форум состоялся и прошел на самом высоком уровне в плане организации и в традициях гостеприимства.

Более 80 человек из 30 городов России и стран СНГ выразили желание приехать в Москву и принять участие в работе 11-й Конференции “Школа лектора–2018”: прибыли коллеги из Бийска, Владимира, Волгограда, Воронежа, Железногорска, Йошкар-Олы, Казани, Калуги, Кирова, Курска, Лыткарино, Минска (Белоруссия), Москвы, Муром, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Иркутска, Перми, Ростова-на-Дону, Самары, Санкт-Петербурга, Саратова, Твери, Челябинска, Ярославля, Актюбинска (Казахстан), Брянска, Ижевска, Екатеринбург, Новороссийска. Участниками Конференции стали не только руководители планетариев (методисты, лекторы, технические специалисты), но и производители оборудования из России и Германии.

Открытие Конференции прошло в теплой, дружеской обстановке. Генеральный директор Московского Планетария **В.В.Тимофеев** обратился к гостям с приветственным словом и выразил надежду на то, что Конференция пройдет на высоком уровне, обмен опытом будет интересен и полезен всем ее участникам, а также пожелал коллегам успехов в дальнейшей работе и процветания.

Церемонию открытия провел сопредседатель Международной общественной организации “Астрономическое общество” доктор физико-математических наук профессор **Н.Н. Самусь**. Вступительное слово было представлено президенту Ассоциации планетариев России, научному руководителю Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ (ГАИШ) академику **А.М. Черепашуку**.

В программе Конференции было запланировано много разных мероприятий – лекций, докладов, презентаций, мастер-классов, просмотров новых программ и полнометражных фильмов, встреч с творческими группами. В ходе этих мероприятий коллеги тесно общались, обменивались опытом – происходило все то, ради чего и собрались представители профессионального сообщества в Московском Планетарии.



Участники Конференции "Школа лектора-2018" в Музее Урании Московского планетария. Фото Н. Брачун.

Открыл научную программу Первого дня доктор физико-математических наук профессор РАН **С.Б. Попов** лекцией “Астрофизические итоги 2017 года”, в которой подробно и обстоятельно рассказал о самых важных и интересных открытиях и событиях прошедшего года. В этот день участники прослушали еще три лекции: “Темная материя и темная энергия” академика **А.М. Черепашука**, “Внеатмосферная астрономия” научного руководителя Института астрономии РАН члена-корреспондента РАН **Б.М. Шустова** и американского ученого **Пола Боли** “Массивное образование звезд – колыбель в космическом масштабе”.

После короткого перерыва гости были приглашены в Большой Звездный зал для просмотра новой программы “Обитаемая Луна”, подготовленной и представленной сотрудниками Московского планетария.

“Обитаемая Луна” – полнокупольный фильм с элементами звездной программы “Universarium M9” – так называемый гибридный формат, в котором используются две технологии: оптоволоконная и цифровая. Такой прием дает возможность в полной мере продемонстрировать посетителям красоту звездного неба и возможности великолепной компьютерной графики. Фильм поз-



Выступает академик А.М. Черепашук. Фото Н. Брачун.

воляет зрителям совершить путешествие на Луну, увидеть “древнюю” поверхность нашего спутника, узнать о важных открытиях и грандиозных планах России по освоению Луны, а также увидеть полное солнечное затмение с поверхности Луны, проследить за полетом кометы, полюбоваться лунным звездным небом и почувствовать себя первыми обитателями лунной базы.

Авторы фильма не только рассказывают о грандиозных планах исследования и освоения Луны на ближайшие годы, но и представляют будущие

космические аппараты, которые полетят к нашему ближайшему спутнику; в его подготовке использованы научные данные, полученные специалистами Института космических исследований РАН, показана карта распространения водных льдов на Луне.

Научным консультантом фильма выступил заведующий отделом исследований Луны и планет Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ, президент Международной ассоциации планетных наук (The International Association of Planetary Sciences), член Ученого совета Московского Планетария доктор физико-математических наук Владислав Владимирович Шевченко.

После просмотра состоялась встреча с творческой группой: участники встречи задавали интересные их вопросы – об особенностях гибридной программы, о разработке сценария, о записи звука; о технологиях по созданию 3D-моделей и много других. В целом новая программа получила высокую оценку коллег. Так завершился первый рабочий день Конференции.

Программа Школы была составлена по такому принципу: каждый ее день был посвящен определенной теме: например, “День открытия”, “День под купо-



Лектор Владимирского планетария Н.Н. Малинина. Фото Н. Брачун.

лом”, “Астрономия в планетариях для сопровождения курса школьной астрономии”, “Астрономия на переднем крае науки”, “День коллегиального общения”.

Второй день конференции участники провели под куполом Большого Звездного зала: в этот день состоялся промотр полнометражного фильма для детей дошкольного и младшего школьного возраста “Мышата и Луна” производства студии “FullDome Vasement” (г. Минск). Был показан не только сам

фильм, но и предложена презентация об истории его создания.

С большим вниманием и интересом сотрудники планетариев слушали авторскую лекцию “Астрономия на “сфере””, которую прочел кандидат физико-математических наук, член Союза журналистов, популяризатор и историк астрономии **М.Ю. Шевченко**. Выступление было подготовлено специально для учащихся 10–11 классов, изучающих астрономию в рамках школьной прог-

раммы. Очень важным дополнением лекции стала демонстрация звездного неба, его динамики – суточной, годичной, широтной; она предусматривала знакомство с особыми линиями и точками небесной сферы – такими, как эклиптика, экватор, небесный меридиан, полюс мира, зенит, точки солнцестояния и равноденствия, а также с небесными координатами. Наблюдения на огромном полусферическом куполе-экране способствуют наиболее



“Школьники” (участники “Школы лектора–2018”) собирают телескоп. Фото Н. Брачун.

эффективному восприятию такой сложной темы школьного курса как “Основы сферической астрономии”. Для демонстрации необходимых “движений” на карте звездного неба, фигур созвездий и астрономических явлений используются возможности оптоволоконного проектора звездного неба



Занятие “Что такое телескоп?” в Школе Увлекательной Науки. Фото Н. Брачун.

“Universarium M9”. Однако без современных цифровых технологий не обходится ни один современный планетарий – цифровые астросимуляторы были представлены двумя разработчиками: “Горизонт событий” компании FulldomePRO (Россия) и “Digistar-6” компании E&S (США).

Планетарии открываются нечасто не только в нашей стране, но и за рубежом. Поэтому презентация “Планетария № 1”, открывшегося в конце 2017 г. в Санкт-Петербурге, стала настоящей сенсацией. В его “арсенале” – полнокупольный кинотеатр (диаметр купола 37 м), более 30 проекторов высокой четкости и разрешения (равно 8K!). Коллеги рассказали об истории его создания, поделились первыми успехами в создании контента (показав видеоролики “История газгольдера” и “Зарождение Вселенной”), а также планами на будущее по развитию деятельности и становлению нового Планетария. Опытные сотрудники давно и успешно работающих планетариев поздравили коллег и пожелали успехов в таком непростом, но невероятно интересном творческом процессе.

Ярославский планетарий показал свою программу “Космос рядом с нами”, в которой широко популяризируются успехи российских ученых-астроно-

мов в области исследования Вселенной. В завершении второго дня работы Конференции состоялся Круглый стол, где его участники обсуждали результаты разработки контента для планетария – с участием разработчиков.

Программа третьего дня работы “Школы лектора” дала возможность коллегам поделиться своим опытом в подготовке и чтении лекций для сопровождения курса школьной астрономии. Педагог Кировского планетария **Т.В. Жбанникова** выступила с докладом “Из опыта преподавания астрономии”. Руководитель отдела информационно-просветительской деятельности Владимирского планетария **Н.Н. Малинина** прочитала лекцию для учащихся 10–11 классов “Галактики. Эволюция Вселенной”. С огромным интересом был прослушан доклад известного ученого, доктора физико-математических наук профессора (ГАИШ МГУ) **А.В. Засова** “Астрономическое образование” и его лекция (сопровождаясь презентацией) “Процессы звездообразования в Галактике”.

Во второй половине дня московский Планетарий представил два своих новых образовательных проекта: Лабораторию Увлекательной Науки (ЛУНА; рассчитана на детей 9–12 лет) – было представлено заня-



Доктор физико-математических наук Д.З. Вибе выступает с докладом об исследовании Солнечной системы. Фото Н. Брачун.

тие “Что такое телескоп?” и Школу Увлекательной Науки (ШУН; для детей 7–14 лет) – где проводятся, к примеру, такие занятия как “Живая физика” и “Игрушечная физика”.

Для Круглого стола были выбраны темы: “Астрономия в школе” и “Создание учебных программ для планетария”. О том, как решаются вопросы астрономического образования в Иркутске, рассказал директор Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета, талантливый популяризатор астрономии доктор физико-математических наук **С.А. Язев**.

Участники Конференции и не заметили, как пришла весна – правда, пока только календарная. Астрономы лучше всех знают, что настоящая астрономичес-

кая весна наступает только 21 марта, в День весеннего равноденствия. Работа Школы шла своим чередом – обсуждались самые актуальные вопросы, связанные с популяризацией астрономии и смежных наук, с подготовкой и участием в Олимпиадах, с возможностью проведения астрономических наблюдений.

Заведующая отделом “Планетарий” Лыткаринского историко-краеведческого музея **М.Н. Казанцева** предложила доклад “Создание оптического центра “Лыткарино” с детской обсерваторией”.

О последних новостях в исследовании Солнечной системы рассказал заведующий Отделом физики и эволюции звезд Института астрономии РАН доктор физико-математических наук **Д.З. Вибе**.

В этот же день состоялось официальное закрытие XI Конференции “Школа лектора–2018”, на котором участникам были вручены Сертификаты. Но коллегиальное творческое общение продолжалось и 2 марта.

Все гости отметили высокий уровень организации Конференции, содержательную лекционную программу, “горячие” кофе-брейки и не менее “жаркие” встречи и

общение – словом, подчеркивали дружественную и творческую обстановку, в которой проходил форум.

Вот, к примеру, мнение одного из наших коллег из Кировского планетария: «... Да, действительно, большой Московский планетарий проявил себя настоящим БОЛЬШИМ ДРУГОМ для таких разных планетариев России и не только... Имея возможно-

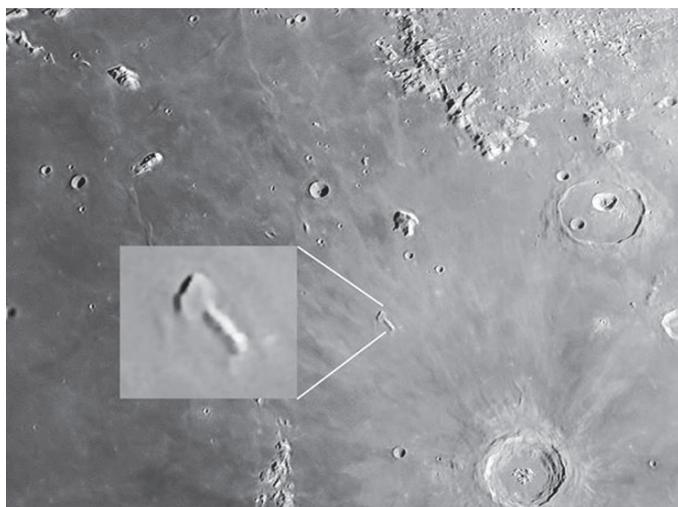
сти сравнить Московский планетарий “до” и “после”, хочу сказать, что он “заиграл” новыми гранями, стал креативнее, порастил разнообразием форм работы, симпатичными и открытыми сотрудниками, но сохранил главную идею – быть на переднем крае продвижения знаний о космосе, и на этом пути он так щедро поделился своим опытом с нами...».

Информация

Новые интересные объекты на Луне

Луна считается известным, изученным и неизменным “миром”. Ее видимую сторону снимали с помощью крупнейших телескопов мира и множества искусственных спутников. Так что, кроме падения метеоритов, астрономам вряд ли возможно открыть что-либо неожиданное на поверхности нашего спутника.

Даже в наше время на поверхности естественного спутника Земли можно найти новые рельефные образования, на которые раньше не обращали внимание. Так, в феврале 2018 г. американский астроном-любитель Роберт Ривес обратил внимание на гору, расположенную в Море Дождей, вблизи кратеров Кассини и Аристилл. Изучив лунные карты, он обнаружил, что она до сих пор не имеет



Участок лунной поверхности: северо-восточная часть Моря Дождей с горой Молот Тора. Снимок получен астрономом-любителем Р. Ривесом (США).

обозначения и фактически является безымянной; он назвал ее Молотом Тора за схожесть ее формы с мифическим оружием из скандинавской мифологии. Молот бога Тора – Мьельнир (“сокрушитель”) – был настолько тяжел, что никто не мог его поднять. Тор надевал волшебные железные рукавицы, благо-

даря которым молот становился метательным оружием, которое всегда поражало цель и возвращалось обратно, в руки метателя. Мьельнир был настолько мощным оружием, что от его удара вспыхивали молнии и гремел гром.

Конечно, назвать это серьезным открытием нельзя, так как



Юго-восточная часть видимой стороны Луны. Здесь обнаружено геологическое образование, похожее на буквы "X" и "C". Снимок получен астрономом-любителем В. Перехрестом (Украина).



Диск Луны. Стрелка указывает на участок, где обнаружен необычный рельеф, напоминающий начертание букв "X" и "C". Снимок получил астрономом-любителем В. Перехрестом (Украина).

эта гора есть на лунных картах, но долгое время на нее не обращали внимание – до выхода

серии фильмов "Кинематографическая вселенная Marvel" (снята кинокомпанией "Marvel Stu-

dios"). В фильме "Тор" (2011 г.) один из главных героев – бог Тор, вооруженный молотом.

Не менее интересное "открытие" сделал украинский астроном-любитель Владислав Перехрест. Внимательно просматривая свои снимки Луны, полученные в ночь на 31 мая 2018 г. с помощью 114-мм телескопа-рефлектора, он обратил внимание на группу кратеров и борозд, которые видны в первые сутки после полнолуния у западного лимба. Все вместе они напоминают русские буквы "X" и "C" (если изображение зеркально отражено) или латинские "h" и "x" (если изображение – прямое). Находятся эти интересные образования вблизи лунного кратера Адамс (селенографические координаты – 31,89° ю.ш., 68,39° в.д.). Вероятнее всего, эти буквы образуются в результате игры света – так же, как и знаменитый Крест Пурбаха, или Лунный Крест (диаметр около 70 км; это результат бокового освещения восходящим Солнцем вершин на соседних, лунных кратерах. Он расположен северо-восточнее кратера Вернер, в точке с координатами: 25,3° ю.ш., 0,9° в.д.

"Призраки" во Вселенной

Западный праздник Хэллоуин (Halloween, All Hallows' Eve или All Saints' Eve – вечер всех святых), восходящий к традициям древних кельтов Ирландии и Шотландии, отмечается в ночь на 31 октября накануне Дня всех святых. Пару десятков лет назад, праздник как-то незаметно вошел в нашу жизнь, став масс-медийным проектом. Однако сейчас мало кто уже помнит, что когда-то давно он был свя-

зан с астрономией. В средние века дата этого праздника приходилась на день между осенним равноденствием и зимним солнцестоянием. Некоторые историки вообще считают, что в V–X вв. н.э. праздник не носил религиозного характера и никак не был связан с духами, а был посвящен окончанию сельскохозяйственных работ. Впоследствии, на слиянии языческих традиций и раннего христи-

анства, праздник получил современные черты и стал ассоциироваться со смертью и чем-то сверхъестественным (посторонним миром). В

Отражательная туманность Sh2-136 "Призрак" в созвездии Цфея. Сквозь облака межзвездной пыли, подсвеченные звездами, можно заметить и далекие галактики. Снимок получен в 2009 г. с помощью КТХ. Фото NASA.



Эмиссионная туманность NGC 2080 "Голова Призрака" в созвездии Золотой Рыбы. Белый участок (слева) вмещает в своем ядре пузырь, сформированный молодой массивной звездой в центре. Пятно (справа) содержит новообразованное скопление молодых звезд. Снимок получен в 2016 г. с помощью KTX. Фото NASA.



православных церквях празднование Дня всех святых приходится на первое воскресенье после Дня Святой Троицы.

В статье делается попытка вернуть астрономические черты этого праздника и направить интерес к нему с целью популяризации современной астрономии. Тем более, что эта романтическая наука тоже имеет своих, "сверхъестественных" персонажей; некоторые из них, в отличие от существ потустороннего мира, доступны для наблюдений на небосводе всем желающим, имеющих под рукой телескоп и карты звездного неба.

Начнем с молодых областей в нашей Галактике, где происходит активный процесс звездообразования: именно к этим объектам принадлежит самый известный – туманность, названная "Призраком", расположенная на расстоянии около 1200 св. лет от нас в созвездии Цефея. Впервые о ней упоминает американский астроном Стюарт Шарплесс (1926–2013) в своем вто-

ром каталоге туманных объектов, вышедшем в 1959 г., где эта планетарная туманность называется Sharpless 2-136 (Sh2-136). Почти через 10 лет после С. Шарплесса канадский астроном Сидни Ван ден Берг внес ее в свой каталог, и благодаря ему туманность "Призрак" размером более 2 св. лет (она видна даже в инфракрасном свете) знакома большинству астрономов под обозначением vdB 141. Ядро туманности, занесенной в каталог как глобула Бока CB230 (темные объекты с резко очерченными границами и более высокой плотностью газопылевые туманности) сжимается и, вероятно, является двойной звездной системой на ранней стадии фор-

мирования. На снимках, полученных в разных обсерваториях, видны множество темно-белесых туманных пятен, плывущих по небу; они похожи на призрачные клубы дыма. Это – межзвездные газопылевые облака, собранные в небольшие туманности, подсвеченные слабым светом звезд. Все они входят в группу межзвездных облаков Ореола Цефея. К сожалению, визуально наблюдать туманность нельзя, но современные средства астрофотографии позволяют с помощью телескопа получить ее снимок даже любителям астрономии, что в XX в. было невозможно.

Есть свой "призрак" и на Южном полушарии неба – точнее, не весь



Туманность IC 349 "Призрак Меропы" в созвездии Тельца. Вверху справа, за кадром – звезда Меропа, подсвечивающая туманность. Снимок получен в 1999 г. с помощью КТХ. Фото NASA.

фантом, а лишь "Голова Призрака" (NGC 2080, ESO 57-EN12) – эмиссионная туманность в созвездии Золотой Рыбы, находящаяся на расстоянии 160 тыс. св. лет от нас. Имя "Голова Призрака" возникло потому, что в ней есть два белых пятна, напоминающие "глаза" призрака. Открыл ее в 1834 г. знаменитый британский астроном Джон Гершель (1792–1871; Земля и Вселенная, 2017, № 5) во время своей экспедиции на Мыс Доброй Надежды; в течение четырех лет он с помощью одного из крупнейших телескопов того времени проводил обзор неба, открыв, кроме этой туманности, и тысячи других. Для астрономических наблюдений Дж. Гершель пользовался 20-футовым телескопом-рефлекто-

ром отца, Вильяма Гершеля (1738–1822; Земля и Вселенная, 2008, № 6). В 2016 г., специально к Хэллоуину, специалисты NASA опубликовали снимок этой туманности, полученный с помощью Космического телескопа им. Хаббла (КТХ).

Поясним, как формируются такие туманности: когда процесс активного звездообразования заканчивается, то появляется молодое рассеянное звездное скопление, окруженное остатками их эволюции – межзвездными газопылевыми облаками. К таким скоплениям относятся Плеяды; они расположены в созвездии Тельца и видны невооруженным глазом в виде маленького компактного ковшика; в нем "обитает" еще один "космический призрак", ко-

торый по своей природе представляет собой остаток газового облака, из которого были рождены звезды скопления, обозначенного как IC 349.

Туманность "Призрак Меропы", находящаяся на расстоянии 3500 св. лет от нас, была открыта в начале XX в. американским астрономом Эдвардом Барнардом (1857–1923). Газопылевое облако IC 349 и звезда Меропа (расположена от туманности на расстоянии в 0,06 св. лет) существуют уже несколько миллионов лет; находятся на расстоянии 440 св. лет от нас в созвездии Тельца. Однако за последние 100 тыс. лет часть облака приблизилась к звезде на расстояние всего в 3500 раз больше расстояния от Земли до Солнца, что привело к усилению воздействия света звезды. Давление звездного света отталкивает пыль, в результате облако частично расслоилось и вытянулось. Как и два других объекта (Sh2-136 и NGC 2080), она не доступна для визуальных наблюдений, но хорошо запечатлевается на фотографиях, которые могут быть получены с по-

Расширяющаяся туманность NGC 6369 "Маленький призрак", находится в созвездии Змееносца. Белый карлик в центре туманности испускает мощное ультрафиолетовое излучение, заставляя ее светиться. Главное кольцо туманности имеет диаметр около светового года. Снимок получен в 2012 г. с помощью KTX. Фото NASA.

мощью любительских инструментов.

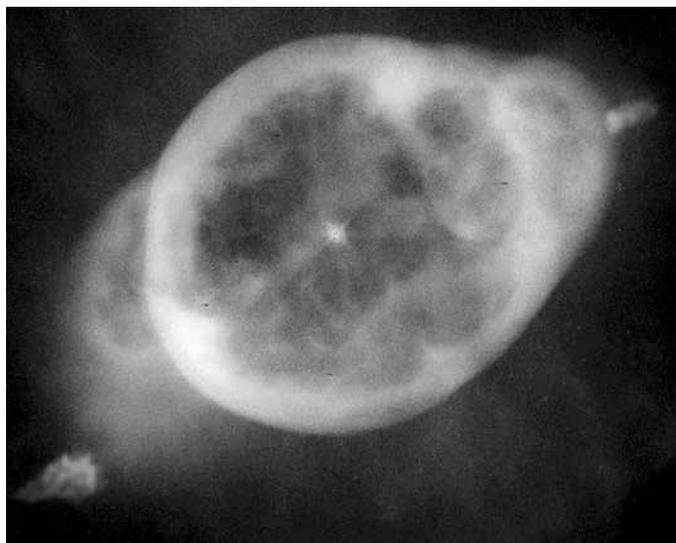
В конце эволюции звезды взрываются яркой сверхновой, на месте которой остается компактная туманность, окружающая их остаток в виде белого карлика. Такие объекты называют планетарными туманностями за внешнюю схожесть (по угловому размеру и цвету) с планетами при наблюдениях в небольшие телескопы. В мире галактик их судьба напоминает потусторонних призраков. Первой в этом ряду стоит туманность "Маленький призрак" (NGC 6369), она находится на расстоянии свыше 2 тыс. св. лет

Планетарная туманность NGC 3242 "Призрак Юпитера" в созвездии Гидры. Она имеет сложную внутреннюю структуру, слегка вытянутый внешний контур, наподобие эллипса; в центре находится умирающая звезда – белый карлик. Снимок получен в 2005 г. с помощью KTX. Фото NASA.



от нас в созвездии Змееносца. По своей массе звезда, породившая туманность, была близка к нашему Солнцу; газ вырывался из звезды со скоростью около 24 тыс. км/с, образовав газовое облако, которое к нашему времени расширилось и имеет диаметр одного светового года ($9,46 \times$

10^{12} км). Сегодня средняя часть туманности состоит из сильно ионизованного газа, образованного под воздействием ультрафиолетового излучения красного гиганта. Обнаружил ее в 1784 г. Вильям Гершель. Она имеет блеск $11,5^m$, что позволяет найти ее даже, наблюдая в любительские





Планетарная туманность NGC 6886 "Призрак Юпитера" расположена в созвездии Стрелы. Ее вид напоминает диск планеты с пузырями по бокам: это расширяющаяся газовая оболочка в виде сетки из многочисленных волокон. Снимок получен в 2011 г. с помощью KTX. Фото NASA.

телескопы, с диаметром апертуры от 100 мм.

Планетарная туманность NGC 3242 (1500 св. лет от нас) из созвездия Гидры получила свое название "Призрак Юпитера" из-за схожести на планету-гигант, так как его угловой размер и внешний вид напоминают ее при наблюдении в телескоп. Но если Юпитер ярк и красочен, то его небесный "призрак" – лишь слабое туманное пятнышко, хоть и самое яркое по своему блеску (7^m) среди других "призраков": для того, чтобы его увидеть, достаточно самого скромного телескопа. Эта крупная голубовато-зеленая планетарная туманность – одна из самых ярких; ее обрамляет внешний ореол и светлое внутреннее эллиптическое кольцо, близкое по форме к человеческому глазу; поэтому иногда ее называют "глаз". Многочис-

ленные элементы туманности, имеющие сложную структуру, сформированы раскаленным газом "увядающей" звезды. На краях внешнего контура туманности образовалась пара облаков ионизованного газа, движущихся со сверхзвуковой скоростью; в ее центре находится (на заключительной стадии своей эволюции) все еще горячий и яркий белый карлик HD 90255.

Есть свой "призрак" и у другой газовой планеты – Сатурна. Как и в случае с "Призраком Юпитера", это – тоже планетарная туманность, имеющая обозначение NGC 6886. Она и находится в созвездии Стрелы на расстоянии около 11 тыс. св. лет от нас, ее не следует путать с другой, NGC 7009 "Сатурн", расположенной в созвездии Водолея. В центре крошечной NGC 6886 расположена умираю-

щая звезда массой $8M_{\odot}$, внешние слои которой сформировали в течение нескольких десятков тысяч лет такой необычный вид расширяющейся, со сложной структурой, газовой оболочки. Туманность была открыта в 1884 г. английским астрономом Ральфом Коуплендом (1837–1905); имея блеск $11,5^m$, она доступна для наблюдений любителей.

Еще одна планетарная туманность – NGC 6741 "Призрачная полоска" – расположена в созвездии Орла, на расстоянии 7 тыс. св. лет от нас. Она состоит из расширяющейся очень плотной, массивной и стремительно развивающейся, газовой оболочки в форме белого кокона. Последние 200 лет туманность проходит через рекомбинацию из-за того, что у звезды значительно снизился уровень светимости – белый карлик перестал сжигать водородные запасы и сейчас остывает. Несмотря на достаточно высокий визуальный блеск (11^m), ее почему-то пропустили

Карликовая галактика *NGC 404* "Призрак Мираха" в созвездии Андромеды. Снимок получен в 2008 г. с помощью KTX. Фото NASA.

известные открыватели подобных объектов (например, Вильям и Джон Гершели). Лишь в 1882 г. американский астроном Эдуард Пикеринг (1846–1919) впервые нанес ее на звездные карты.

Объект "Призрак Мираха" (NGC 404) в Андромеде по своему названию похож на туманность IC 349 ("Призрак Меропы") из Плеяд, но на самом деле имеет совершенно другую природу. Это – линзовидная карликовая галактика, удаленная от нас на расстояние в 10,3 млн св. лет и никак не связанная со звездой Мирах (красный гигант Андромеды), которая близка к нам – находится на расстоянии всего 200 св. лет в Млечном Пути и видна невооруженным глазом. Астрофизики считают, что раньше это была нормальная спиральная галактика, подобная нашей или Туманности Андромеды, но примерно миллиард лет назад произошло ее столкновение с другими галактиками, в результате чего мы сейчас и видим



только небольшой остаток, появившийся после катастрофы. Галактика NGC 404 в основном состоит из тусклых старых звезд, но вокруг нее присутствует светящееся газовое кольцо – источник ультрафиолетового свечения. Эта "призрачная" галактика была открыта Вильямом Гершелем в 1784 г. Несмотря на ее высокую яркость (блеск 10^m), этот объект довольно сложно наблюдать из-за того, что звезда Мирах заливают ее своим светом.

Почти невидимая карликовая галактика "Призрак" (блеск – $12,5^m$) расположилась в южном созвездии Хамелеона, известна как NGC 2915.

Она находится в 15 млн св. лет от нас на окраине Местной группы галактик, но, скорее всего, не входит в эту систему, располагаясь от нас на расстоянии в 15 млн св. лет. В компактных карликовых галактиках нейтральный водород образует сложные спиральные формы, в которых протекает процесс звездообразования, в них также много темной материи. В 1837 г. ее обнаружил Джон Гершель.

Завершим обзор описанием молодого рассеянного звездного скопления NGC 457 в Кассиопее, расположенного на расстоянии 8 тыс. св. лет от нас, и претендующего на звание объекта с самым



большим числом присвоенных ему собственных имен во Вселенной. Как только его не называ-

ют за причудливую форму – "сова", "стрекоза", "самолет", "ангел" – все зависит от фантазии на-

Компактная карликовая галактика NGC 2915 "Призрак" в созвездии Хамелеона. Она имеет несколько прозрачных раскаленных газовых спиралей, в которых происходит звездообразование. Снимок получен в 1998 г. с помощью КТХ. Фото NASA.



Рассеянное звездное скопление NGC 457 в созвездии Кассиопея. Две ярчайшие звезды на фото – 1 и 2 Кассиопеи. Снимок получен в 2004 г. с помощью КТХ. Фото NASA.

блюдателя. Насчитывается более десятка названий, среди которых есть и "призрак"; хотя никакой туманности в этом месте неба уже давно нет и в ближайшие 2 млрд лет не должно появиться. В состав NGC 457, возрастом пример-

но 20 млн лет, входит около 80 звезд, но на самом деле в его составе, по крайней мере, в три раза больше! Все они родились примерно в одно время из одного гигантского облака межзвездного водорода – даже яркий красный гигант,

расположенный в центре скопления. Открыл скопление в 1787 г. Вильям Гершель. Обладая интегральным блеском в 6,5^m, оно может быть найдено на небе даже в театральный бинокль.

*Ю.В. СОЛОМОНОВ,
С.А. ГЕРАСЮТИН*

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь - февраль 2019 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Январь		
1	22	Луна проходит в 1° севернее Венеры
2	5	Сатурн в соединении с Солнцем
3	3	Земля в перигелии
3	8	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
6	1	Новолуние
6	6	Венера в наибольшей западной элонгации (47°)
7	2	Уран переходит от попятного движения к прямому
9	3	Луна в апогее
13	0	Луна проходит в 6° южнее Марса
14	6	Луна в первой четверти
21	5	Полнолуние
21	20	Луна в перигее
22	12	Венера проходит в 2,4° севернее Юпитера
27	21	Луна в последней четверти
30	2	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
31	0	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
31	17	Луна проходит в 0,5° южнее Венеры
Февраль		
4	21	Новолуние
5	9	Луна в апогее
10	20	Луна проходит в 6° южнее Марса
12	22	Луна в первой четверти
18	10	Венера проходит в 1,1° севернее Сатурна
19	8	Луна в перигее
19	15	Полнолуние
26	11	Луна в последней четверти
26	21	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (18°)
27	14	Луна проходит в 2° севернее Юпитера

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

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
					ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м
Январь 01	18	44	-23	04	07:40	16:31	08:26	15:44	10:09	14:01
11	19	27	-21	55	07:38	16:41	08:21	15:58	09:51	14:28
21	20	10	-20	04	07:32	16:54	08:11	16:16	09:25	15:01
31	20	52	-17	36	07:23	17:08	07:55	16:36	08:54	15:36
Февраль 10	21	32	-14	36	07:10	17:22	07:36	16:57	08:21	16:12
20	22	11	-11	12	06:55	17:36	07:14	17:18	07:46	16:46
Март 02	22	49	-07	30	06:38	17:50	06:50	17:38	07:10	17:19

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДАЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F
	ч	м	°	'		''	
Меркурий							
Январь 01	17	32,1	-23	10	-0,4	5,2	0,89
11	18	37,8	-24	09	-0,6	4,8	0,95
21	19	46,7	-23	00	-0,9	4,7	0,99
31	20	56,9	-19	25	-1,5	4,8	1,00
Февраль 10	22	06,6	-13	22	-1,3	5,1	0,96
20	23	10,5	-05	28	-1,0	6,0	0,77
Март 02	23	20,2	+01	21	+0,0	7,9	0,34
Венера							
Январь 01	15	27,0	-15	15	-4,6	26,5	0,47
11	16	08,2	-17	31	-4,5	23,7	0,53
21	16	52,7	-19	25	-4,4	21,4	0,57
31	17	39,8	-20	43	-4,3	19,5	0,62
Февраль 10	18	28,7	-21	13	-4,2	18,0	0,66
20	19	18,6	-20	46	-4,2	16,7	0,69
Март 02	20	08,4	-19	22	-4,1	15,6	0,73

Марс								
Январь	01	23	59,3	-00	24	0,5	7,4	0,83
	11	00	23,7	+02	28	0,6	7,0	0,88
	21	00	48,3	+05	18	0,7	6,5	0,89
	31	01	13,3	+08	03	0,9	6,2	0,89
Февраль	10	01	38,6	+10	42	1,0	5,8	0,90
	20	02	04,2	+13	12	1,1	5,5	0,91
Март	02	02	30,4	+15	31	1,2	5,3	0,92
Юпитер								
Январь	01	16	40,3	-21	32	-1,6	31,8	1,00
	11	16	49,1	-21	48	-1,6	32,3	1,00
	21	16	57,4	-22	02	-1,7	32,8	1,00
	31	17	05,2	-22	13	-1,7	33,5	1,00
Февраль	10	17	12,4	-22	22	-1,8	34,3	0,99
	20	17	18,7	-22	28	-1,8	35,3	0,99
Март	02	17	24,1	-22	33	-1,9	33,3	0,99
Сатурн								
Январь	01	18	48,2	-22	29	0,5	15,1	1,00
	11	18	53,3	-22	24	0,5	15,1	1,00
	21	18	58,3	-22	18	0,5	15,2	1,00
	31	19	03,1	-22	11	0,6	15,2	1,00
Февраль	10	19	07,7	-22	05	0,6	15,4	1,00
	20	19	12,0	-21	58	0,6	15,5	1,00
Март	02	19	18,9	-21	51	0,6	15,7	1,00

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени, F – фаза планеты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий в январе невидим. 30 января ближайшая к Солнцу планета находится в верхнем соединении с Солнцем. В конце февраля сложатся благоприятные условия вечерней видимости Меркурия. 26 февраля планета будет в наибольшей восточной элонгации (18°).

Венера в январе видна утром. 6 января планета расположится в наибольшей западной элонгации (47°). 22 января Венера пройдет в 2,4° севернее Юпитера. 1 и 31 января Луна займет место недалеко от Венеры.

Марс виден в вечернее время. В январе он перемещается по созвездию

Рыбы, начиная с середины февраля – по созвездию Овна. Луна пройдет недалеко от Марса 13 января и 10 февраля.

Юпитер виден в утреннее время суток, продолжительность его видимости со временем увеличивается. Планета-гигант перемещается по созвездию Змееносца. 3, 31 января и 27 февраля Луна расположится недалеко от Юпитера.

Сатурн 2 января будет находиться в соединении с Солнцем. 18 февраля Венера пройдет в 1,1° севернее планеты-гиганта; если воспользоваться биноклем, то Сатурн можно увидеть недалеко от Венеры.

ЗАТМЕНИЯ

6 января 2019 г. произойдет частное солнечное затмение, которое можно будет наблюдать в Восточной Сибири, Приморье, на Сахалине, Камчатке и Чукотке. Максимальная фаза затмения – 0,71. Солнце в это время будет располагаться в созвездии Стрельца.

Полное лунное затмение состоится 21 января 2019 г. Луна будет находиться в созвездии Рака, в западной его части, близ границы с созвездием Близнецы. Луна пройдет через северную часть земной тени и южный край лунного диска будет ближе всего к центру земной тени.

На Европейской территории России можно будет наблюдать полную фазу затмения – на рассвете незадолго до восхода Солнца. Полная фаза затмения начнется в 4^ч 41^м и завершится в 5^ч 43^м по Всемирному времени. Максимальная теневая фаза наступит в 5^ч 12^м и составит 1,197; продолжительность полного теневого затмения – 1^ч 02^м.

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

Сейсмичность Земли в первом полугодии 2018 года

В январе–июне 2018 г. в Службе срочных донесений Геофизической службы РАН зарегистрировано и обработано 2380 произошедших на земном шаре землетрясений. Сравним их число с данными о землетрясениях прошлых лет.

Имело место более 50 землетрясений с магнитудой $M \geq 6,5$; из них более десяти были ощутимы на территории России, то есть вызвали сотрясения земной поверхности с интенсивностью около 4-х баллов. В этот период наблюдалась сравнительно невысокая сейсмическая активность, сильных разрушительных землетрясений на территории России не отмечено.

На Западном Кавказе и в Краснодарском крае с 26 января по 1 февраля в районе г. Туапсе произошло четыре землетрясения, сотрясаемость которых на поверхности составила 3,6–4,2 баллов.

Эпицентры землетрясений находились в акватории Черного моря на удалении 8,0–10,0 км от берега. Толчки ощущались жителями пос. Новомихайловский Туапсинского района. В Краснодарском крае 20 февраля 2018 г. и 24 апреля 2018 г. отмечены два землетрясения с магнитудами $M = 4,0$ и $4,1$. Эпицентр первого находился в 170 км от Ростова-на-Дону, в 110 км от Краснодара, в 7 км от станицы Ольгинская (Краснодарский край); подземные толчки ощущались в поселках Свободный, Ахтарский и Приморский. Второй эпицентр находился менее чем в 10 км от Анапы и в 115 км от Краснодара; подземные толчки ощущались в Крыму и ряде городов Краснодарского края.

В Сибири зафиксированы землетрясения с магнитудами $M < 4,0$. Так, в западной части Новосибирской области 18 февраля

в 0:35, в ночь с субботы на воскресенье, произошел подземный толчок магнитудой $M = 3,9$ и интенсивностью 4,5 балла. По данным новосибирских сейсмологов эпицентр находился в Сузунском районе, недалеко от дер. Малая Крутишка, в 120 км от Новосибирска. Жители, ощутившие землетрясение, сомневались в его природном происхождении.

В воскресенье и в понедельник, 18 и 19 февраля, в Иркутской области и в Бурятии, в 250 км от северной оконечности озера Байкал, были зарегистрированы три землетрясения с магнитудами $M = 3,2$ – $3,8$. Землетрясения слабые, однако, они привлекли внимание, так как случились вблизи Северомуйского железнодорожного тоннеля, на Байкало-Амурской магистрали.

Более сильные землетрясения были на Камчатке. По данным камчатских сейсмологов наиболее



Последствия разрушений после землетрясения на Аляске 23 января 2018 г.

сильное имело место 23 мая с магнитудой $M = 6,5$. Эпицентр землетрясения находился в акватории Камчатского залива в 326 км северо-восточнее Петропавловска-Камчатского и в 141 км южнее ближайшего к нему населенного пункта – поселка Усть-Камчатск, в котором подземные толчки ощущались силой до 4-х баллов; в результате никто не пострадал, угроза приближения цунами не объявлялась.

Наконец, на самой восточной границе России у Командорских островов 25 января произошло землетрясение с магнитудой $M = 6,3$. Эпицентр располагался на глубине 8 км вблизи северной оконечности острова Беринга. На островах находится один населенный пункт – Никольское – в нем насчитывается немногим более 600 человек. Командорские острова расположены в 200 км от полуострова Камчатка и входят в состав Алеутского района

Камчатского края России. Острова расположены на границе литосферных плит, перемещающихся со скоростью порядка 50 мм в год, поэтому здесь периодически (раз в 100 лет и более) происходят сильные землетрясения. Архипелаг был открыт в 1741 г. в ходе экспедиции под руководством капитана-командора Витуса Беринга и Алексея Чирикова.

Ряд землетрясений был зафиксирован и в странах СНГ; сильные толчки отмечены в Таджикистане и на Кавказе.

В Таджикистане 29 и 30 марта с интервалом три часа произошло два землетрясения с магнитудами $M = 5,9$ и $M = 4,7$. В результате разрушены 84 дома в джамоате селений Сари Хосор. Джамоат Сари Хосор – отдаленная и труднодоступная местность в Хатлонской области.

Землетрясение 9 мая, очаг которого находился на границе с Афганистаном и Таджикистаном, на

глубине 110 км, в 51 км к югу от Хорога (Таджикистан), в 81 км к юго-востоку от Файзабада (Афганистан) и в 288 км к юго-востоку от Душанбе, имело магнитуду $M = 6,7$. Дежурный Геофизической службы Академии наук Таджикистана сообщил, что в Душанбе сила землетрясения составила 4–5 баллов по 12-балльной шкале.

По данным Геологической службы США, подземные толчки ощущались в Кабуле (столице Афганистана) и Нью-Дели (столице Индии), что объясняется большой глубиной, на которой находился эпицентр. По данным местных властей, сведений о пострадавших и разрушениях не поступало.

Землетрясение 5 июня, очаг которого находился на территории Азербайджана – на глубине 10 км, в 18 км к северо-западу от Кахи, в 20 км к юго-востоку от Закатал, в 160 км к юго-западу от Каспийска и в 165 км к юго-западу от Махачкалы, имело магнитуду $M = 5,3$. Землетрясение ощущалось в Тлярате, Бежте силой 5 баллов; в Акуше, Чароде, Рутуле – 4–5 баллов, в Каспийске – 3–4 балла, в Махачкале – 3 балла. По дан-

ным РИА-Новости, после землетрясения более тридцати человек обратились в больницы Каха и Закаталы, один человек скончался от сердечного приступа.

В мире наиболее “активным” по-прежнему был Тихоокеанский сейсмический пояс – так называемое “огненное кольцо”, где отмечено более половины (1470) обработанных в ГС РАН землетрясений. Сильные землетрясения с макросейсмическими последствиями произошли в тихоокеанском сейсмическом поясе – в Японии, на Тайване и в Эквадоре. Рассмотрим ряд сильнейших за этот период.

23 января зарегистрировано землетрясение с $M=7,8$; его очаг находился в заливе Аляска, на глубине 10 км, в 460 км к югу от Сьюард (США), в 576 км к юго-востоку от Анкориджа (США). После этого подземного толчка в течение 14-ти часов последовала серия афтершоков с магнитудой, имевшей силу от 5,8 до 4,5 баллов. Была объявлена угроза цунами для Аляски, а также для центрального побережья канадской провинции Британская Колумбия и северо-восточной части острова Ванкувер. По сообще-



ниям американских сейсмологов (хотя землетрясение имело высокую магнитуду – волны цунами не превышали высоты 0,5 м), необычные последствия проявились в штате Флорида (расположен на расстоянии порядка 6000 км от эпицентра): здесь система наблюдений Геологической службы США зарегистрировала изменения, зафиксированные в уровне грунтовых вод – их связывают с произошедшим землетрясением на Аляске.

4, 6 и 7 февраля на северо-восточном побережье острова Тайвань зарегистрированы 3 сильных землетрясения с магнитудами $M=6,3$, $6,5$ и $5,9$. Все три случились практически в одной точке – на глубине 10 км, в 112 км к юго-востоку от Тайбэя, в 115 км к юго-востоку от Тайчжуна и в 200 км к северо-востоку от Тайнаня. По сообщениям СМИ, такая сейсмическая “атака” в уезде Хуалянь не наблюдалась в

течение последних 50 лет; общее число пострадавших в результате землетрясения превысило 280 человек. Среди 17-ти погибших девять человек – жители материкового Китая; пятеро – с острова Тайвань, один человек – с Филиппин и двое – из Канады.

Большая часть квартир и частных домов были лишены водоснабжения и обесточены; около 400 жителей эвакуированы в безопасные районы. Пострадала 11-этажная гостиница Marshal Hotel (три нижних этажа “сложились”, из-за чего здание накренилось); сильные повреждения получили ресторан, два жилых дома и военный госпиталь.

Два сильных землетрясения отмечены в Японии. Землетрясение, произошедшее 24 апреля, имело магнитуду $M=6$; его очаг находился в районе острова Хоккайдо, на глубине 90 км, в 27 км к юго-востоку от Немуро (Япония), в 86 км



Следы землетрясения (оползень) на Новой Гвинее, 25 февраля 2018 г.

лучили повреждения 514 жилых домов в четырех префектурах Японии; наибольший урон понесли строения в Осаке и Киото. Было остановлено движение на ряде участков скоростных и обычных железных дорог, а также на автотрассах на юго-западе Хонсю; отменены авиарейсы в аэропорту Осаки. Примерно 100 тыс. квартир в зоне бедствия остались без газа; в префектурах Осака и Хёго без электричества остались около 170 тыс. домов.

Аномально высокая сейсмическая активность наблюдалась на островах Папуа-Новая Гвинея. 25 февраля в центральной части этого острова Новая Гвинея произошло землетрясение с магнитудой $M=7,2$. Его очаг находился на глубине 10 км, в 83 км к западу от Менди, в 111 км к юго-западу от Вабага. Впоследствии, в течение почти сорока дней, на островах Новая Гвинея и Новая Британия были зафиксированы более сотни землетрясений, преимущест-

к югу от Южно-Курильска (Россия) и в 270 км к юго-западу от Курильска (Россия); оно ощущалось в Южно-Курильске с магнитудой силой 4–5 баллов в Малокурильском, в Горячем пляже – силой 4 балла; макросейсмических последствий на территории России не было отмечено.

Случившееся 17 июня землетрясение, очаг которого находился на севере префектуры Осака (Западный Хонсю), на глубине 10 км, в 22 км к северо-востоку

от Осаки, в 26 км к юго-западу от Киото и в 41 км к северо-востоку от Кобе имело магнитуду $M=6$. В ряде районов сила толчков доходила до 6 баллов по 7-балльной шкале, принятой в Японии. По информации метеорологического управления, за сутки в Осаке были зафиксированы около 26 афтершоков различной магнитуды. По данным ИТАР-ТАСС, пять человек погибли, 379 пострадали. В результате землетрясения по-



Разрыв поверхности Земли в результате землетрясения в Гондурасе, 10 января 2018 г.

венно с магнитудой $M=4,5-5,5$ (в том числе четыре землетрясения имели магнитуды $M=6,1, 6,4, 6,6$ и $6,8$). Колебания земной поверхности ощущались на большой площади, население находилось в состоянии постоянного страха перед возможной катастрофой. По данным ИТАР-ТАСС, погибли 125 человек, пострадали более 300 человек; разрушено много зданий. На дороги и реки “сошли” оползни. В провинциях Хела и Саузерн-Хайлендс было нарушено электроснабжение и отменены авиарейсы, половина полотна взлетно-посадочной полосы аэропорта Комо в провинции Хела оказалась повреждена. Дарьян Кларк, сотрудник гуманитарной службы в австралийской высшей комиссии (Папуа-Новая Гвинея) сообщил, что последствия землетрясения были катастрофическими: «Это было самое крупное землетрясение за сто лет, оно распространилось на 150 километров по линии разломов». В рамках усилий по оказанию помощи населению авст-



ралийское правительство выделило 200 тыс. австралийских долларов; Новая Зеландия сделала пожертвование в размере 500 тыс. новозеландских долларов.

10 января в Карибском море произошло сильное землетрясение с $M=7,6$ в 200 км к северо-востоку от побережья Гондураса, в 267 км к северо-востоку от острова Гуанаха (Гондурас) и в 307 км к юго-западу от Джорджтауна (столица Каймановых Островов). Очаг находился на

глубине 10 км. Национальный центр предупреждения о цунами (NTWC) сообщил, что тайфун ожидается на территории 1000 км от эпицентра (в эту зону входят Мексика, Куба, Ямайка, Белиз, Гондурас и Каймановы острова). Вскоре после землетрясения вдоль берегов Белиза наблюдалось явление “быстро отступающей воды” (на расстоянии свыше 10 м), это свидетельствовало о скором возможном приходе “обратной” волны в виде



цунами; но этого не случилось. Несмотря на высокую величину магнитуды, больше сообщений о цунами не поступало.

14 января на побережье Перу зарегистрировано сильное землетрясение с $M=7,3$ – в 33 км к югу от Ломаса, в 37 км к юго-западу от Яука и в 110 км к югу от Наски. Очаг находился в море, на глубине 10 км. Тихоокеанский центр предупреждения о цунами США сообщил об угрозе возникновения волн цунами у побережья Перу; по факту у побережья возникли волны высотой до 1 м. По данным СМИ, глава национального Института гражданской обороны Хорхе Чавес сообщил о 2-х погибших и порядка 65-ти раненых. Было разрушено много глинобитных домов; в ряде районов страны зафиксированы камнепады.

16 февраля в штате Оахака (Мексика) возникло сильное землетрясение с $M=7,4$.

Эпицентр располагался в 113 км к юго-западу от Оахаки, в 210 км к юго-востоку от Чильпансингде-лос-Браво и в 337 км к юго-востоку от Мехико (столица Мексики). Очаг находился на глубине 10 км. Подземные толчки ощущались на расстоянии более 350 км от эпицентра. Национальная сейсмологическая служба Мексики сообщала о регистрации многочисленных афтершоков; наиболее сильные, с магнитудой более 4,5 баллов, завершились в первые пять дней после основного толчка, зафиксированного 16 февраля.

Национальная служба гражданской обороны Мексики объявила режим чрезвычайного положения в наиболее пострадавших районах штата Оахака. По данным РИА-Новости, после землетрясения 16 февраля 2018 г. в столице страны возымела действие система оповещения, и граждане организовано поки-

нули высотные здания. Ущерб от землетрясения был нанесен сотням строений; более миллиона домов и торговых точек остались без света в штатах Мехико, Герреро, Оахака и Морелос; занятия в школах были отменены. Для Мехико – города, давно “привыкшего” к землетрясениям, – это было особенно разрушительное.

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

О.Е. СТАРОВОЙТ,
кандидат физико-математических наук

Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат физико-математических наук

М.В. КОЛОМИЕЦ
Единая геофизическая
служба РАН
(ФИЦ ЕГС РАН)

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
"Земля и Вселенная" вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
"Пресса России"
(I полугодие 2019 г.) во всех отделениях связи.
Подписаться можно и по интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте "Почта России".
Подписной индекс – 70336*

Литературный редактор Л.В. Рябцева
Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

Художественный редактор О.Н. Никитина

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректор О.Н. Добринова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 24.09.2018. Подписано к печати 24.12.2018

Формат 70 × 100¹/₁₆; Усл. изд.л. 12,1

Тираж 250 экз., (включая 5 экз. бесплатно). Зак. 13/ба. Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук

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

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

E-mail: zevs@naukaran.com

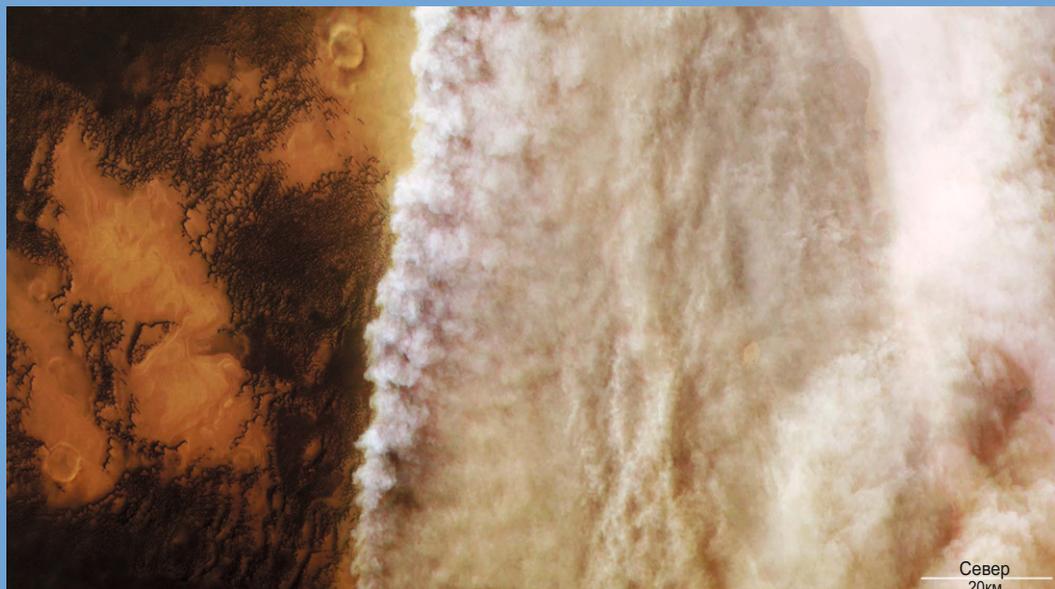
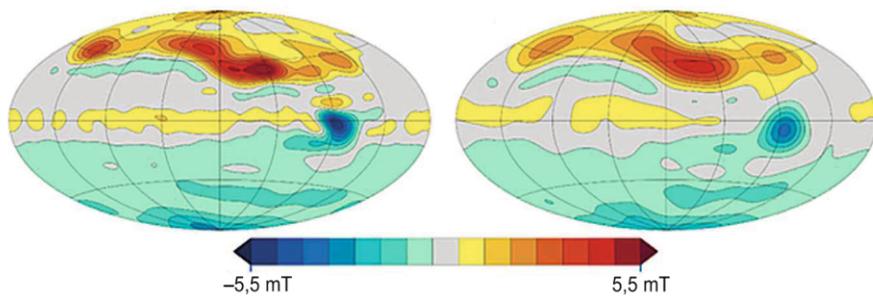
Исполнитель по контракту № 4У-ЭА-014-18

ООО «Интеграция: Образование и Наука»

117418, Москва, Нахимовский проспект, 47

Отпечатано в ООО «Институт информационных технологий»

12+





Индекс 70336