

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

№1(325) ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ, 2019

космонавтика
астрономия
геофизика

ISSN 0044-3948

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ МИССИИ “КАССИНИ-ГЮЙГЕНС”

АКАДЕМИК О.Г. ГАЗЕНКО – ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ
В ОБЛАСТИ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

МУЗЕЙ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО В КАЛУГЕ

ОБ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ. РУССКИЙ КОСМИЗМ,
ЛУННАЯ ГОНКА И ОТКРЫТИЕ “НОВОЙ ЛУНЫ”

КОСМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

О ЧЕМ ГОВОРИТ СОБСТВЕННОЕ
РАДИОТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОКЕАНА?

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



Уважаемые коллеги!

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

Журнал «Земля и Вселенная»

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1200 руб.
Стоимость полугодового комплекта (3 номера) 750 руб.
Стоимость 1 номера 400 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-31)
E-mail: zevs@naukaran.com
ул. Профсоюзная, 90, к. 423

Журнал «Природа»

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3000 руб.
Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1800 руб.
Стоимость 1 номера 500 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)
E-mail: priroda@naukaran.com
ул. Профсоюзная, 90, к. 416

Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.
Стоимость 1 номера 500 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495) 362-07-82
E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru
ул. Красноказарменная, 17а

Подписаться можно в редакциях указанных журналов.
Убедительная просьба связаться с редакциями перед визитом.

В случае возникновения вопросов можно также обращаться в Управление по выпуску журналов ФГУП «Издательство «Наука»:
Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-91 или 43-01)
E-mail: journals@naukaran.com

ИЗДАТЕЛЬСТВО

НАУКА

NAUKA

PUBLISHERS

Издательство “Наука” оказывает услуги:

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

**Высокопрофессиональные специалисты “Науки”
готовы к сотрудничеству**

naukapublishers.ru



www.libnauka.ru

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

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

Электронная библиотечная система это:

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

Реклама

Присоединяйтесь к миру «Науки»!

ЗЕМЛЯ №1(325) ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ, 2019

И

ISSN 0044-3948

космонавтика
астрономия
геофизика

ВСЕЛЕННАЯ

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

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Обнаружено сверхскопление
Гиперион [16];

Самый удаленный объект
в Солнечной системе [30];

"Вояджер-2" достиг межзвездного
пространства [61];

"Юнона": облачность Юпитера [82];

Запуск китайской
АМС "Чанъэ-4" [86];

"Хаябуса-2": первые исследования
астероида Рюгу [111].

На стр. 1 обложки:

Вид на северный полюс Луны.
Мозаика получена из 18 снимков,
выполненных с помощью
АМС "Галилео" (NASA) через
зеленый фильтр во время полета
космического корабля 7 декабря
1992 г.

Источник: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00130>.

В НОМЕРЕ:

Колонка главного редактора 3

Космонавтика – планетологии

МИТРОФАНОВ И.Г. Об освоении Луны. Русский космизм, лунная гонка и открытие "новой Луны" 5

НАРОЕНКОВ С.А., ШУСТОВ Б.М. Космические ресурсы 18

Астрономия

УРАЛЬСКАЯ В.С. Некоторые итоги миссии "Кассини-Гюйгенс" 31

Науки о Земле

ГРАНКОВ А.Г., МИЛЬШИН А.А. О чем говорит собственное радиотепловое излучение океана? 48

Люди науки

ГРИГОРЬЕВ А.И., ПОТАПОВ А.Н. Академик О.Г. Газенко – выдающийся ученый в области космической биологии и медицины 62

ДЛУЖНЕВСКАЯ О.Б. Алла Генриховна Масевич – выдающаяся женщина-астроном 73

Служба Солнца

ИШКОВ В.Н. Солнце в августе – сентябре 2018 г. 83

Любительская астрономия

ОСТАПЕНКО А.Ю. Фестиваль "АстроФест": двадцать лет на службе астрономии 89

КОНОНОВ Д.А. Небесный календарь: март – апрель 2019 г. 96

По выставкам и музеям

ЭНГЕЛЬГАРДТ Л.Т. Музей А.Л. Чижевского в Калуге 100

Указатель статей и заметок, опубликованных в журнале "Земля и Вселенная" в 2018 году 108



© Российская академия наук, 2019

© Редколлегия журнала

"Земля и Вселенная" (составитель), 2019

© ФГУП "Издательство "Наука", 2019

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

Редакционная коллегия: IN THIS ISSUE:

главный редактор академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,	Chief Editors Column	3
зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,	Cosmonautics to Planetology	
летчик-космонавт П.В. ВИНОГРАДОВ,	MITROFANOV I.G. On the Exploration of the Moon. Russian Cosmism, Moon Race and Discovery of the "New Moon"	5
зам. главного редактора кандидат филолог. наук О.В. ЗАКУТНЯЯ,	NAROYENKOV S.A., SHUSTOV B.M. Space Resources	18
доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,	Astronomy	
летчик-космонавт А.Ю. КАЛЕРИ,	URALSKAYA V.S. Some Results of "Cassini-Huygens" Mission	31
кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,	Earth Sciences	
доктор физ.-мат. наук А.А. ЛУТОВИНОВ,	GRANKOV A.G., MILSHIN A.A. What is the Ocean's Own Thermal Radiation Telling About?	48
зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук О.Ю. МАЛКОВ,	People of Science	
доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,	GRIGORYEV A.I., POTAPOV A.N. Academician O.G. Gzenko – an Outstanding Scientist in the Field of Space Biology and Medicine	62
академик И.И. МОХОВ,	DLUZHNEVSKAYA O.B. Alla Genrikhovna Masevich – an Outstanding Female Astronomer	73
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ,	Solar monitoring service	
доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,	ISHKOV V.N. The Sun in August – September 2018	83
доктор физ.-мат. наук К.А. ПОСТНОВ,	Amateur Astronomy	
доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,	OSTAPENKO A.Yu. AstroFest Festival: Twenty Years at the Service of Astronomy	89
научный директор Московского планетария Ф.Б. РУБЛЁВА,	KONONOV D.A. Celestial Calendar: March – April 2019	96
член-корр. РАН А.Л. СОБИСЕВИЧ,	On the Exhibitions and Museums	
член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,	ENGELHARDT L.T. A.L. Chizhevsky Museum in Kaluga	100
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,	Index of articles and notes published in "Earth and Universe" in 2018	108
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО,		
член-корр. РАН Б.М. ШУСТОВ		

Колонка главного редактора

Уважаемые читатели!

Вы держите в руках первый выпуск журнала “Земля и Вселенная”, вышедший в свет в 2019 году, и, безусловно, обратили внимание на его обновленные обложку и макет.

Прошедший 2018 год был для журнала непростым. 23 апреля ушел из жизни главный редактор журнала Виктор Кузьмич Абалакин – член-корреспондент РАН, замечательный ученый, долгое время (начиная с 1990 года) возглавлявший старейшую обсерваторию нашей страны – Пулковскую. Неоценим его вклад в развитие и наполнение журнала, редколлегия которого он возглавлял на протяжении многих лет. Мы скорбим об этой потере.

Во второй половине 2018 года также произошли различные организационные изменения, которые сказались на работе редакции и, к сожалению, привели к тому, что график выхода журнала очень сильно “сдвинулся”. Несмотря на это, редакция журнала продолжает работать, и мы надеемся, что “время перемен” сменяется “временем развития”.

Осенью прошедшего года Президиум РАН утвердил меня в качестве главного редактора журнала. Для меня это большая честь и большая ответственность, так как журнал с более чем 50-летней историей долгое время был настоящим эталоном “академической” научной популяризации современных исследований космоса. Это заслуга и его главных редакторов, и членов Редколлегии, и всей редакции – все они исключительно внимательно относились и к содержанию, и к оформлению журнала. В том, что журнал “Земля и Вселенная” знают во всех научных организациях нашей страны, связанных с исследованием



космоса, неоценима роль заместителя главного редактора “Земли и Вселенной” доктора педагогических наук Ефрема Павловича Левитана, бессменно руководившего редакцией со дня основания журнала (сентябрь 1964 года) и до ухода из жизни в 2012 году (ЗиВ, 2012, №4; 2014, №4).

Новое оформление – один из шагов в развитии журнала, который, как и космическая наука, всегда должен учитывать новейшие результаты и достижения. Мы рады, что наконец-то появилась возможность выпускать журнал в полном объеме в цвете. Планируется расширить число жанров и форматов, представленных в журнале, обратить большее внимание на образовательную составляющую. При этом журнал останется в хорошем смысле слова “академическим” как по стилю изложения, так и по строгости отношения к содержанию.

Российская академия наук – учредитель нашего журнала. Начиная с первого выпуска 2019 года члены Президиума РАН будут получать все выпуски

“Земли и Вселенной” не только для знакомства с последними достижениями космической науки, астрономии, геофизики, но и для конструктивной, содержательной критики.

В заключение хочу вспомнить о важных событиях космической науки, которыми запомнился 2018 год. В первую очередь это начало научных наблюдений в рамках проекта “ЭкзоМарс” (ЗиВ, 2016, №3). Летом 2018 года начал работу орбитальный аппарат TGO совместной российско-европейской миссии “ЭкзоМарс-2016”, на котором установлены два российских прибора для исследования атмосферы и картирования подповерхностного льда (ЗиВ, 2018, №3. В ближайших номерах журнала мы расскажем о первых научных результатах миссии.

Прошедший год, особенно его вторая половина, запомнится многочисленными запусками новых межпланетных станций к Марсу, Луне, Меркурию. Особенно приятно, что на европейско-японском космическом аппарате “БепиКоломбо”, который сейчас находится на траектории перелета к Меркурию, установле-

ны научные приборы, полностью или частично созданные в России. В прошлом году также стартовала миссия “Солнечный зонд Паркера”, названная в честь одного из основоположников солнечной физики американского исследователя Юджина Паркера. Аппарат должен приблизиться к Солнцу на рекордно близкое расстояние – для того, чтобы детально изучить структуру солнечного ветра и другие его параметры вблизи нашей звезды. Мы надеемся, что в 2019 году сможем подробно познакомить наших читателей с этими экспедициями, а со временем рассказать и о полученных ими новых результатах.

Запуски автоматических межпланетных станций и космических обсерваторий – безусловно, важные события, но главное – успешная работа научной аппаратуры на этих аппаратах и получение уникальных научных результатов, ради которых они создаются.

Как и всегда, журнал “Земля и Вселенная” будет рассказывать о том новом понимании космоса, которое рождается сегодня трудами исследователей всего мира.

*Главный редактор журнала
“Земля и Вселенная”
академик Лев Матвеевич Зелёный*

ОБ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ. РУССКИЙ КОСМИЗМ, ЛУННАЯ ГОНКА И ОТКРЫТИЕ "НОВОЙ ЛУНЫ"



И.Г. МИТРОФАНОВ,

доктор физико-математических наук

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394819010018

"...Контрасты температур громадны вследствие отсутствия уравнивающего воздействия воды и воздуха. Всегда затененные углубления и ямы страшно холодны. Еще холоднее должна быть температура подобных мест в северных и полярных областях. Возможно, что там накопились обширные слои отвердевшей воды и атмосферы".

К.Э. Циолковский
"Вне Земли", Калуга, 1920 г.

В статье автор поднимает вопросы о том, какие новые знания и открытия привели к тому, что Луна в XXI веке вновь привлекает ученых. Какую практическую выгоду и гуманитарную пользу принесут в будущем лунные исследования? Какой должна быть тактика и стратегия? Главный вопрос: следует ли России активно осваивать Луну, затрачивая на это значительные ресурсы – в ущерб другим насущным целям и задачам?

ОТ МЕЧТЫ О "КОСМИЧЕСКОМ ВОСКРЕШЕНИИ" – К "ЛУННОЙ ГОНКЕ"

12 апреля 1961 г. земная цивилизация стала космической: первый орбитальный полет выполнил наш сооте-

чественник Ю.А. Гагарин. С тех пор наука о космосе превратилась в бурно развивающуюся область естествознания: космические аппараты на околоземных орбитах обеспечили землян связью, телевидением, навигацией, они проводят метеорологические, геофизические, геодезические, океаногра-

фические исследования, экологический мониторинг (ЗиВ, 2005, № 2; 2007, № 5). За пять десятилетий бурного развития созданная околоземная космическая инфраструктура прочно вошла в нашу жизнь, стала неотъемлемой частью современной цивилизации.

Что дальше: каким будет основной вектор развития космонавтики в XXI веке? Покинут ли люди свою земную колыбель – как в начале прошлого века пророчествовал К.Э. Циолковский (ЗиВ, 1982, № 5; 2007, № 5), или они не захотят ради освоения других небесных тел Солнечной системы расставаться со своей голубой планетой и предпочтут отправлять на разведку дальнего космоса исследовательские аппараты-роботы? Останутся ли доминирующими в дальнем космосе фундаментальные исследования, направленные на получение новых знаний о планетах, звездах и Вселенной, или основным направлением развития станут пилотируемые экспедиции за пределы околоземных орбит – на Луну и Марс, к астероидам? Эта дилемма в настоящее время становится главной в выборе вектора развития космонавтики; она активно обсуждается, причем не только в космическом сообществе, но и в социуме.

Критики приоритета пилотируемой космонавтики над автоматической ссылаются на практически безграничные возможности роботизированных средств исследования окружающего мира и при этом выдвигают вполне весомые аргументы о значительных вложениях в разработку пилотируемых ракетно-космических комплексов, по сравнению с затратами на создание автоматических межпланетных станций.

Сторонники пилотируемых полетов в дальний космос не опровергают аргументы о впечатляющих возможностях

автоматов, но ставят встречные вопросы: человечество навсегда останется прикованным к Земле? Оно никогда не приступит к разведке и промышленному освоению лунных ресурсов и не начнет глобальное преобразование природной среды на Марсе для его постепенной колонизации? В ответ на эти вопросы скептики обычно уклончиво отвечают, что в принципе – “да”, основоположник теоретической космонавтики К.Э. Циолковский прав, и человечество когда-нибудь покинет свою земную колыбель, но это будет потом, не сейчас: уж слишком неустроена наша сегодняшняя жизнь. Они говорят: давайте лучше вложим наши скромные ресурсы в образование, в медицину, в благоустройство городов, в повышение пенсий и зарплат. Пусть освоением Луны и Марса займутся наши внуки и правнуки, а мы вначале повысим рождаемость, увеличим продолжительность жизни, создадим цифровую экономику

и построим шестой технологический уклад. В принципе такое прагматичное рассуждение вполне имеет право на существование – но автор думает, что оно не согласуется с мыслями и чувствами нашего народа.

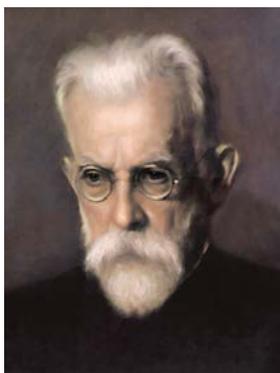
В 1960-е гг. советский народ жил весьма скромно: как показали исследования Центрального научно-исследовательского института государственной плановой комиссии РСФСР, около 40% населения имели доходы ниже прожиточного уровня¹. Но это не помешало людям встретить исторический полет

*Что дальше:
каким будет
основной
вектор
развития
космонавтики
в XXI веке?*

¹ Кузнецова С. Цены находятся в СССР на относительно высоком уровне. Сколько зарабатывала советская власть на нуждах советских граждан // Коммерсантъ. Власть, № 31, 12 августа 2013 г. (<https://www.kommersant.ru/doc/2249425>).



Н.Ф. Фёдоров



В.И. Вернадский



К.Э. Циолковский

Основоположники русского космизма: Н.Ф. Фёдоров создал религиозно-философское направление. Художник С.А. Коровин, 1902 г.; выдающийся русский ученый В.И. Вернадский (его пророческие идеи о ноосфере предсказывают направление развития земной цивилизации). Художник А.Е. Елецкий, 1949 г.; К.Э. Циолковский создал основы современной космонавтики, он также внес существенный философский вклад в это течение. Снимок 1932 г. Архив РАН.

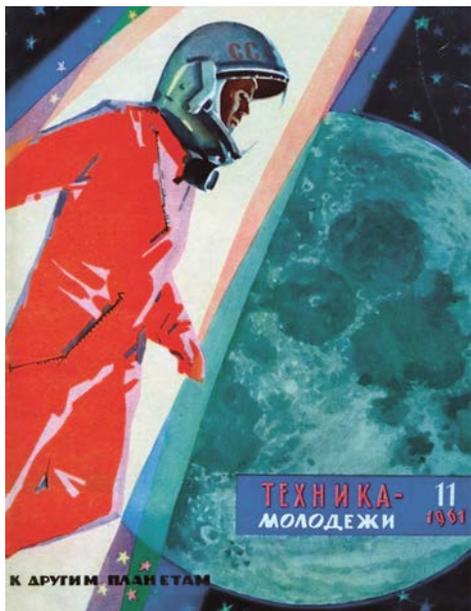
Юрия Гагарина с неподдельным энтузиазмом и гордостью за свою страну: море людей стихийно вышло на улицы городов и поселков. Уверен, что люди, встречавшие Ю.А. Гагарина на Ленинском проспекте Москвы, не связывали его полет со своим скромным материальным достатком: для послевоенного “поколения победителей” эти ценности были несопоставимы.

Дело, по-видимому, в том, что в ходе исторического процесса развития нашей страны русские люди приобрели общие черты, которые превратили их в народ-первопроходец, стремящийся к расширению своей среды обитания. Ведь именно в России возникло уникальное философское течение, получившее название “русский космизм”, в котором смысл существования человеческого общества связывался с освоением космоса, и законы его существования трактовались как законы развития окружающей Вселенной. Космос манил не только тайной происхождения звезд и планет или загадкой существования

иных цивилизаций. Один из основателей религиозно-философского космизма Н.Ф. Фёдоров (1829–1903) связывал изучение и освоение космических миров с преодолением конечности во времени человеческой жизни. В его трудах освоение космоса рассматривалось, как способ расселения гигантского числа воскрешенных людей². Выдающийся русский ученый В.И. Вернадский (1863–1945) сформулировал концепции биосферы и ноосферы Земли, как особой среды планетарного масштаба, обусловленной присутствием на планете жизни и ее разумной формы – человечества (ЗиВ, 1983, № 4; 1988, № 2; 2013, № 4)³. Особое место в плеяде русских космистов занимает К.Э. Циолковский (1857–1935). Философско-мистические идеи

² Фёдоров Н.Ф. Супраморализм или всеобщий синтез (т.е. всеобщее объединение) / Собрание сочинений: в 4 т. М., 1995–2000. Т. 1. С. 388–441.

³ Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М., 2004.



Первый космонавт планеты Юрий Гагарин с интересом смотрит на Луну. Обложка журнала "Техника – молодежи", 1961, № 11. Художник А.Н. Побединский.

ученого посвящены будущему человечества и проникновению во Вселенную, они неразрывно связаны с его основополагающими трудами по теории космонавтики (ЗиВ, 1998, № 4; 2002, № 2; 2003, № 4; 2007, № 5; 2015, № 4), с провидческой разработкой средств освоения человеком всей Солнечной системы⁴.

Можно предположить, что сформулированные российскими мыслителями философские концепции выражали присутствовавший в сознании рядового русского человека "стихийный космизм", придавая смысл его человеческому бытию, определяя высшую цель его насущной борьбы за существование. Именно поэтому выдающиеся космические достижения нашей

⁴ Циолковский К.Э. Космическая философия. Сборник. М., 2004.

страны были восприняты подавляющим большинством соотечественников с огромным энтузиазмом – как свидетельство готовности народа-победителя к новым подвигам и свершениям. Вспоминаю, как в 1970-е гг. люди старшего поколения – победителей – спрашивали меня, студента физфака ЛГУ: "А почему Вы отдали Луну американцам?". Имелись в виду исторические полеты на Луну астронавтов по программе NASA "Аполлон" (ЗиВ, 2009, № 5).

Соперничество с Америкой началось с первых дней космической эры. Запуск в 1957 г. в СССР первого искусственного спутника Земли и осуществленный – первый в мире – полет Ю.А. Гагарина были восприняты в США как национальный вызов, на который американцы не могли не ответить. Уже 25 мая 1961 г., спустя всего полтора месяца после полета Гагарина, в послании Конгрессу президент США Джон Кеннеди провозгласил: "...наша страна должна принять на себя обязательство в достижении следующей цели – до конца этого десятилетия доставить человека на Луну и безопасно вернуть его на Землю... К Луне полетит не один человек, ... это будет весь наш народ" (<https://www.jfklibrary.org/Asset-Viewer/Archives/JFKPOF-034-030.aspx>). Руководство СССР также достаточно серьезно отнеслось к сохранению и укреплению приоритета в космосе. Так началась "лунная гонка", которую мы, к сожалению, проиграли. Но наш народ не проиграл "комическое многоборье" – отечественные ученые создали несколько поколений долговременных орбитальных станций, осуществили серию посадок автоматических станций на Венеру, доставили лунный грунт на Землю, выполнили уникальные исследования кометы Галлея. За истекшие 60 лет наша страна и США, соперничая (и сотрудничая) в космосе, стали великими космическими державами.

Сейчас к лидерам в освоении Луны уверенно присоединился Китай, стремительно наверстывая отставание от космических первопроходцев. Начиная с 2007 г. в КНР успешно реализовано четыре лунных проекта по программе “Чанъэ” (ЗиВ, 2007, № 2, с. 107; 2007, № 6, с. 104; 2009, № 4, с. 63; 2011, № 2, с. 110; 2014, № 2, с. 107–110). 3 января 2019 г. впервые в истории осуществлена посадка АМС на обратную сторону Луны.

Сейчас к лидерам в освоении Луны уверенно присоединился Китай, стремительно наверстывая отставание от космических первопроходцев

ЛУНА КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ ОСВОЕНИЯ

Спустя 45 лет после “крайнего” полета на Луну по программе “Аполлон” президент США Дональд Трамп вновь провозгласил ее освоение в качестве ближайшей стратегической цели Америки в дальнем космосе. В подписанной им 11 декабря 2017 г. Директиве NASA говорится о планах возвращения американских астронавтов на Луну: на этот раз – не для того, чтобы провести там 12 суток, установить флаг и оставить следы первопроходцев. Теперь NASA должно начать долговременную программу освоения нашего спутника и использования его природных ресурсов. Предполагается создать основу для последующих пилотируемых полетов на Марс и на другие небесные тела Солнечной системы (<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-reinvigorating-americas-human-space-exploration-program/>). В Директиве настойчиво провозглашается национальное лидерство США в будущих лунных исследованиях, создание в перспективе новых рабочих мест и обеспечение практической пользы для Америки. Следует

отметить, что в своем выступлении, сопровождавшем подписание Директивы, президент Д. Трамп также упомянул о значении лунных исследований для обороны и безопасности США.

Сравнительно недавно президент России В.В. Путин косвенно дал ответ на новую лунную инициативу США. Во вновь открывшемся павильоне “Космос” на ВДНХ 12 апреля 2018 г., отвечая на вопрос ветеранов космонавтики о российской лунной программе, он сказал: “Программа рассчитана до 2030 года ...Здесь сомнений нет, будем активно работать, будем эту программу осуществлять” (<http://www.kremlin.ru/events/president/news/57246>).

Следует, однако, отметить, что конкретные задачи развития российской космонавтики не были отдельно упомянуты в майском Указе президента среди перечня целей и задач развития страны на период до 2024 г.: фактически они вошли в общую задачу “обеспечения присутствия России в числе пяти ведущих стран мира, осуществляющих исследования и разработки в приоритетных областях научно-технологического развития”. Космические исследования, безусловно, относятся к таким приоритетным областям, но для такой перспективы (2024 г.) их потенциальное значение для страны оказалось недостаточно весомым для отдельного упоминания.

ЛУННЫЕ ПОЛЮСА – БЛИЖАЙШИЙ РУБЕЖ В РАЗВИТИИ КОСМОНАВТИКИ

Благодаря весьма успешным научным исследованиям Луны в СССР и США в годы “лунной гонки” было достигнуто значительное продвиже-



Встреча Президента РФ В.В. Путина с российскими космонавтами 12 апреля 2018 г. в центре «Космонавтика и авиация» на ВДНХ.

ние по многим фундаментальным вопросам возникновения и эволюции уникальной системы Земля–Луна. Стало известно о процессе образования Луны, его внутреннем строении, изотопном составе вещества, природе масконов (областей повышенной плотности под лунной поверхностью), происхождения оптических вспышек. Однако эти вопросы, скорее, относились к сфере фундаментальной науки и не рассматривались как достаточное основание для продолжения активных космических исследований Луны. Некоторый практический интерес к ее освоению был связан с перспективой добычи на нашем естественном спутнике изотопа гелия ^3He , который в будущем мог бы стать топливом для термоядерных энергетических установок (ЗиВ, 2014, № 2). Сторонники этой идеи отмечали, что одна тонна гелия-3 обеспечит энерговыделение, эквива-

лентное 20 млн тонн нефти; а главное – основанная на его использовании энергетика экологически безопасна⁵. Однако большинство физиков-ядерщиков пока отказалось поддержать этот план: по их мнению, для обеспечения потребностей будущей термоядерной энергетики вполне достаточно земных ресурсов (установки работают на основе реакции синтеза дейтерия и трития) – с учетом тех затрат, которые потребуются для создания космического комплекса по добыче и доставке гелия-3 с Луны на Землю⁶.

Отношение к перспективам освоения Луны существенно изменилось

⁵ Галимов Э.М. Замыслы и просчеты / Фундаментальные космические исследования в России последнего двадцатилетия. М., 2013. С. 273–283.

⁶ Головачёв В. Театр Луны. Интервью с Р.З. Сагдеевым // Труд, 31 января 2006 г.

Американский ИСЛ "Лунар Проспектор" на окололунной орбите (1998–1999). Данные измерений нейтронного потока на Луне впервые "указали" на повышенное содержание воды в лунном полярном реголите. Рисунок NASA.



после того, как на рубеже текущего века появились данные о том, что в реголите полярных областей Луны присутствуют в заметных количествах замерзшая вода и другие летучие соединения космического происхождения. Впервые признаки присутствия замерзшей воды на ее полюсах были замечены исследователями в 1998 г., по переданным с орбиты с помощью АМС "Лунар Проспектор" данным измерений с орбиты потока вторичных нейтронов с лунной поверхности (ЗиВ, 1998, № 3, с. 47–48; 1999, № 3, с. 62; 2000, № 4, с. 62; 2001, № 1)⁷. Эти нейтроны возникают в верхнем двухметровом слое вещества вследствие бомбардировки Луны галактическими космическими лучами. При наличии в веществе заметного количества водорода нейтроны эффективно теряют энергию

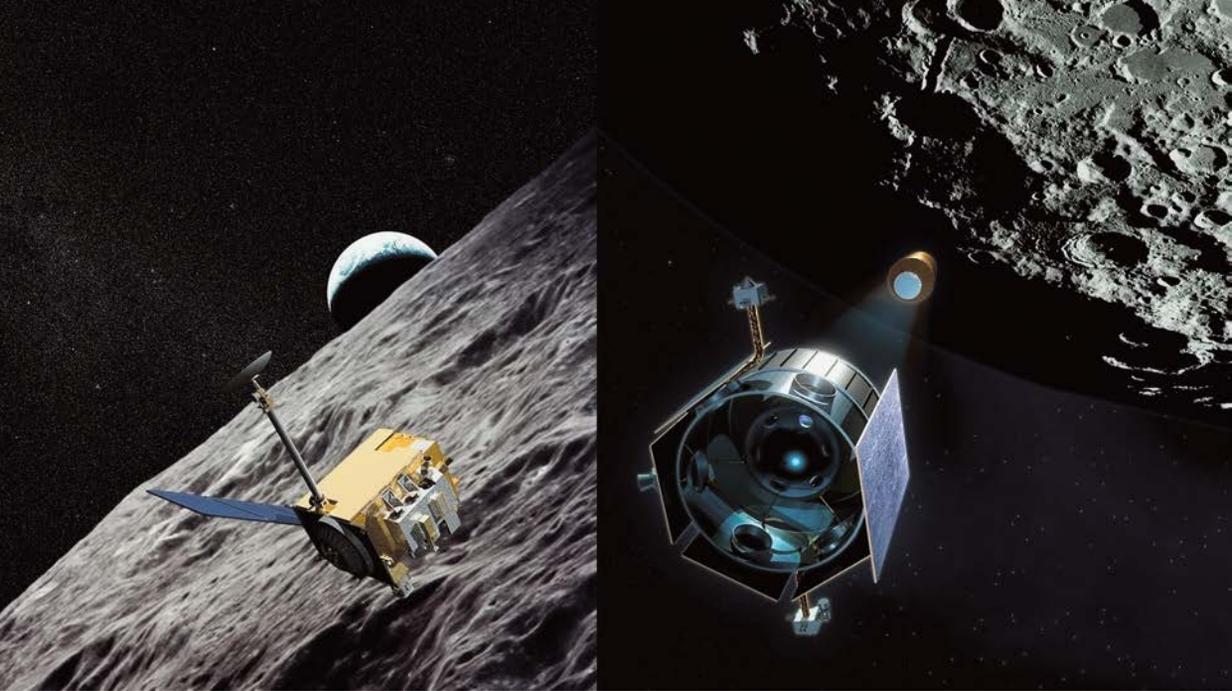
Измерения спектра инфракрасного излучения поверхности Луны показали присутствие в нем достаточно сильной линии гидроксидов OH – основного компонента молекулы воды

и замедляются и поэтому поток вылетающих частиц с высокими энергиями ослабляется, а с малыми – увеличивается. Поскольку наиболее вероятным водородсодержащим веществом в лунном грунте могла бы быть вода, то исследователи предположили, что там есть водяной лед.

Предположение о присутствии в полярном реголите молекул воды было подтверждено данными измерений, полученными с помощью прибора М³ на борту первого индийского ИСЛ "Чандрайян-1" (ЗиВ, 2009, № 2, с. 90–91; 2010, № 2, с. 33–34). Измерения спектра инфракрасного излучения поверхности Луны показали присутствие в нем достаточно сильной линии гидроксидов OH – основного компонента молекулы воды⁸. В проверке гипотезы о присутствии воды на лунных полюсах точку поставили исследования,

⁷ Feldman W.C., Maurice S., Binder A.B. et al. Fluxes of fast and epithermal neutrons from Lunar prospector: Evidence for water ice at the lunar poles // Science, 1998. V. 281 (5382). P. 1496–1500; DOI: 10.1126/science.281.5382.1496.

⁸ Pieters C.M., Goswami J.N., Clark R.N. et al. Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M3 on Chandrayaan-1 // Science, 2009. V. 326(5952). P. 568–572. DOI: 10.1126/science.1178658.



Космические аппараты “Лунный орбитальный разведчик” (слева) и “LCROSS” (справа), запущенные в июне 2009 г. с космодрома Канаверал с помощью РН “Атлас-5”. Лунный аппарат “LCROSS” 9 октября 2009 г. выполнил прямые измерения состава лунного вещества, которое было выброшено с поверхности лунного полярного кратера Кабеус при столкновении с ней разгонного блока “Центавр”. Рисунки NASA.

выполненные по программе NASA 9 октября 2009 г. с помощью ИСЛ “Лунный орбитальный разведчик” (“LRO”) и с использованием приборов аппарата “LCROSS” (ЗиВ, 2009, № 6, с. 99–101; 2010, № 2, с. 34; 2010, № 4). На борту “LRO” был установлен российский нейтронный телескоп ЛЕНД (LEND, Lunar Exploration Neutron Detector – лунный исследовательский нейтронный детектор; ЗиВ, 2009, № 6, с. 101–102). Данные измерений позволили построить полярные карты распространенности лунной воды и обнаружить район с самой высокой массовой ее долей (около 5%) – в полярном кратере Кабеус диаметром 100,6 км и глубиной 5,7 км (85°20' ю.ш., 42° 08' з.д.; ЗиВ, 2010, № 3, с. 109–110). На основе целеуказания по данным прибора ЛЕНД в этот кратер был направлен разгонный блок ракеты-носителя “Центавр” (в качестве пассивного снаряда)

и следующий за ним исследовательский аппарат “LCROSS” с научными приборами. Столкновение блока “Центавр” с Лунной вызвало выброс лунного вещества, измерения состава которого выполнили приборы аппарата “LCROSS”, они подтвердили присутствие в нем паров воды. Оценка исходной массовой доли воды в реголите хорошо совпала с орбитальными измерениями с помощью прибора ЛЕНД на борту “LRO”. Кроме воды выброшенное из искусственного лунного кратера вещество содержало такие летучие соединения, как сероводород, аммиак, диоксид серы⁹. По данным эксперимента ЛЕНД построена подробная карта

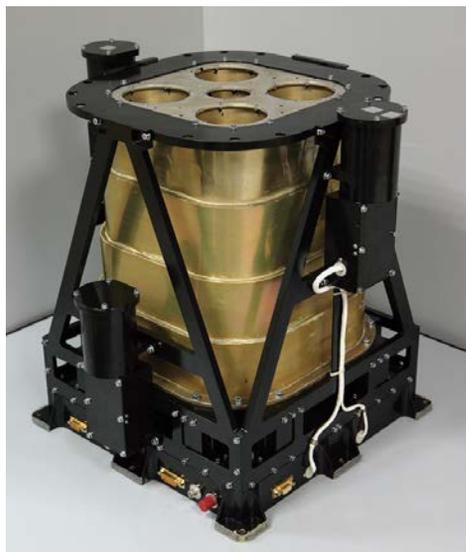
⁹ Pieters C.M., Goswami J.N., Clark R.N. et al. Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M3 on Chandrayaan-1. Science, 2009. V. 326(5952). P. 568–572; DOI: 10.1126/science.1178658.

распространенности воды в окрестности южного и северного полюсов Луны (ЗиВ, 2011, № 2, с. 107–108; 2013, № 1).

УНИКАЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН ЛУННЫХ ПОЛЮСОВ

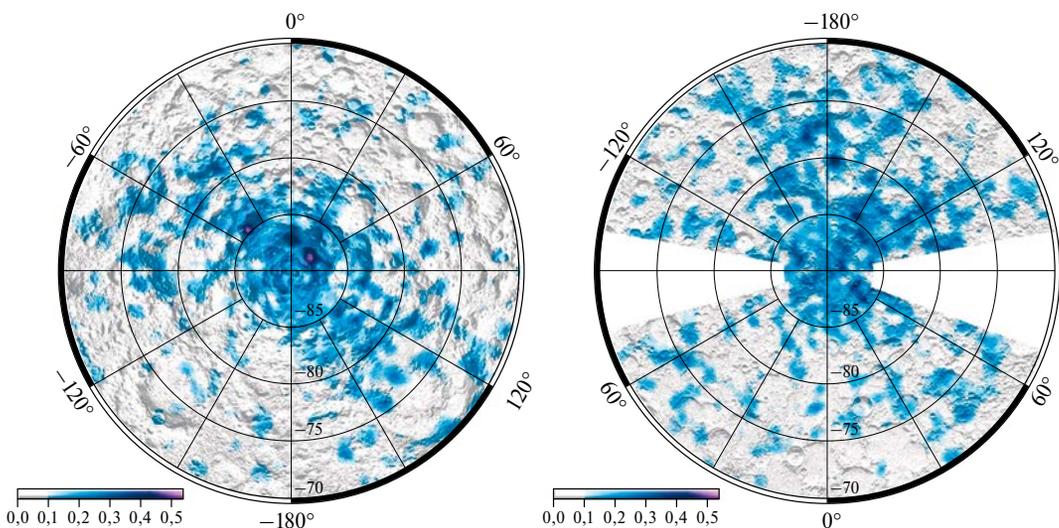
Земля со своим спутником – Луной – фактически является тесной двойной планетной системой. Обсуждаются два варианта образования этой системы – одновременное формирование двух гравитационно связанных небесных тел из протопланетного облака или возникновение Луны из вещества ранней Земли вследствие столкновения с гипотетической планетой Тейя (ЗиВ, 2005, № 6). В обоих случаях вещество Луны прошло через стадию разогрева и должно было потерять все летучие соединения, включая воду. Относительно небольшая доля воды могла сохраниться в составе лунных минералов, но это не та массовая доля замерзшей воды, которая в настоящее время обнаружена в лунном полярном реголите.

Уникальная особенность Луны – небесного тела – состоит в том, что ее ось вращения направлена почти перпендикулярно к плоскости эклиптики (угол отклонения составляет всего $1,5^\circ$; для сравнения: аналогичный угол для Земли – $23,5^\circ$), орбита Луны наклонена на 5° к плоскости эклиптики. Особенность лунного вращения пока не имеет общепринятого объяснения ни в рамках модели совместного формирования двойной планетной системы, ни модели гигантского столкновения. В первом случае более естественным направлением оси лунного вращения мог бы быть перпендикуляр к плоскости совместного орбитального движения двойной системы Земля–Луна, во втором – это направление скорее должно было быть близким к направлению оси вращения



Российский научный прибор – лунный нейтронный телескоп ЛЕНД, установленный на борту ИСЛ "Лунный орбитальный разведчик" (США). Фото ИКИ РАН.

Земли, испытавшей столкновение. Такая выстроенность оси вращения Луны приводит к уникальной особенности ее полюсов: солнечные лучи направлены вдоль касательной к поверхности и практически не прогревают планету. В соответствии с пророческим предположением К.Э. Циолковского, низменности внутри кратеров в полярных районах Луны представляют собой “холодные ловушки”. Попав на поверхность, молекулы воды или летучих соединений примерзают к ней и сохраняются там навсегда. Распространение солнечных лучей на лунных полюсах почти по касательной к поверхности вершин холмов и гор приводит к эффекту увеличения продолжительности лунного дня. Известны участки на полярной поверхности Луны – где Солнце никогда не заходит и лунный день продолжается непрерывно уже несколько сотен миллионов лет. По аналогии с вечной мерзлотой на Земле, мы имеем дело



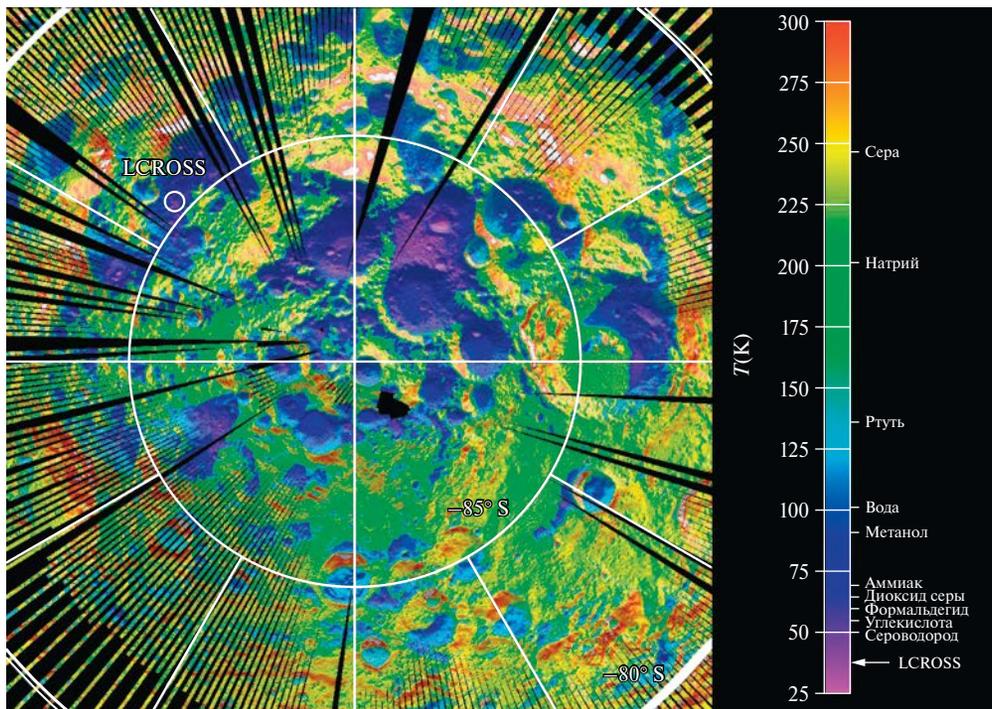
Карта северного (справа) и южного полюсов Луны с местами залежей водного льда в грунте, по данным измерений прибора ЛЕНД. Оттенок синего цвета отражает массовую долю воды (в долях процента). Серым цветом показан рельеф поверхности, по данным лазерного высотомера ЛОЛА. (Sanin A.B., Mitrofanov I.G. et al. Hydrogen distribution in the lunar polar regions // *Icarus*, 2017. V. 2 (283). P. 20–30).

с лунной вечной мерзлотой, причем в данном случае временной масштаб “вечности” составляет сотни миллионов (или даже миллиарды) лет. Период существования вечной мерзлоты на Земле гораздо короче: он определяется продолжительностью глобальных климатических изменений на планете и составляет десятки миллионов лет.

Откуда появились вода и летучие соединения на лунных полюсах? Их основным источником могли быть сталкивавшиеся с Луной кометы и астероиды с высоким содержанием водяного льда.

По аналогии с вечной мерзлотой на Земле, мы имеем дело с лунной вечной мерзлотой, причем в данном случае временной масштаб “вечности” составляет сотни миллионов (или даже миллиарды) лет. Период существования вечной мерзлоты на Земле гораздо короче: он определяется продолжительностью глобальных климатических изменений на планете и составляет десятки миллионов лет

Во время столкновения вещество малого тела нагревается и испаряется, над поверхностью Луны возникает короткоживущая атмосфера. Ее частицы сталкиваются с поверхностью и приобретают скорости, соответствующие ее температуре. Те из них, скорости которых превышают вторую космическую (для Луны это – 2,4 км/с), испаряются в межпланетное пространство. В умеренных широтах и на экваторе дневные температуры поверхности достаточно велики (350° – 400° К), и доля частиц со скоростями покидания Луны относительно велика; поэтому на



Карта температуры поверхности в окрестности южного полюса Луны по данным эксперимента "Дивайнер" на борту ИСЛ "Лунный орбитальный разведчик". На цветовой шкале температур (в градусах Кельвина) отмечены значения, при которых происходит испарение летучих соединений. Также на этой шкале показано температура поверхности в точке удара пассивного снаряда проекта "LCROSS" (место падения на карте указано кружком). По данным NASA.

средних широтах атмосфера достаточно быстро истекает в межпланетное пространство. В полярных районах характерные температуры поверхности – гораздо ниже, поэтому время жизни атмосферы гораздо больше. Участки поверхности с температурами менее 110° К оказываются “холодными ловушками” – тепловая энергия частиц в веществе оказывается меньше энергии связи с другими молекулами и частицы из атмосферы конденсируются на поверхности в виде тонкого слоя “космического инея”, как и предсказывал в 1920 г. К.Э. Циолковский. Состав этого инея определяется количеством воды и летучих соединений

в небесном теле, столкнувшемся с Луной.

Вторым возможным источником воды на Луне может быть солнечный ветер – поток плазмы, который наша звезда Солнце непрерывно испускает в космическое пространство. Основными ее компонентами являются протоны, ионы гелия и электроны. Протоны солнечного ветра проникают в вещество верхнего слоя лунного реголита и могут вступить там в химическую реакцию с ионами кислорода, выделяя их из окислов кремния – основного породообразующего элемента лунного вещества. Образовавшийся гидроксил захватывает еще один ион

водорода и превращается в молекулу воды. В течение лунного дня образовавшиеся молекулы воды испаряются в экзосферу и, перелетая, переходят за счет теплового движения с одной точки на поверхности в другую. Многие молекулы “солнечной воды”, как и в случае молекул “кометной воды”, навсегда покидают Луну вследствие высоких тепловых скоростей; оставшиеся могут попасть в районы “полярных ловушек”.

Благодаря феномену вечной мерзлоты полюса Луны становятся приоритетным объектом для будущих космических исследований. Вследствие относительно недавнего открытия этого феномена – полярных районов – их иногда называют “новой луной”. Открытие на полюсах вечной мерзлоты с водным льдом и летучими соединениями определило две причины возобновления интереса к лунным исследованиям. Первая связана со стремлением ученых максимально подробно изучить лунную воду и летучие соединения: их элементный и изотопный состав, массовые доли, присутствие растворенных химических соединений и сложных предбиологических молекул. Вечная мерзлота на полюсах хранит в себе тайны о свойствах скопившейся там межпланетной (или даже межзвездной) среды. Возможно, что ее исследование поможет проверить

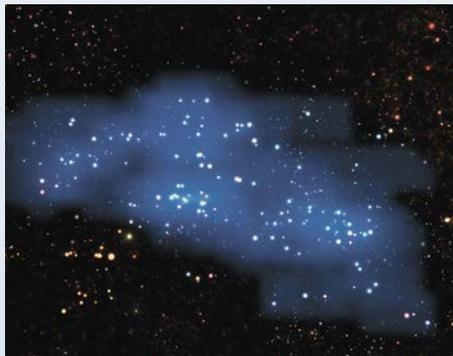
гипотезу о вземном происхождении земной жизни. Также изучение слоев льда в отложениях лунной вечной мерзлоты позволит составить хронологию эволюции тесной планетной системы Земля–Луна, определить периоды мощных кометных бомбардировок. Вторая причина вызвана потенциальной возможностью практического использования лунной воды для жизнеобеспечения будущих посещаемых лунных станций. Освоение Луны должно начаться с разведки и обустройства наиболее привлекательных районов на лунных полюсах, в которых области полярного дня (с постоянной или весьма продолжительной освещенностью Солнцем) непосредственно соседствуют с областями полярной ночи – ледяной вечной мерзлоты – природного источника воды, кислорода и водорода. Эти районы будут осваиваться и обустраиваться для обеспечения экспедиций посещения и строительства лунной базы.

Автор выражает благодарность академику Л.М. Зелёному, профессору РАН М.Л. Литваку, сотрудникам ИКИ РАН В.И. Третьякову и Д.В. Калашникову за полезные обсуждения многих вопросов, которым посвящена представленная статья. Автор также признателен Д.В. Калашникову за помощь в подготовке и редактировании статьи. Работа над статьей финансировалась из средств научной темы ИКИ РАН “Освоение”.

Информация

Обнаружено сверхскопление Гиперион

В 2018 г. группа ученых под руководством Ольги Куччиати с помощью системы 8,2-метровых телескопов VLT Европейской Южной Обсерватории (ESO) просканировала небосвод площадью около одного квадратного градуса в созвездии Секстанта и обнаружила в ней гигантскую структуру – сверхскопление галактик размером $200 \times 200 \times 500$ млн св. лет, получившее неофициальное название Гиперион. Оно состоит из 5000 галактик массой $10^9 M_{\odot}$ каждая (общая масса – более $4 \times 10^{15} M_{\odot}$). Эта величина сопоставима с массой сверхскоплений, наблюдающихся



Сверхскопление галактик Гиперион (созвездие Секстанта) размером $200 \times 200 \times 500$ млн св. лет, оно состоит из 5000 галактик. Фото ESO.

Вороного (названа в честь российского ученого Г.Ф. Вороного; конечное множество точек на плоскости), ученые построили трехмерную карту 10000 галактик (распределенных по объему $300 \times 300 \times 800$ млн св. лет, имеющих красное смещение $2 < z < 4,5$), а потом выделили в ней область размером $200 \times 200 \times 500$ млн св. лет, где расположено сверхскопление Гиперион. Используя специальные методы обработки данных, ученые создали трехмерную карту этого образования.

Сверхскопление Гиперион имеет довольно сложную внутреннюю структуру: в нем можно выделить семь областей с повышенной плотностью (присущей галактикам), соединенных филаментами (галактическими нитями). Четырем наиболее массивным областям ученые дали названия Тея, Эос, Гелиос и Селена, еще три области остались безымянными. Масса внутри Гипериона распределена более равномерно, чем в других известных сверхскоплениях. Предполагается, что равномерность распределения связана с тем, что Гиперион – сравнительно молодое сверхскопление и в результате гравитационного притяжения его вещество еще не успело образовать более плотные области. Открытие такого молодого сверхскопления поможет лучше понять процессы, приводящие к образованию крупномасштабных структур Вселенной.

в современной Вселенной (при более низких красных смещениях): то есть ничем не выделяется сама по себе; однако астрономы не ожидали найти такое большое скопление на столь ранних этапах эволюции Вселенной. По оценкам астрофизиков, в течение следующих 11,5 млрд лет Гиперион должен был разрастись до еще больших масштабов, сравнимых с размерами сверхскопления Ланиакера (520 млн св. лет, в которое входит галактика Млечный Путь), или даже достигнуть величины структуры Великая стена Геркулес – Северная Корона ($7,2 \times 10$ млрд св. лет).

Используя двумерную тесселяцию (в перев. с англ. tessellation – мозаика)

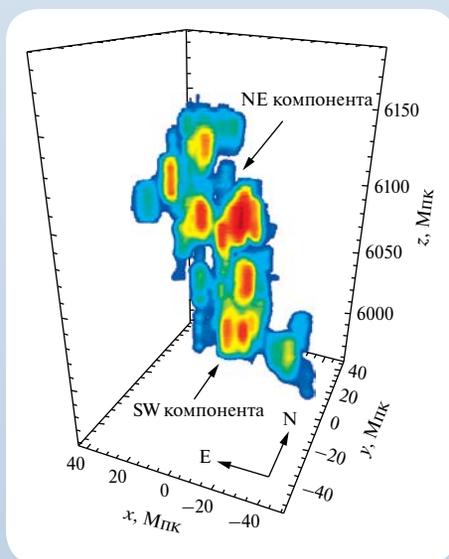
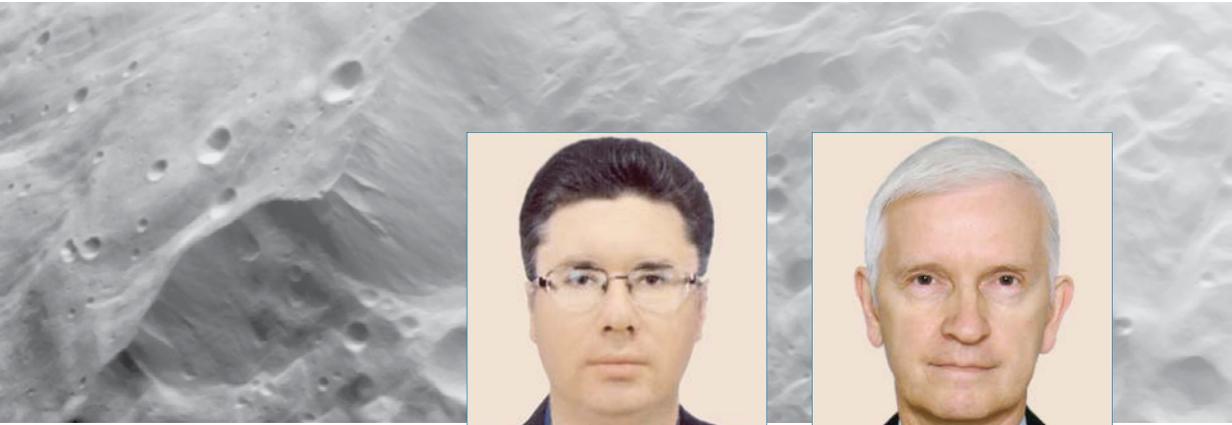


Схема расположения сверхскопления галактик Гиперион в космическом пространстве. Рисунок ESO.

Журнал "Astronomy & Astrophysics", 2018. Т. 619. № 11.
Пресс-релиз ESO, 19 октября 2018 г.

КОСМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ



С.А. НАРОЕНКОВ,

кандидат физико-математических наук

Б.М. ШУСТОВ,

член-корреспондент РАН

Институт астрономии РАН

DOI: 10.7868/5004439481901002X

В статье рассматривается проблема добычи полезных ископаемых на астероидах. Колонизация космического пространства человечеством возможна только с использованием ресурсов, добытых в космосе. Среди полезных ископаемых наиболее востребованными для добычи на астероидах являются железо, никель, кобальт, алюминий, редкоземельные металлы и элементы платиновой группы, а также вода. Пока разработка полезных ископаемых на астероидах невозможна, но в недалеком будущем, когда человечество основательно выйдет в космос, космические ресурсы будут востребованы.

ПРОБЛЕМА ИСТОЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Человечество на протяжении своего существования использует полезные ископаемые, которые предоставлены нам природой. По мере развития человечеству требуется все больше ресурсов, за их обладание происходят большинство

конфликтов и даже войн. Ресурсы – это, прежде всего, энергоносители – нефть, газ, кроме того, повышенным спросом также пользуются редкоземельные металлы.

В последние десятилетия спрос на редкоземельные металлы имеет устойчивую тенденцию к росту, объемы рынка за последние 50 лет увеличились с 5 до 125 тыс. тонн в год. Это объясняется



Срок потенциального истощения полезных ископаемых на Земле. Данные взяты из отчетов Геологической службы США, 2012–2016 гг.

применением редкоземельных металлов в быстроразвивающихся областях промышленности, связанных с производством гибридных автомобилей, оборонной техники, компьютерной и телевизионной техники, лазеров, сверхпроводников и прочей наукоемкой продукции (производство магнитов – 22%; высококачественная оптика и стекло – 15%; катализаторы – 18%; конструкционные материалы – 19%; прочее – 26%). Сплавы с редкоземельными металлами широко используются в военно-промышленной и авиационно-космической отраслях и поэтому считаются стратегическим сырьем. Любое технически сложное изделие или электронный прибор содержит в себе миллиграммы редкоземельных металлов: никеля, лития, платины или золота. Но поскольку электронные

приборы производятся в массовом масштабе, то, по некоторым оценкам, на Земле осталось платины на 30–1000 лет. Нижняя граница уже настораживает и почти сравнима с аналогичными оценками запасов нефти.

Истощение важных ресурсов на Земле и перспективы колонизации ближнего космоса заставляют обратить внимание на аспекты добычи полезных ископаемых на астероидах и на Луне.

АСТЕРОИДЫ И ЛУНА – ИСТОЧНИКИ РЕСУРСОВ

Астероиды и кометы – это остатки строительного материала, из которого состоит наша Солнечная система. Рано или поздно небольшие астероиды

сталкиваются с планетами, например с Землей, выпадают на планету в виде метеоритов, и тогда появляется возможность исследовать химический состав метеорита и сравнить его с образцами земных пород. Оказывается, что определенных элементов, например чистых металлов, в астероидах в процентном соотношении больше, чем в земной коре (табл. 1). Поэтому вполне закономерно встают вопросы о добыче полезных ископаемых в космосе. Например, металлические астероиды содержат золото и платину в соотношении 0,01% к своей массе. Элементы группы платиноидов (благородные металлы: платина, золото, серебро, рутений, родий, палладий, осмий, рублидий) настолько ценны для нас, например, в качестве промышленных катализаторов, что их в будущем может стать выгоднее “импортировать” из космоса. При современных ценах на редкоземельные элементы один небольшой астероид диаметром 200 м и массой 32 млн тонн может стоить многие сотни миллиардов долларов. Важно,

что многие астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ), достижимы с современными средствами космической техники. К тому же на астероидах сила гравитации невелика, что позволяет легче транспортировать с них добытые материалы.

Кроме астероидов для добычи полезных ископаемых интерес представляет Луна. Исследование лунного реголита показало присутствие в нем железа, титана, алюминия, магния, серы, калия и натрия, редкоземельных элементов (скандий, иттрий, лантан и лантаноиды). В реголите также обнаружен изотоп гелий-3, который может использоваться как топливо в термоядерных реакторах. По данным планетолога доктора физико-математических наук В.В. Шевченко (ГАИШ МГУ), в лунном кратере Флемстид-Р содержание изотопа гелия-3 оценивается в 13×10^{-9} г на грамм реголита. При переработке реголита на площади 1 км² и в глубину 3 м возможно получение 70 кг изотопа, что достаточно для получения 7 МВт энергии (ЗиВ, 2014, № 2).

Таблица 1

Химический состав земной и лунной коры, метеоритов (в весовых %)

Элемент	Земная кора	Лунная кора	Метеориты (в среднем)
О – кислород	46,6	42,0	33,0
Si – кремний	27,7	21,0	17,0
Al – алюминий	8,13	4,8	1,1
Fe – железо	5,00	13,0	28,6
Mg – магний	2,09	4,8	13,8
Ca – кальций	3,63	6,8	1,39
Na – натрий	2,83	0,44	0,68
K – калий	2,59	0,17	0,10
Ti – титан	0,44	6,0	0,08
Ni – никель	0,006	0,02	1,68
Pt – платина	$0,2 \times 10^{-4}$	–	63×10^{-4}

На Луне также обнаружены определенные запасы воды в виде льда, доставленного туда кометами, а также метеориты, в частности металлические. Так как на нашем спутнике нет атмосферы, найти такие тела в ударных кратерах намного проще, чем на Земле.

Кометы в космическом пространстве представляют интерес как источники воды и газов, находящихся в твердом состоянии (льды). Ядро кометы представляет собой ледяной ком с вкраплениями твердых частиц (ЗиВ, 2017, № 6). Сырье от переработки комет могло бы стать основным источником воды и топлива для долговременных экспедиций в космосе. Но основная проблема в использовании комет состоит в том, что скорости движения комет по своим орбитам составляют 20–30 км/с, а некоторые кометы движутся со скоростью до 72 км/с, поэтому подавляющее большинство комет труднодостижимо.

ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ АСТЕРОИДЫ

Космические объекты, которые можно рассматривать в качестве источника ресурсов, – астероиды Главного пояса и астероиды, сближающиеся с Землей. Все астероиды можно разделить на три широких класса по степени дифференциации вещества:

- примитивное вещество протопланетного диска;
- вещество, претерпевшее нагрев до нескольких сотен градусов и претерпевшее некоторое изменение;
- дифференцированное вещество, подвергшееся полному или частичному

плавлению, которое привело к разделению его на фракции.

В структуре Главного пояса астероидов (ГПА) четко прослеживается следующая закономерность: астероиды, образованные примитивным веществом, располагаются на окраине ГПА, а наиболее дифференцированное вещество располагается ближе к Солнцу, во внутренней области Главного пояса.

Подавляющее большинство астероидов ГПА разделяются на три главных класса:

- астероиды класса С (углеродные астероиды) составляют примерно 75% популяции астероидов ГПА, по составу близки к углистым хондритным метеоритам;

- астероиды класса S (силикатные астероиды) составляют 15% популяции, состоят из силика-

тов Fe, Mg, отсутствуют углеродные соединения;

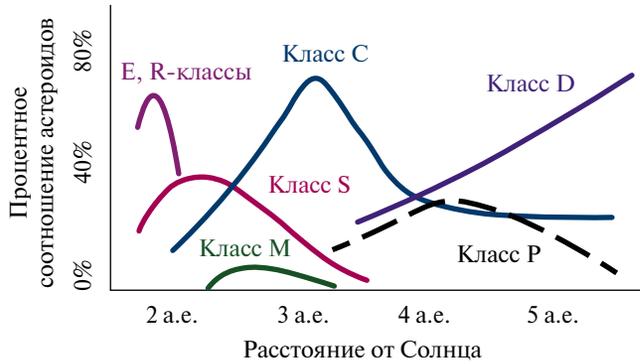
- астероиды класса M (X) (железные астероиды) составляют 10% популяции, богаты Fe и Ni.

Каждый класс можно разделить на несколько подклассов в зависимости от спектральных характеристик астероидов.

Состав астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), отличается от астероидов Главного пояса. Среди АСЗ преобладают астероиды с наиболее дифференцированным веществом. Это отличие от ГПА объясняется механизмом их миграции в околоземное пространство, куда чаще попадают тела из внутренней области Главного пояса астероидов. Среди околоземных астероидов, по проведенным исследованиям, в основном присутствуют силикатные астероиды, обыкновенные хондриты и железные астероиды (с высоким

Ядро кометы представляет собой ледяной ком с вкраплениями твердых частиц. Сырье от переработки комет могло бы стать основным источником воды и топлива для долговременных экспедиций в космосе

Распределение астероидов по составу, в зависимости от расстояния до Солнца. Выделяются основные классы С и S. Классы E, R, M относятся к классу M (X), P и D – С. По данным Gradie & Tedesco, 1982.



содержанием металлов). Общее количество АСЗ размером от 30 м и более оценивается в 800 тыс., состав определен только для примерно 1000 объектов, к тому же нам известен только состав поверхностного слоя. Среди исследованных АСЗ определено, что астероиды S-класса составляют 40% изученной популяции, С-класс – 30%, астероиды М-класса с высоким содержанием металлов – 11%.

Типичным представителем металлических астероидов М-класса является астероид Психея (16) диаметром 186 км, находящийся в ГПА. Исследования показали, что данный астероид содержит в себе большое количество железа и никеля. Среди околоземных астероидов к металлическим астероидам относится астероид (6178) 1986 DA группы Амура размером 2,3 км.

Как мы узнаем, из чего состоит астероид? В настоящее время основным методом исследования астероидов считается фотометрия и спектроскопия – изучение оптических свойств поверхности астероида в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. Фотометрия позволяет провести исследование света, отраженного от поверхности в различных фильтрах, и таким образом определить альbedo и показатели цвета астероида. Спектральные наблюдения позволяют разложить

свет, отраженный от астероида, на составляющие и построить спектральную кривую отраженного излучения и соответственно поглощенного, поскольку на астероид падает излучение Солнца, спектр которого известен, и таким образом определить состав внешних слоев астероида. По этим данным астероиды обычно классифицируют, то есть относят к одному из типов, в зависимости от спектрального состава (таксономический класс).

В Институте астрономии РАН на протяжении многих лет идет работа по определению спектральных классов астероидов ГПА и АСЗ. Учеными всего мира получено более 3000 спектров астероидов АСЗ и ГПА. Сравнивая лабораторные спектры земных пород и метеоритов со спектрами астероидов, можно сделать выводы о происхождении метеоритов.

ЦЕННОСТЬ АСТЕРОИДОВ

В связи с истощением запасов на Земле добыча нужных нам материалов в космосе может стать актуальной уже в этом столетии. Среди полезных ископаемых наиболее востребованными и выгодными для добычи на астероидах являются железо, никель, кобальт, алюминий, редкоземельные металлы



Астероид Психея в представлении художника. Рисунок NASA.

и элементы платиновой группы. Уже упоминавшийся астероид Психея – летящая космическая кладовая этих металлов. Масса астероида Психея оценивается в $2,27 \times 10^{19}$ кг, а доля металлов, по оценке Д.Ф. Лупишко, может составлять до 50% от массы астероида. Но даже в небольшом каменном астероиде диаметром около 1 км и массой 2 млрд тонн металлическая фракция достигает примерно 200 млн тонн. Основная ее часть приходится на железо, к малым составляющим относятся никель – 30 млн тонн, кобальт – 1,5 млн тонн и металлы платиновой группы (серебро, золото, платина) – 7500 тонн. Рыночная стоимость только этой самой небольшой части астероида может оказаться более 150 млрд долларов (ЗиВ, 2014, № 2).

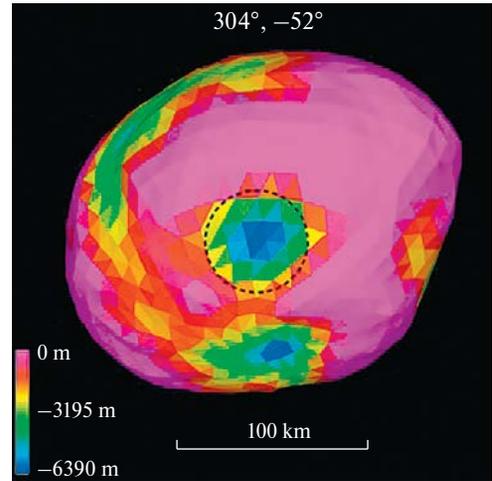
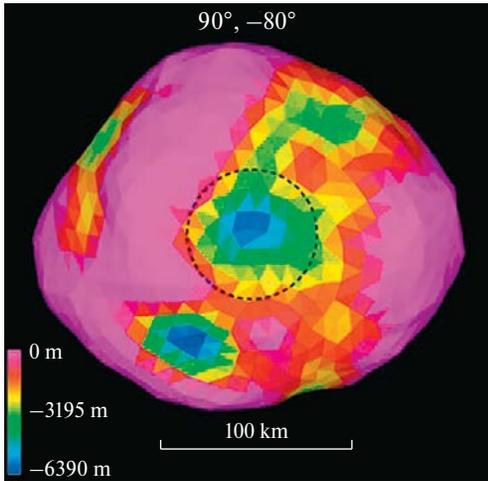
Но не только металлы интересны как объект добычи. Широко распространенное на Земле такое химическое соединение, как вода, может оказаться наиболее важным космическим ресурсом, необходимым не для наземных нужд, а для дальнейшего продвижения

человечества в просторы космоса. Вода в космосе – критически важный ресурс, ее можно использовать для нужд будущих космических поселений. Человеку для жизнедеятельности необходимо очень много воды, поэтому доставка больших объемов воды с Земли представляет нетривиальную задачу в экономическом плане. Выгоднее снабжение водой непосредственно из космоса, так как затраты на транспортировку одного литра воды с одного из астероидов на около-

земную орбиту намного меньше, чем затраты на доставку литра воды с поверхности Земли на эту же орбиту. Стоимость доставки, например, с помощью РН “Протон-М” на низкую околоземную орбиту 1 кг груза начинается с 2800 долларов и более. Кислород и водород из воды можно использовать как компоненты топлива для двигателей космических аппаратов будущего. Хранилища такого топлива можно создавать прямо на орбите астероида.

Одна из первых попыток оценить в денежном выражении ценность астероидов была проведена компанией “Planetary Resources” (США). Данные по приблизительной стоимости некоторых астероидов приведены на сайте компании (<http://asterank.com>). В таблице 2 приведены примеры таких оценок для наиболее перспективных с коммерческой точки зрения АСЗ.

Приведенные в таблице 2 оценки в денежном эквиваленте конечно условны, ограничены и зависят от многих параметров – состава астероида, достижимости этого объекта, стоимости полезных ископаемых на бирже. Объем полезных ископаемых, возможных для



Предположительный рельеф астероида Психея, полученный по радарным наблюдениям. Ровные поверхности обозначены розовым цветом, кратеры и впадины отмечены зеленым и синими цветами. (По данным Shepard et al., 2017).

добычи, оценивался на основе сведений о таксономическом классе и приблизительной массе астероида. Исходя из этих данных определялась потенциальная стоимость. В таблице подобраны “самые выгодные” для добычи металлов астероиды.

Астероид (162173) Рюгу (Ryugu) диаметром 920 м – типичный околоземный астероид из группы Аполлона – это первый кандидат для добычи полезных ископаемых. Рюгу интересен тем, что он выбран в качестве цели для забора грунта с помощью японской АМС “Хаябуса-2” (“Hayabusa-2”), запущенной 3 декабря 2014 г. (ЗиВ, 2015, № 2, с. 15).

В рамках миссии планируется изучение физико-химических свойств астероида и доставка образцов на Землю к 2020 г. Полученные образцы позволят более точно определить состав астероида и его

коммерческую привлекательность для будущих разработок. Прогнозируется, что в составе астероида присутствуют никель, железо, кобальт, вода, азот, водород, аммиак. Наиболее тесное сближение его с Землей ожидается в 2076 г., расстояние до Земли составит 1,5 млн км, скорость – 4,8 км/с. По таксономическому классу он относится к

График спектров астероидов и метеоритов. По данным Clark et al., 2002.

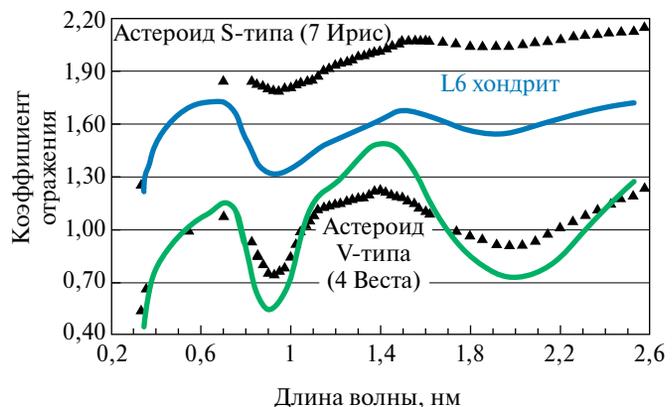


Таблица 2

Приблизительная стоимость некоторых астероидов

Название астероида	Класс	Максимальное расстояние до Солнца, а.е.	Среднее расстояние до Земли, а.е.	Эксцентриситет	Стоимость миссии, млрд долл.	Доход миссии, млрд долл.
Ryugu	Cg	1,19	0,001116	0,19	82,76	30,07
1989 ML	X	1,272	0,082722	0,137	13,94	4,38
Nereus	Xe	1,489	0,003207	0,36	4,71	1,39
Bennu	B	1,126	0,003223	0,204	0,669	0,185
Didymos	Xk	1,645	0,040681	0,384	62,25	16,41
2011 UW158	Xc	1,62	0,001749	0,376	6,69	1,74
Anteros	L	1,431	0,062539	0,256	5570	1250
2001 CC21	L	1,033	0,083068	0,219	147,04	29,77
1992 TC	X	1,566	0,167973	0,292	84,01	16,78
2001 SG10	X	1,449	0,017489	0,424	3,05	0,545

углистым хондритам. Возможно, все перечисленные вещества будут найдены как вкрапления в основное вещество астероида. По оценке компании “Planetary Resources” материалы, составляющие астероид, оцениваются в 83 млрд долларов, с учетом затрат по подлету, переработке выгода оценивается в 30 млрд долларов.

КАК ДОБРАТЬСЯ ДО БОГАТСТВ?

Конечно, полагаться только на дистанционные методы анализа состава астероидов неразумно. Проекты по добыче полезных ископаемых на астероидах весьма дорогостоящие и нужно заранее убедиться, что “игра стоит свеч”. В большинстве проектов будущего освоения астероидов предполагается предварительное исследование объекта добычи с помощью межпланетных станций, то, что называется *in situ*. Для того, чтобы отправить исследователь-

ский аппарат к астероиду, надо знать точные параметры орбиты астероида. Как можно с высокой точностью определить орбиту? Долговременные наземные наблюдения (например, измерения, полученные более чем на двух оборотах астероида вокруг Солнца) позволяют оценить орбиту астероида с точностью лучше 0,5 угловых секунд. Такая точность позволяет спрогнозировать положение астероида на следующем обороте вокруг Солнца с ошибкой не более 1000 км и направить космический аппарат для встречи с астероидом. Но на заключительном этапе перелета необходимо будет воспользоваться системой навигации самой АМС с использованием построенного ее фотокамерами изображения астероида среди звезд.

Реализованные космические миссии: в 1996–2001 гг. АМС “NEAR-Shoemaker” к астероиду Эрос (ЗиВ, 1997, № 4, с. 63–64; 2001, № 5, с. 24–25), в 2003–2010 гг. АМС “Хаябуса”

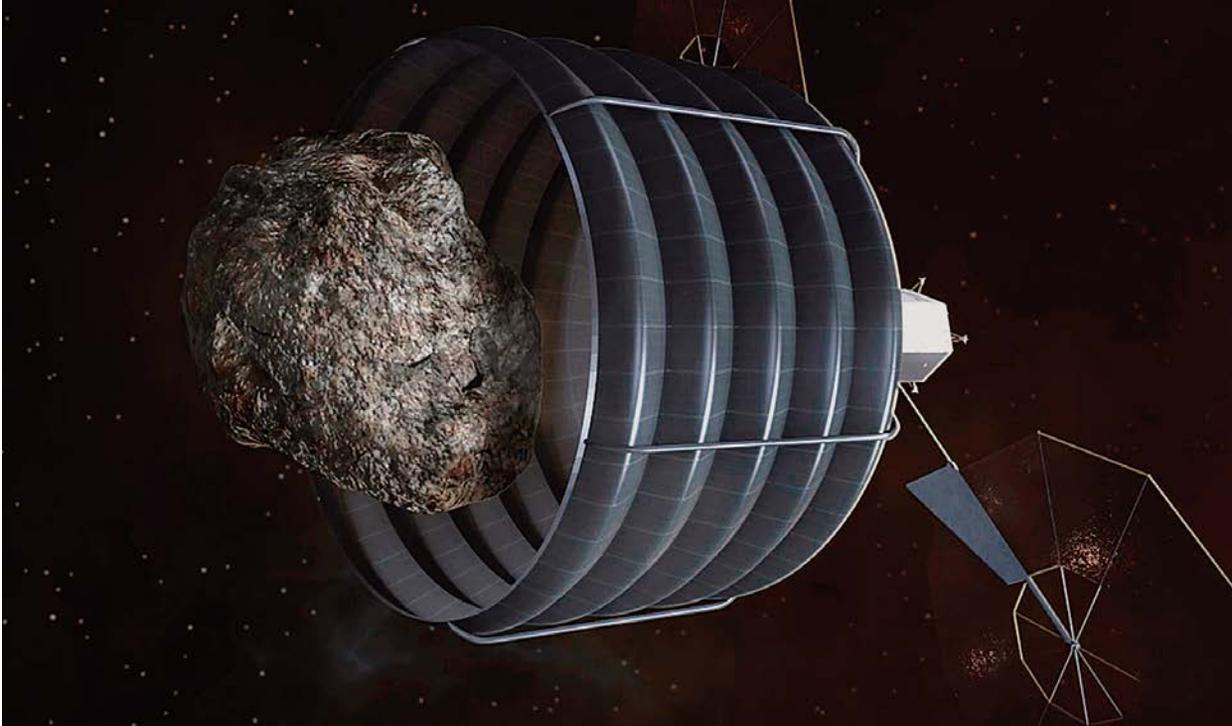
к астероиду (25143) Итокава (ЗиВ, 2004, № 1, с. 29, 33–35; 2010, № 6, с. 49), в 2007–2018 гг. АМС “Доун” (“Down”) к астероидам Веста и Церера (ЗиВ, 2008, № 1, с. 96–97; 2012, № 1, с. 35–37; 2015, № 4, с. 102; 2017, № 1, с. 96–98; 2017, № 4, с. 54), в 2004–2016 гг. АМС “Розетта” (“Rosetta”) к комете Чурюмова–Герасименко (ЗиВ, 2004, № 4, с. 47–50; 2015, № 4; 2016, № 1, с. 109–110; 2017, № 1, с. 36–37), показали техническую осуществимость посещения астероидов космическим аппаратом-роботом. Основной проблемой при полете к астероиду является большое расстояние до астероида. Каждая миссия к астероиду на сегодняшний день уникальна. Чтобы наладить добычу полезных ископаемых с минимальными затратами времени на перелет к астероиду, надо прежде всего рассматривать астероиды, которые приближаются к Земле

на близкое расстояние. На сайте NASA в разделе “Доступные астероиды” приводится таблица достижимости приблизительно 2000 астероидов, сближающихся с Землей (<https://cneos.jpl.nasa.gov/nhats/>).

Сегодня ракетно-космическая техника не позволяет массово осуществлять прямые перелеты к астероидам из-за огромного объема топлива, необходимого для перелета. Чем больше топлива требуется аппарату для перелета, тем меньше полезной нагрузки можно будет взять с собой. Перелеты с использованием гравитационных маневров и ионных двигателей позволяют уменьшить расход топлива, но требуют большего времени осуществления миссии. К примеру, длительность перелета АМС “Хаябуса-2” к астероиду Рюгу с использованием гравитационного маневра около Земли и ионных

АМС “Хаябуса-2” (Япония) около астероида Рюгу. Рисунок Акихиро Икешита, JAXA.





АМС "ARM" захватывает небольшой астероид, в представлении художника.
Рисунок с сайта NASA.

двигателей составит 3,5 года (сближение станции с астероидом в июле 2018 г., старт с астероида – в декабре 2019 г.). Ионные двигатели могут работать довольно долго, но они являются маломощными. Они могут дать небольшое приращение скорости космического аппарата, но требуют намного меньше расходного материала (это не топливо, а рабочее тело, то есть вещество, частицы которого выбрасываются в космос для обеспечения реактивного эффекта). В качестве рабочего тела обычно используют инертный газ. Например, если обеспечить космическому аппарату скорость отлета с опорной околоземной орбиты 3,5 км/с, то он сможет долететь до астероида Рюгу за 217 сут.

Помимо добычи материалов на астероидах и их транспортировки на Землю еще одной идеей, над которой бьются ученые и инженеры, стали захват и перемещение астероидов поближе

к Земле с помощью космических аппаратов.

Примером проекта по захвату астероида может служить американский проект "ARM" (Asteroid Retrieval Mission – программа доставки астероидов). В рамках проекта предлагается сближение межпланетной станции с небольшим астероидом, захват его фрагмента с поверхности и размещение его внутри АМС, перевод его на новую орбиту, например, вблизи Луны.

Для такой миссии необходимо выбирать астероиды с небольшой скоростью движения относительно Земли и малым вращением вокруг собственной оси. К тому же космический аппарат должен обладать значительной тягой, чтобы изменить орбиту астероида. Задачи полета АМС "ARM", на первый взгляд, представляются фантастическими, но, возможно, в будущем такие миссии станут обыденными.

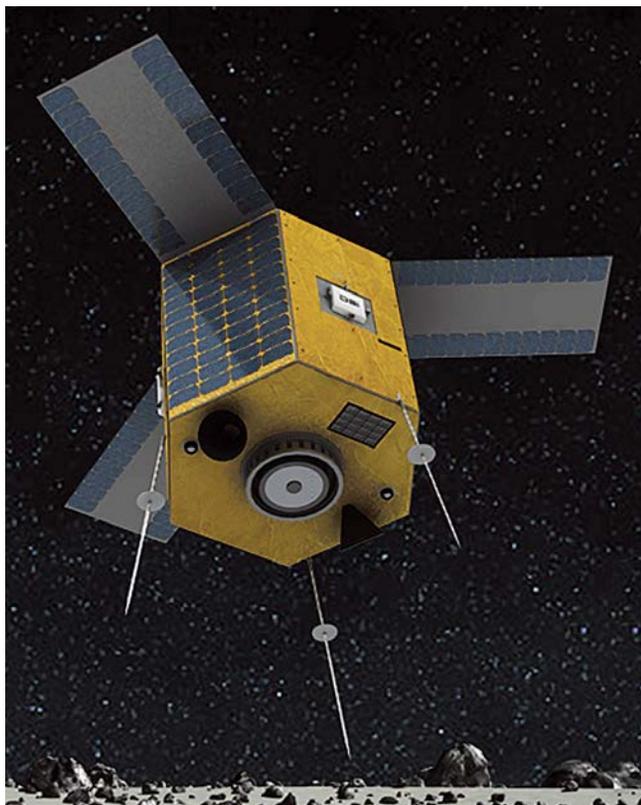
КОСМИЧЕСКАЯ ГОНКА ЗА РЕСУРСАМИ НАЧАЛАСЬ?

Сейчас мы становимся свидетелями того, как зарождается новая отрасль промышленности – разведка, добыча и переработка полезных ископаемых на астероидах. Заинтересованные стороны предпринимают попытки изменить национальные законодательства и международные законы о космосе, чтобы присвоить себе первоочередное право добычи полезных ископаемых в космосе. В конгрессе США, в нарушение международного договора о космосе (“Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела”) 1967 г., в 2015 г. был принят законопроект “Об исследовании и использовании ресурсов космоса”, разрешающий частным компаниям добывать полезные ископаемые на астероидах. “Любые астероидные ресурсы, полученные в открытом космосе, являются

собственностью лица, получившего такие ресурсы, вместе со всеми причитающимися правами, предусмотренными положениями Федерального закона и существующими международными обязательствами”, – гласит законопроект. По данным интернета (Wikipedia.org), уже девять компаний в мире провозгласили своей бизнес-идеей освоение космических ресурсов. Гонка, получившая в США название “новой золотой лихорадки”, уже началась, только сейчас это гонка за межпланетными ресурсами. Дальше всех в этих вопросах продвинулись компании “Planetary Resources” и “Deep Space Industries”. Две компании сейчас заняты определением наиболее ценных астероидов и закреплением за ними права на разработку этих ресурсов. В январе 2018 г. “Planetary Resources” запустила со стартовой площадки Космического центра им. Сатиша Дхавана (Шрихарикота) индийской Организации космических исследований (ISRO) с помощью РН “PSLV” ИСЗ “Arkyd-6” класса 6U CubeSat (размер 10 × 20 × 34 см,

*Микроспутник “Arkyd-6” компании “Planetary Resources” на околоземной орбите.
Рисунок с сайта PlanetaryResources.com.*





Аппарат-разведчик серии "Prospector" компании "Deep Space Industries" для определения состава астероидов. Рисунок с сайта Deepspaceindustries.com.

масса до 8 кг) для отработки технологий исследования физико-химических характеристик астероидов.

На микроспутнике установлен инфракрасный блок формирования изображений (mid-wave infrared, MWIR), который работает в диапазоне от 3 до 5 мкм, он снабжен сложной и мощной оптической системой, которая позволяет обнаруживать наличие молекул воды с большого расстояния. "Arkyd-6" с помощью инструмента MWIR начнет производить съемку некоторых участков поверхности Земли. Это будут делать для поиска еще не открытых залежей полезных ископаемых, и этими данными смогут воспользоваться

предприятия горнодобывающей промышленности.

Компания "Deep Space Industries" планирует использовать малые космические аппараты-разведчики серии "Prospector" для определения состава астероидов.

Предполагается, что они будут полностью роботизированными. Конечно, сейчас технологии не позволяют сразу начать добычу полезных ископаемых на астероидах, но в ближайшем будущем, лет через 50–100, такое вполне осуществимо. Возможно, в будущем появятся биржи астероидов, где частные компании станут предлагать к продаже астероиды.

Добыча полезных ископаемых на астероидах представляется более отдаленной перспективой, нежели на Луне. Наш естественный спутник обладает большими запасами по-

лезных ресурсов, которые могут быть использованы как в космосе, так и на его поверхности. Создание поселений на Луне потребует огромного количества строительных материалов, воды и технических средств. Реголит Луны богат гелием-3, который предполагается использовать как источник энергии. Вода, полученная на Луне, будет намного дешевле той, которую можно привезти с Земли. Металлы, содержащиеся в метеоритах, упавших на Луну, можно переработать на месте и использовать для создания лунной и околоземной космической инфраструктуры. Возможно, в будущем на Луне будет создана площадка для мягкого "прилунения" астероидов.

Подводя итог, следует сказать, что освоение космического пространства и использования ресурсов околоземных астероидов и Луны является актуальной и интересной задачей. Опыт проведенных программ посещения межпланетными станциями космических тел с целью исследования состава показывает, что такие полеты возможны,

но сейчас они сложны в техническом плане и слишком дорогостоящие. Организация полетов космических аппаратов с целью разведки полезных ископаемых пока затруднительна. Но хочется надеяться, что в недалеком будущем человечество основательно выйдет в космос и тогда космические ресурсы пригодятся человеку.

Информация

Самый удаленный объект в Солнечной системе

В 2018 г. группа астрономов обнаружила самый далекий объект в Солнечной системе – астероид 2018 VG18 диаметром более 500 км на расстоянии 120 а.е. от Солнца (в 3 раза дальше, чем Плутон). Новый транснептуновый объект был обнаружен коллективом ученых: Скоттом Шеппардом из Института Карнеги, Дэвидом Толеном из Гавайского университета и Чэдом Трухильо из университета Аризоны – в рамках поиска 9-й планеты с помощью 8-метрового телескопа Субару (Мауна-Кеа на Гавайях) и Магеллановых телескопов (Чили).

Существование “Планеты X” предсказали астрономы Майкл Браун и Константин Батыгин (ЗиВ, 2016, № 3, с. 74), основываясь на данных об орбитах 7 ранее известных транснептуновых объектов (среди которых – Седна, 2004 VN112, 2013 RF98F и другие). Во время этих поисков группа С. Шеппарда и Ч. Трухильо обнаружила, например, объект 2015 TG387, который в момент открытия находился на расстоянии примерно в 80 а.е.; новая карликовая планета получила название Гоблин (“The Goblin”). Впоследствии ученые наблюдали объект еще восемь раз, что позволило рассчитать орбиту планеты. Оказалось, что самая ближайшая точка орбиты Гоблина (перигелий) находится на расстоянии в 65 а.е. Более далекий перигелий имеют только орбиты карликовых планет Седна и 2012 VP113.

Астероид 2018 VG18 находится на орбите в перигелии – 3,25 млрд км, в афелии – 25,24 млрд км, имеет наклонение – 31,713° и период обращения – 929,43 года. Карликовая планета, получившая прозвище “Farout” (от англ. – далеко), имеет розоватый цвет, обычно указывающий на присутствие льда на поверхности. Сообщение об открытии опубликовано на сайте Центра малых планет Международного астрономического союза.

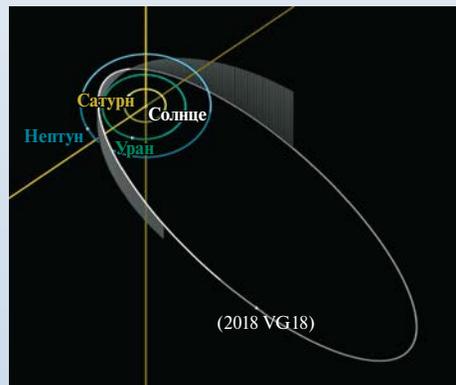
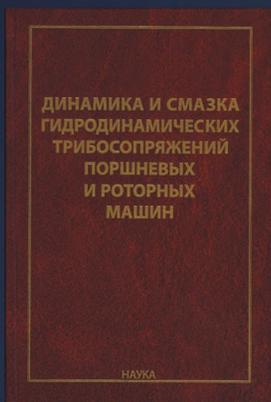


Схема орбиты астероида 2018 VG18 в Солнечной системе. Рисунок выполнен Roberto Molar Candanosa, Scott S. Sheppard / Carnegie Institution for Science.

Циркуляр МРЕС 2018-У14: 2018 VG18,
17 декабря 2018 г.

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



Динамика и смазка гидродинамических трибосопряжений поршневых и роторных машин.

М.: Наука, 2018. — 373 с.

Монография посвящена решению связанных задач динамики и смазки гидродинамических трибосопряжений поршневых и роторных машин. Основное внимание уделено разработке методического, алгоритмического и программного обеспечения для решения задач обеспечения несущей способности сложно-нагруженных трибосопряжений, к которым, прежде всего, относятся коренные и шатунные опоры скольжения коленчатого вала и цилиндропоршневая группа двигателей внутреннего сгорания, подшипники скольжения поршневых компрессоров и насосов.

Для специалистов в области триботехники, а также студентов машиностроительных направлений вузов.



Верещагин Г.В., Аксенов А.Г.

Релятивистская кинетическая теория с приложениями в астрофизике и космологии.

М.: Наука, 2018. — 471 с.

Релятивистская кинетика широко применяется в астрофизике и космологии. В последние годы интерес к этой теории вырос, поскольку появилась возможность ставить эксперименты при таких условиях, где релятивистские эффекты становятся существенными. Настоящая монография состоит из трех частей. В первой части представлены основные идеи и концепции, уравнения и методы теории, включая вывод кинетических уравнений из релятивистской цепочки Боголюбова, а также соотношение кинетического и гидродинамического описаний. Вторая часть — это введение в вычислительную физику, причем особое внимание уделяется численному интегрированию уравнений Больцмана и смежным вопросам, а также многокомпонентной гидродинамике. В третьей части дан обзор приложений, который охватывает вопросы ковариантной теории отклика, термализации плазмы, комптонизации в статических и динамических средах, кинетики самогравитирующих систем, образования структуры в космологии и излучения нейтрино при гравитационном коллапсе.

Для студентов старших курсов университетов, аспирантов и исследователей, специализирующихся в области теоретической физики, астрофизики и космологии.

С новыми книгами
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



Филаретов В.Ф., Зуев А.В., Губанков А.С

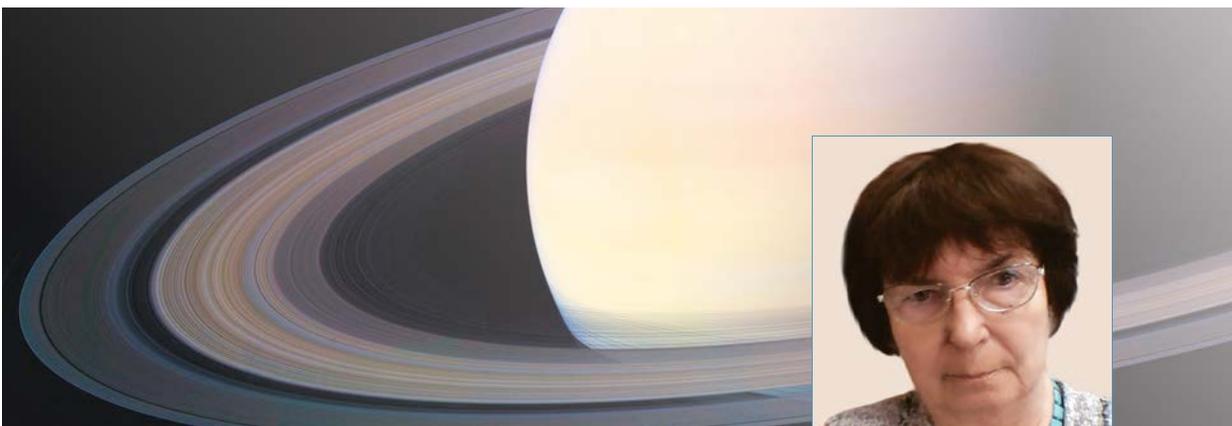
Управление манипуляторами при выполнении различных технологических операций.

М.: Наука, 2018. — 232 с.

Монография посвящена разработке и исследованию новых методов контурного управления многозвенными манипуляторами, обеспечивающими высокоточное отслеживание рабочими инструментами произвольных пространственных траекторий вдоль сложных поверхностей с максимально допустимой скоростью и одновременным силовым воздействием (возможно, переменным) на эти поверхности (объекты работ). Предложены методы управления многозвенными манипуляторами в полуавтоматическом режиме с помощью подвижных телекамер, изменяющих пространственную ориентацию своих оптических осей, метод синтеза систем непрерывного диагностирования основных элементов и блоков указанных устройств.

Для научных работников и инженеров, специализирующихся в области управления робототехническими системами, а также для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ МИССИИ “КАССИНИ–ГЮЙГЕНС”



В.С. УРАЛЬСКАЯ,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ

DOI: 10.7868/50044394819010031

Исследования системы Сатурна по программе “Кассини–Гюйгенс” (“Cassini–Huygens”) выполнены с помощью автоматической межпланетной станции “Кассини” (в ее создании участвовало 27 стран) по совместному проекту: NASA (Jet Propulsion Laboratory), Европейского космического агентства (ESA) и Итальянского космического агентства (ISA). На борту АМС “Кассини” (масса 5710 кг) размещались 12 научных приборов массой 336 кг и спускаемый аппарат “Гюйгенс” (масса 319 кг), оснащенный шестью инструментами.

Запуск космического аппарата был произведен 15 октября 1997 г. с мыса Канаверал с помощью мощной ракеты-носителя “Титан-4Б/Центавр”. После нескольких гравитационных маневров в поле притяжения Венеры, Земли и Юпитера АМС “Кассини” 1 июля 2004 г. вышла на орбиту искусственного спутника Сатурна. 25 декабря 2004 г. спускаемый аппарат “Гюйгенс” отделился от орбитального аппарата станции, вошел в атмосферу спутника Сатурна Титан и 14 ян-

варя 2005 г. произвел мягкую посадку на его поверхность. Успешная работа миссии продолжалась до 15 сентября 2017 г., когда станция вошла в атмосферу Сатурна и прекратила свое существование (ЗиВ, 1998, № 3, с. 48–52; 2004, № 6, с. 70–72; 2005, № 5, с. 35–40; 2006, № 1, с. 101–105; 2006, № 4, с. 104–106; 2006, № 6; 2007, № 4, с. 23, 91; 2008, № 2; 2012, № 6, с. 22–27; 2013, № 5, с. 20–23; 2017, № 4, с. 56–57; 2017, № 5, с. 40–43; 2018, № 1, с. 94; 2018, № 6).



АМС «Кассини»: а – подготовка к запуску (вверху – основная радиоантенна, в центре – спускаемый аппарат «Гюйгенс»), б – старт 15 октября 1997 г. с помощью РН «Титан-4Б/Центавр» с космодрома ВВС США, Мыс Канаверал. Фото NASA.

За 13 лет работы в системе Сатурна станция выполнила 294 орбитальных витка и 360 включений двигателей, пролетела 7884 млн км, совершила 162 сближения с 19 спутниками планеты-гиганта, передала 635 Гб информации и 453 тыс. снимков; в программе участвовали ученые из 35 стран; опубликовано около 4 тыс. статей.

Потребуется еще много лет для обработки и анализа огромного объема полученных данных, переданных на Землю «Кассини» в ходе исследований. В статье рассмотрены только некоторые из открытий, сделанных АМС «Кассини» и зондом «Гюйгенс» в ходе этой экспедиции.

ОТКРЫТИЯ НА ТИТАНЕ

Программа исследований самого большого спутника Сатурна Титан (диаметр 5152 км), выполненная с помощью

«Кассини», показала нам один из самых «земных» миров, с которыми мы когда-либо сталкивались, с погодой, климатом и геологией, которые дают нам редкую возможность (и новые способы) понять нашу родную планету.

До полета «Кассини» было известно, что Титан имеет плотную азотную атмосферу, затянутую смогом из мельчайших углеводородных частиц (дымка не позволяет наблюдать поверхность Титана в оптическом диапазоне). На радарных изображениях Титана, полученных 21 июля 2006 г. с помощью аппарата «Гюйгенс», были обнаружены области, заполненные жидкими углеводородами (метаном или этаном), они расположены, в основном, в Северном полушарии Титана: к примеру – площадь Моря Лигейи достигает 130 тыс. км² (ЗиВ, 2013, № 5, с. 22; 2017, № 4, с. 57). Это был первый случай открытия озер или морей, существующих в настоящее время вне Земли. Размеры



АМС "Кассини" на орбите вокруг Сатурна на фоне колец. Рисунок NASA/ESA.

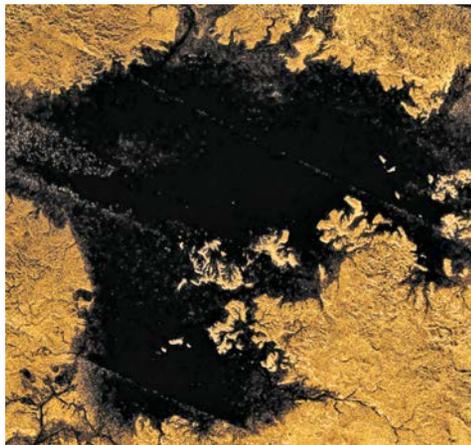
озер варьируются от километра до тысячи километров (Море Кракена). На снимках, сделанных в ходе спуска, запечатлен сложный рельеф Титана – озера, моря и заливы, горные хребты, ветвящиеся реки и бухты (ЗиВ, 2005, № 4, с. 79; 2015, № 1, с. 37–38). На Титане присутствуют отчетливые признаки вулканической активности.

Во время спуска на Титан "Гюйгенс" исследовал состав его атмосферы. Оказалось, что она состоит в основном из азота (так же, как и на Земле). Второй по значимости газ – метан – выполняет примерно ту же функцию, что и вода на Земле. Верхняя часть облаков Титана содержит метановый лед, а нижняя – жидкий метан

и азот. Плотная метановая дымка и ярусы облаков находятся на высоте 18–19 км, где давление приблизительно 380 миллиметров ртутного столба; однако оказалось, что желтая метановая дымка присутствует на всех высотах и простирается до самой поверхности. Температура в начале спуска "Гюйгенса" составляла –202 °С, в то время как на поверх-

Самый большой спутник Сатурна Титан. Хорошо видна мощная плотная атмосфера, состоящая в основном из азота. Из-за голубой дымки, расположенной на высоте 18–19 км, только очерчены контуры континентов. Синтезированный снимок получен 16 апреля 2005 г. АМС "Кассини" в ИК- (938 и 889 нм) и видимом (420 нм) диапазонах с расстояния 173 тыс. км от Титана (разрешение – 10 км). Фото NASA/JPL-Caltech.





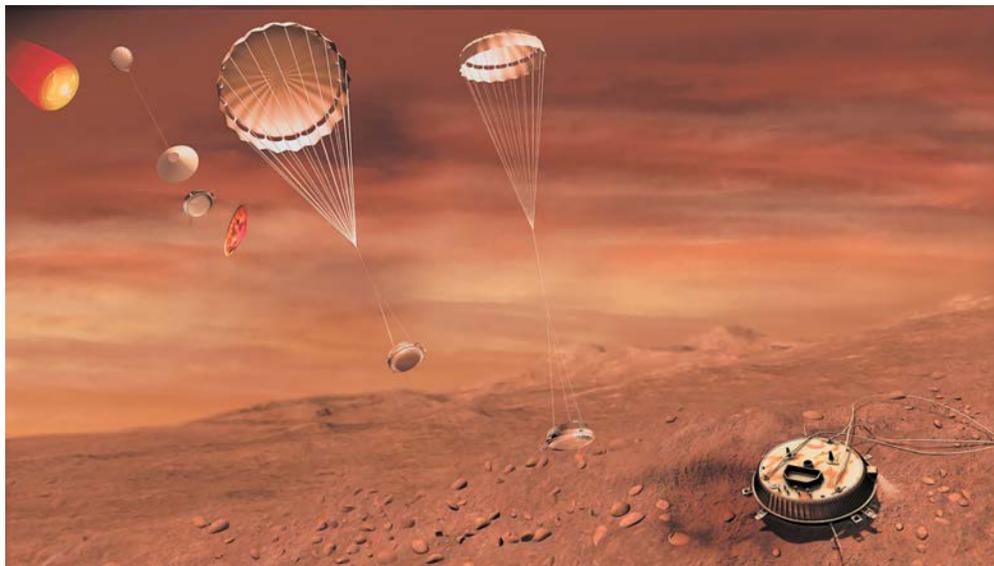
Одна из северных приполярных больших областей на Титане – Море Лигейи (Ligeia Mare), шириной 500 км и глубиной 170 м, заполненное жидкими углеводородами. Снимок получен 22 февраля 2007 г. с помощью АМС “Кассини”. Фото NASA/JPL-Caltech/ASI/Cornell.

ности Титана она оказалась немного выше -179°C .

Год на Сатурне, также как и на Титане, составляет 29,5 земных лет. Ось вращения Титана довольно сильно наклонена к плоскости эклиптики (примерно на $29,7^{\circ}$), что приводит к выраженной смене времен года во время движе-

ния спутника вместе с планетой вокруг Солнца. Наблюдения “Кассини”, продолжившиеся чуть больше 13 лет, охватили примерно половину этого периода, начиная с ранней зимы 2004 г. (зима в Северном полушарии Титана) и заканчивая летним солнцестоянием 2017 г. С помощью станции на протяжении многих лет проводились наблюдения за климатическим циклом Титана, его сезонными изменениями, приносящими метановые дождевые облака, из которых выпадают осадки на поверхность. “Гюйгенс” зафиксировал ясные свидетельства того, что ландшафт планеты

Схема этапов посадки (в течение 2 ч 27 мин) спускаемого аппарата “Гюйгенс” на поверхность Титана: торможение в атмосфере, раскрытие основного парашюта, сброс тормозного щита и включение научных приборов на высоте 160 км, спуск на основном парашюте до высоты 125 км, спуск на втором парашюте и посадка. Рисунок ESA/NASA.





Структура атмосфер Земли и Титана.
Рисунок с сайта Spacesim.org (Канада).

подвергается редким, но сильным наводнениям (ЗиВ, 2015, № 2, с. 16).

Несмотря на то, что Титан находится в 10 раз дальше от Солнца, чем Земля и он намного холоднее (средняя температура у поверхности составляет -180°C), это единственное место в Солнечной системе с устойчивой жидкостью на поверхности и своего рода гидрологическим циклом, включающим метан, а не воду. Присутствие метана в атмосфере приводит к протеканию в ее верхних слоях процесса фотосинтеза и образованию нескольких слоев углеводородного смога. Над южным полюсом (от 75° до 85° ю.ш.) на высоте от 160 до 210 км обнаружено присутствие в тонком облаке токсичного гибридного льда из цианида водорода с бензолом, покрывающим большую площадь. Неразличимое для человеческого глаза, оно наблюдалось только в инфракрасном диапазоне с помощью ИК-спектрометра. Облако расположилось намного

Титан – это единственное место в Солнечной системе с “устойчивой” жидкостью на поверхности и своего рода гидрологическим циклом, включающим метан, а не воду

выше метановых дождевых облаков в тропосфере Титана, его граница находится на высоте 35 км. Интересно, что в 2005 г. с помощью “Кассини” выявлено накопление цианида водорода, а также других токсичных химических веществ в стратосфере на северном полюсе Титана. Ближе к концу 13-летнего цикла в системе Сатурна это же происходит над теплым

южным полюсом Титана – где лето, а циркуляция направляет его к северному полюсу. Циркуляция меняет направление вместе с изменением сезонов, что приводит к накоплению облаков в зависимости от того, на каком полюсе зима. Облако образовалось на гораздо более низкой высоте (ниже 150 км) и имело другой химический состав: состояло из цианистого водорода и цианоацетилена – одной из наиболее сложных органических молекул. Планетологи объясняют различия в двух облаках сезонными вариациями на северном и южном полюсах. Поскольку сезоны Титана длятся 7 земных лет, то вполне возможно, что смеси газов и температура были немного различны в двух случаях.

Под действием солнечных лучей в атмосфере постоянно образуется в том числе ацетилен, однако его следов на поверхности Титана не обнаружено.

На основе моделирования некоторые специалисты этот феномен трактуют как косвенный признак существования в обширных морях жидких углеводородов экзотической формы жизни, основанной на метане (вместо воды), дышащей водородом и питающейся ацетиленом. Доказано, что Титан



Спускаемый аппарат "Гюйгенс" на поверхности Титана. Из плотных облаков идут метановые дожди, вызывающие наводнения. Вдали видны горы. Рисунок ESA/NASA.

обладает океаном воды под толстой, ледяной корой и атмосферой, изобилующей пребиотическими химическими веществами, которые возникают из неорганических молекул и могут предшествовать появлению жизни. В результате реакций гидротермальная химия в океане могла бы обеспечить энергию для жизни.

Ученые из Корнельского университета создали топографическую карту Титана (ЗиВ, 2013, № 5, с. 22–23). Основная проблема заключалась в том, что лишь около 10% поверхности было отснято в высоком разрешении, остальную долю занимают снимки невысокого качества и модели. Ученые пришли к выводу, что три моря Титана образуют общий уровень (так же, как и океаны на Земле): либо эти моря соединены подповерхностным слоем между морями, либо сообщаются между собой посредством каналов.

На поверхности Титана обнаружены геоморфологические особенности, которые в наземных условиях обыч-

но связаны с экстремальными осадками. Хотя больше всего осадков выпадает на полюсах, редкие мощные ливни происходят в основном в средних широтах. Наиболее катастрофические ливни, когда за сутки выпадает до 10 см осадков, происходят раз в 20–30 сатурнианских лет, причем именно в высоких средних широтах обоих полушарий. Мощные потоки жидкости размывают мягкую поверхность,

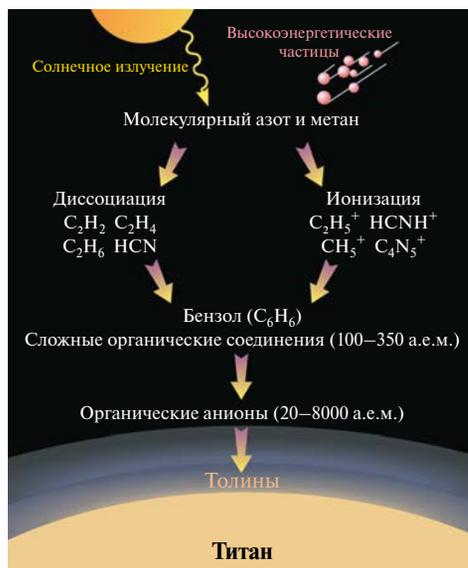


Схема образования толинов в результате фотохимических реакций в атмосфере Титана. Рисунок NASA/ESA.

несут гальку и песок вниз по течению и откладываются, формируя веерообразные формы рельефа. Радарные наблюдения, выполненные “Кассини”, подтверждают этот вывод: на снимках характерные веерообразные конусы чаще всего встречаются именно в средних широтах. В низких широтах Титана осадки выпадают редко, они не такие мощные и не способны переносить более-менее крупную гальку.

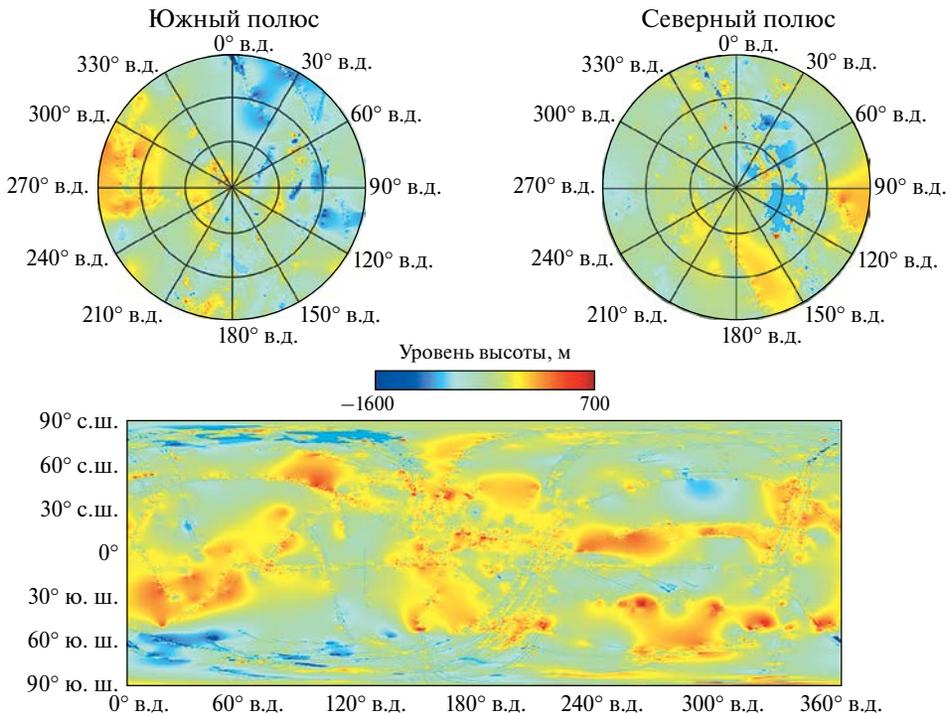
В геологии Титана существует особенность, которая стала новой проблемой для ученых: подавляющее большинство озер находятся в углублениях, подобных карстовым водоемам на Земле. Озера окружены высокими хребтами, которые в некоторых местах достигают высоты в сотни метров, они

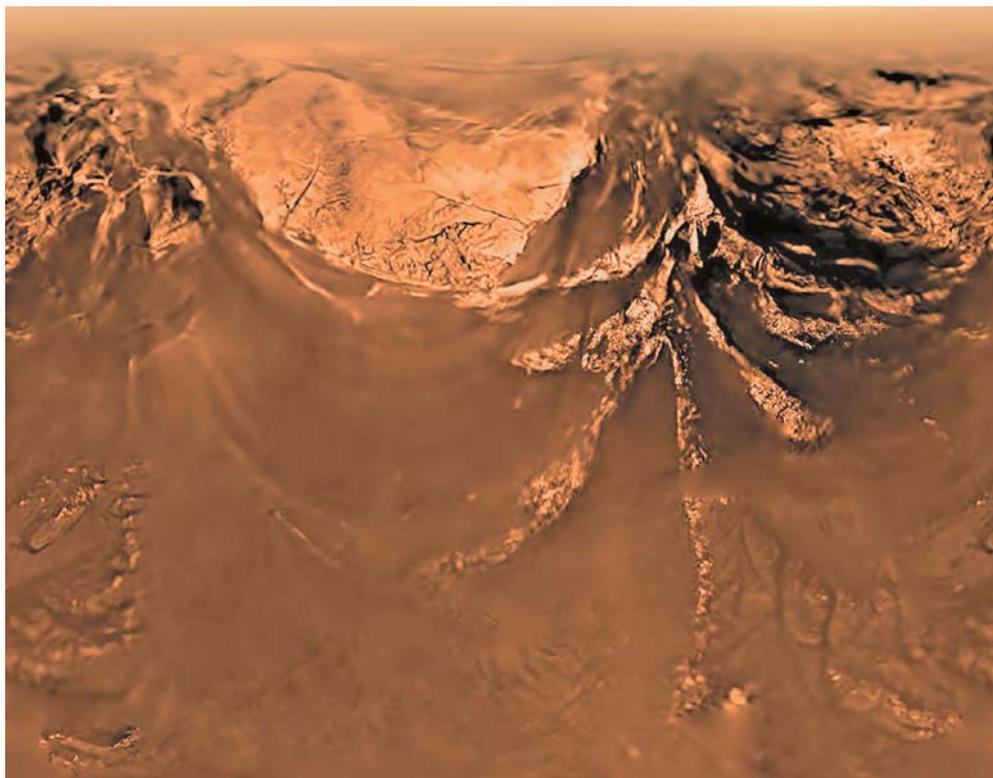
топографически закрыты – без каналов поступления или оттока жидкости (ЗиВ, 2016, № 4, с. 108). Но у земных карстовых озер нет таких резких обрывистых берегов. Причину появления таких образований предстоит выяснить в будущем.

МИР ЭНЦЕЛАДА

Другой удивительный мир был открыт при изучении Энцелада (диаметр 520 км), он казался безжизненным до наблюдений “Кассини”. Последние исследования показали, что Энцелад геологически активен: это проявляется в многочисленных гейзерах, поднимающихся на высоту до 250 км. Под его

Топографическая карта Титана составлена в 2017 г. по данным, полученным с помощью АМС “Кассини”. Три крупнейших моря – Кракена, Лигейи и Пунги – находятся на севере (окрашены синим цветом) и связаны друг с другом, поддерживая общий уровень моря, возвышенности и горы высотой не более 700 м (желто-красный цвет). Низменности в экваториальной зоне – либо древние пересохшие моря, либо образованы криовулканами (по данным NASA/JPL-Caltech/ASI/ Cornell).



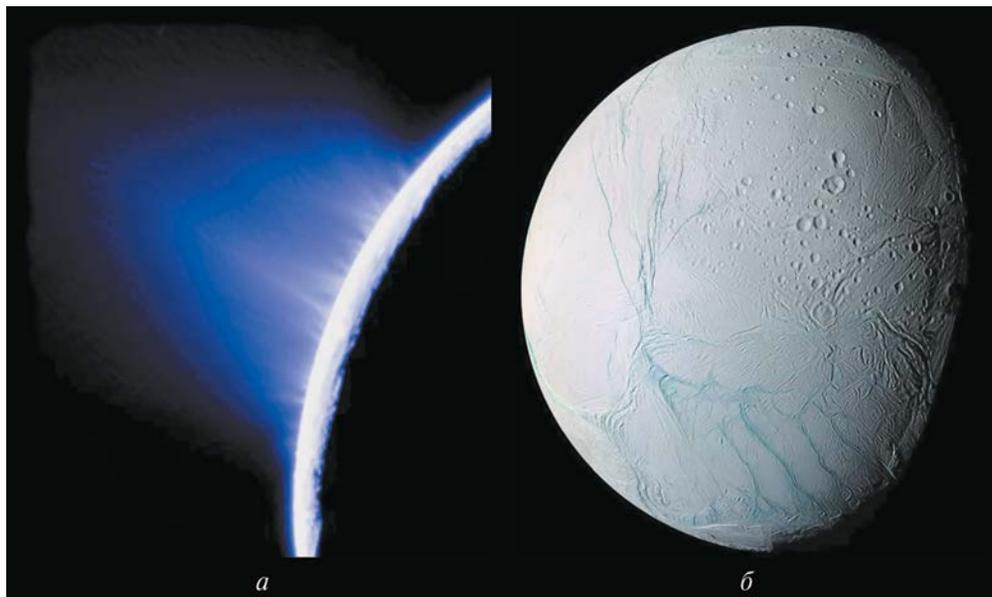


Вид горной гряды на Титане, полученный с помощью спускаемого аппарата "Гюйгенс" с высоты 10 км. Радарное изображение было сделано 14 января 2005 г. с помощью спектрального радиометра. Фото ESA/ NASA/ JPL/ University of Arizona.

ледяной коркой плещется глобальный океан, из которого выбрасываются в космос ледяные джеты. Органические соединения, обнаруженные "Кассини" в соленых гейзерах, подтверждают существование океана неглубокого залегания, сопоставимого с Марианской впадиной на Земле. Активными областями, из которых происходят извержения водяного пара и сложных углеводородов, являются разломы в коре глубиной до 500 м, шириной 2 км и протяженностью 130 км, которые назвали "тигровыми полосами"; они находятся в южной полярной области спутника (ЗиВ, 2006, № 1, с. 101–102; 2006, № 4, с. 110–111; 2007, № 4, с. 83; 2009, № 2, с. 81–83; 2012, № 6, с. 25–26; 2015,

№ 1, с. 38–39). В 2006 г. они получили собственные названия: рытвины Александрия, Каир, Багдад и Дамаск. Эти разломы, по-видимому, самые молодые детали рельефа околополярной области Энцелада.

Средняя глобальная толщина льда на Энцеладе составляет около 20–25 км. Количество воды, содержащееся в океане, равно 2% от объема океанов Земли. С помощью АМС "Кассини" обнаружено, что джеты содержат крошечные горные зерна породы, которые могут быть продуктом гидротермальной химии: реакции проходят при температуре, по крайней мере, +90° С. Энергия, требуемая для создания такой температуры, создается гидротермальной деятельностью: в этом процессе горя-



Энцелад: а – гейзеры, или ледяные джеты (в ложном цвете), выбрасываемые из области “тигровых полос” на южном полюсе; б – “тигровые полосы” прорезывают области в южных полярных широтах (искусственно окрашены в синий цвет). Снимки получены 10 октября 2007 г. и 26 июля 2005 г. с помощью АМС “Кассини”. Фото NASA/JPL-Caltech.

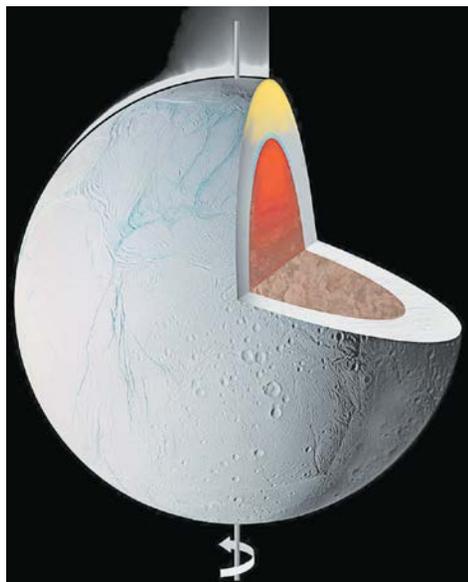
чая вода химически взаимодействует со скалистым пористым ядром на морском дне.

Структура и состав скалистого ядра, тепло от трения в очень пористом ядре могут играть ключевую роль в создании необходимой энергии. Моделирование показывает, что, по мере того как Энцелад обращается вокруг Сатурна, твердые породы в пористом ядре прогибаются и трутся друг о друга, вырабатывая тепло. Свободная структура позволяет воде из океана просачиваться внутрь, где она нагревается и химически взаимодействует со скалистыми структурами. Модели показывают, что эта активность должна быть максимальной на полюсах спутника. Плюмы теплой, наполненной минеральными

веществами воды из морского дна перемещаются вверх и делают еще более тонкой ледяную оболочку на южном полюсе – до 1–5 км. Вода затем вытесняется в космос через разломы во льду.

Ученые из Университета Нанта во Франции впервые объяснили некоторые ключевые характеристики Энцелада, наблюдаемые “Кассини”: глобальный океан, внутреннее тепло, более тонкий лед на южном полюсе и гидротермальную активность. Однако без ответа пока остается вопрос: почему северный и южный полюса настолько различны (ЗиВ, 2016, № 2, с. 110)? В отличие от геологически свежих ландшафтов юга северные области Энцелада – более древние и сильно кратерированы.

В результате исследования диффузного кольца Е (E-ring), расположенного вне ярких главных колец Сатурна, обнаружилось, что большая часть его материала содержит извергнутые в космос Энцеладом ледяные частицы и газ. Кольцо Е простирается от орбиты Мимаса до Дионы и дальше (от 180 000 до 480 000 км) – это самое протяженное из колец. Орбита Энцелада проходит по



Внутренняя структура Энцелада. Коричневым цветом обозначено скалистое силикатное ядро, белым – мантия (водяной лед), желтым и красным – куполообразные складки ядра под южным полюсом (наверху). Модель создана на основе данных, полученных АМС “Кассини”. Рисунок NASA/ESA.

самой плотной части кольца E, постоянно пополняя его частицами: при выбросах воды и пара из гейзеров и при ударах о поверхность спутника микрометеоритов (ЗиВ, 2006, № 1, с. 101).

Последние открытия особенностей спутников Сатурна Энцелад и Титан

Энцелад в E-кольце (в центре). Эта никогда ранее не видимая структура образована частицами, извергающимися из гейзеров Энцелада. Она становится видимой при определенном положении Солнца почти непосредственно за системой Сатурна. Снимок получен 19 сентября 2006 г. с помощью АМС “Кассини” с расстояния около 2,1 млн км от Энцелада. Фото NASA/JPL/Space Science Institute.

сделали “океанские миры” главным предметом изучения планетологии. Как мы знаем, жизнь возможна в стабильной окружающей среде, где присутствуют жидкая вода, определенные химические элементы и источник энергии: солнечное излучение или химические реакции. Исследования системы Юпитера с помощью АМС “Галилео” показали, что под поверхностью Европы есть подледный глобальный океан, который может быть обитаем (ЗиВ, 2001, № 2; 2004, № 3). В результате миссии “Кассини–Гюйгенс” открыто существование еще двух миров, потенциально пригодных для обитания – в 10 раз дальше от Солнца, чем Земля.

До старта “Кассини” ученые предполагали, что Энцелад слишком мал для того, чтобы генерировать и удерживать тепло, необходимое для поддержания подземных резервуаров с жидкой водой. Открытие интенсивной геологической активности в виде выбросов ледяных аэрозолей вблизи оказавшегося неожиданно теплым южного полюса спутника заставило научное сообщество более внимательно присмотреться к этим мирам. По окончании исследований ее результаты подтвердили, что в Энцеладе находится водный океан с солями и простыми органическими молекулами и, возможно даже, гидротермальными источниками на его морском дне. Благодаря исследованиям, выполненным с помощью “Кассини”, Энцелад теперь стал одним из са-



мых перспективных мест в Солнечной системе в поиске жизни за пределами Земли (ЗиВ, 2018, № 6).

ТАЙНА ЯПЕТА РАСКРЫТА

Первые пролеты АМС “Кассини” над поверхностью Япета (диаметр 1471 км) подтвердили огромную разницу в яркости двух полушарий спутника. Напомним, что Япет вращается вокруг Сатурна в резонансе 1 : 1, поэтому всегда одной стороной направлен к центральной планете. Из-за такой ориентации Япета на орбите его фигуру можно себе представить состоящей из ведущего и противоположного ему, ведомого полушарий: то есть ведущее полушарие всегда ориентировано по ходу движения Япета на орбите. Оказалось, что поверхность ведущего полушария Япета черна, как сажа, в то время как другое полушарие было ярким: так что альbedo на нем в 10 раз больше другого. Природу этого явления установили данные, полученные с помощью “Кассини”. Долгое время это было загадкой, пока ученые не пришли к выводу, что источником пыли на Япете является протяженное кольцо спутника Феба (диаметр 220 км).

Самое далекое и самое слабое пылевое кольцо Фебы было обнаружено космической обсерваторией “Спитцер” еще в 2009 г. (ЗиВ, 2018, № 2), оно впервые наблюдалось в оптическом диапазоне с помощью широкоугольной камеры АМС “Кассини” на расстоянии от 7 до 12 млн км от Сатурна. Частицы пылевого кольца создаются в результате ударов микрометеоритов о поверхность Фебы и других далеких спутников, движущихся по ретроградным орбитам. Из-за радиационного давления и, в меньшей степени, из-за эффекта

Пойнтинга–Робертсона пылевые обломки затем перемещаются внутрь, к Сатурну. Большая часть этого пылевого материала оседает на поверхность Япета, зачерняя область ведущей части спутника – так была раскрыта тайна огромного различия в яркости разных областей поверхности Япета.

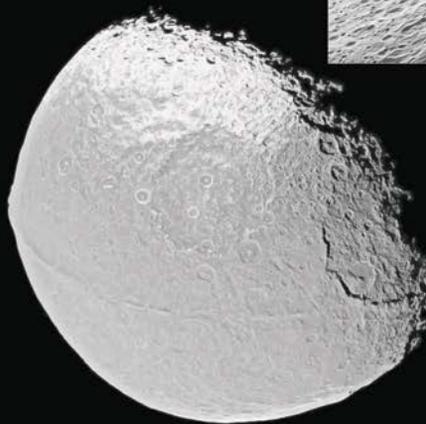
В 2005 г. была обнаружена еще одна уникальная особенность Япета – экваториальный горный хребет высотой 13–20 км и шириной 20 км, протянувшийся по темному полушарию Япета примерно на 1600 км и занимающий более 70% половины длины экватора спутника (ЗиВ, 2008, № 2). В светлом полушарии хребет разделен на отдельные горы. Такая характерная особенность наблюдалась на спутниках Солнечной системы впервые, она вызвала появление множества различных гипотез: от вулканического происхождения хребта – до падения на Япет ледяного кольца. Однако ни одна гипотеза не была доказана, и не проводилось сравнение теории с наблюдениями.

Наблюдаемая картина подробно исследована профессором Б.П. Кондратьевым (ГАИШ МГУ), изучившим строение Япета и его эволюцию, связанную с сильным замедлением его вращения. Использование модели Клеро позволило рассчитать размеры каменного ядра спутника и толщину его мощной ледяной оболочки. Средний радиус каменного ядра внутри Япета равен 318,75 км, толщина оболочки – 415,74 км (что больше радиуса каменного ядра и составляет 56,6% от полного среднего радиуса). Нынешнее сжатие поверхности спутника равно 0,046, оно не соответствует значению угловой скорости его вращения. Вследствие этого Япет отклоняется от динамического равновесия и стремится принять внешний вид (с меньшим сжатием), то есть его ледяная оболочка

В Энцеладе находится водный океан с солями и простыми органическими молекулами и, возможно, даже гидротермальными источниками на его морском дне



а



б

Япет. Мозаика из 60 снимков, полученных 10 сентября 2007 г. в трех диапазонах (752, 568 и 338 нм) во время пролета АМС "Кассини" на расстоянии 73 тыс. км от Япета (разрешение – 426 м): а – светлое западное полушарие с 504-км кратером Анжелье; темная область справа покрыта веществом, принесенным спутником Феба; в результате влияния солнечных лучей темное вещество перешло на ведущее полушарие; б – протянувшийся вдоль экватора на 1600 км горный хребет "стена Япета", почти совпадающий с географическим экватором. Снимок получен 7 января 2005 г. с помощью АМС "Кассини" с расстояния 172 400 км (разрешение – 1 км). Фото NASA/JPL.

приближается к округлой форме; все это приводит к процессу стекания масс льда вне экватора под действием силы тяжести. На экваторе механическое сопротивление внутреннего каменного ядра Япета делает невозможным движение несжимаемых масс льда по направлению к центру спутника. Массы льда на экваторе задерживаются под влиянием давления от ядра и остаются практически на прежнем расстоянии от него. Вне экватора сопротивление ядра быстро уменьшается, происходит "проседание" соседних масс льда относительно экваториальной гряды на поверхности Япета. Именно данный процесс "оседания" соседних с экватором масс льда и привел к появлению мощного кольцевого экваториального горного хребта на Япете.

Построенная Б.П. Кондратьевым модель предсказывает также, что на тем-

ном, и поэтому более теплом полушарии спутника, где лед более пластичен, образование горного хребта происходило интенсивно, что полностью совпадает с наблюдаемой картиной. Действительно, на более холодном противоположном полушарии Япета горный хребет вырождается в отдельные горы. Большая кратерированность горного хребта, прослеживаемая на фотографиях, означает, что хребет на Япете – очень древнее образование.

ОТКРЫТИЕ НОВЫХ СПУТНИКОВ

С помощью АМС "Кассини" были открыты 7 новых спутников: в 2004 г. – Мефона (Methone), Паллена (Pallene) и Полидевк (Polydeuces), в 2005 г. – Дафнис (Daphnis), в 2007 г. – Анфа (Anthe),

в 2008 г. – Эгеон (Aegaeon) и в 2009 г. – S/2009 S1 (ЗиВ, 2009, № 4, с. 15). Эгеон, Мефона, Анфа и Паллена – четыре малых спутника Сатурна, обнаруженные “Кассини” в окрестностях Мимаса (415 км), который находится в среднем на расстоянии 185 600 км от планеты. Ученые провели исследование, которое может пролить свет на возможное начальное число малых тел, близких к Мимасу, и помочь лучше понять их динамическое происхождение. Обнаружено, что они устойчивы длительное время. Орбиты спутников Эгеон, Мефона и Анфа могут оставаться неизменными в течение полумиллиона лет, учитывая современную конфигурацию системы и их резонанс с Мимасом. Спутник Паллена находится на нерезонансной орбите, и она более устойчива, по крайней мере, 64 млн лет. Однако на нее влияет квазирезонанс с Мимасом, индуцирующий долгосрочные орбитальные колебания эксцентриситета и наклона Паллены.

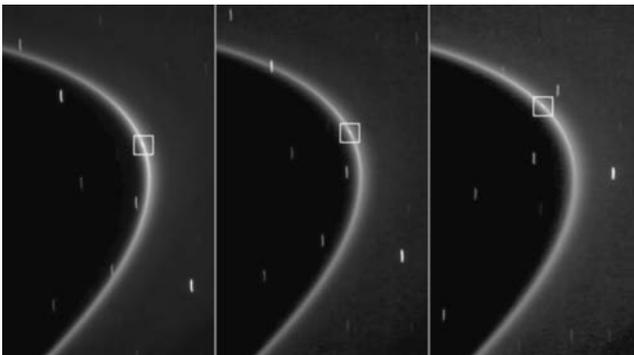
На снимках, полученных “Кассини”, можно увидеть арки, связанные со спутниками Мефона и Анфа, и наклоненное кольцо на орбите Паллены. Источником частиц тора Паллены, который находится на орбите спутника на расстоянии 212 000 км от центра Сатурна, служит сам спутник, его пылевые частицы

Уникальная особенность Япета – экваториальный горный хребет высотой 13–20 км и шириной 20 км

выбрасываются с поверхности путем микрометеороидной бомбардировки. Кольцо Паллены может быть образовано из частиц малого эксцентриситета, ниже 0,006. Несмотря на большой размер Паллены (4 км), по сравнению с Эгеоном (0,5 км), Мефоной (3 км) или Анфой (1 км), эта маленькая луна не может эффективно “очищать” свою орбиту из-за малых размеров и большого наклона орбиты. Средний конечный наклон кольцевых частиц составляет 0,001023°, что при-

водит к вертикальной толщине кольца примерно 3,8 км. Напротив, материал, связанный с Анфой и Мефоной, лежит в продольно ограниченных дугах. Дуга Мефоны простирается примерно на 10° по долготе вокруг положения спутника, а дуга Анфы достигает 20° в длину. Размеры этих дуг ограничиваются соседними резонансами с Мимасом.

Спутник Эгеон (LIII Aegaeon), обнаруженный вблизи яркой арки кольца G (G-ring), движется вдоль него, то есть он встроен в кольцо. Кольцо G (165 800–173 800 км от Сатурна) находится в области между орбитами Януса–Эпиметей (большая полуось 151 410 км) и Мимаса (большая полуось 185 500 км), так что источником малых частиц в яркой дуге и в самом кольце G может быть Эгеон.



На последовательно полученных с помощью АМС “Кассини” (в течение 10 мин) трех снимках показано движение в кольце G вновь обнаруженного спутника Эгеон (указан в квадрате). Снимки получены 3 марта 2009 г. Фото NASA/JPL/Space Science Institute.

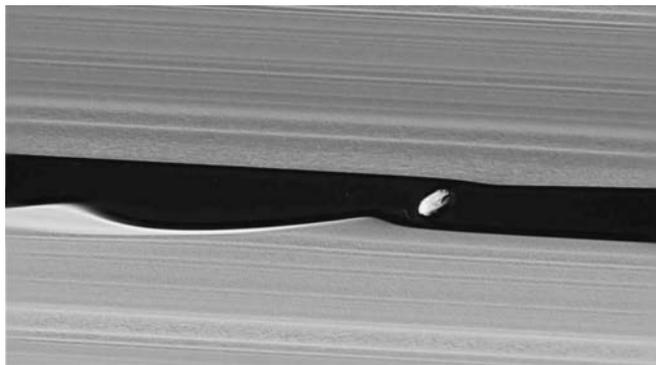
В 2009 г. был открыт спутник S/2009 S1 во внешнем кольце В (B-ring) по его тени длиной 36 км на поверхности колец. В момент открытия его расстояние от центра Сатурна было 117 тыс. км, его размер оказался равным 300 м. Это – самый ближний спутник Сатурна, следующий, спутник Пан, находится на расстоянии 133 600 км от планеты.

Основные элементы структуры колец Сатурна

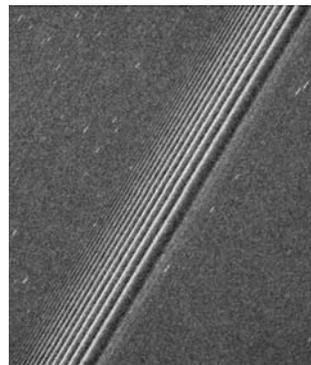
Название	Расстояние до центра Сатурна, км	Ширина, км
Кольцо D	67 000–74 500	7500
Кольцо C	74 500–92 000	17 500
Щель Колумбо	77 800	100
Щель Максвелла	87 500	270
Щель Бонда	88 690–88 720	30
Щель Дейвса	90 200–90 220	20
Кольцо B	92 000–117 500	25 500
Деление Кассини	117 500–122 200	4700
Щель Гюйгенса	117 680	285–440
Щель Гершеля	118 183–118 285	102
Щель Рассела	118 597–118 630	33
Щель Джефриса	118 931–118 969	38
Щель Койпера	119 403–119 406	3
Щель Лапласа	119 848–120 086	238
Щель Бесселя	120 236–120 246	10
Щель Барнарда	120 305–120 318	13
Кольцо A	122 200–136 800	14 600
Щель Энке	133 570	325
Щель Килера	136 530	35
Деление Роша	136 800–139 380	2580
R/2004 S1	137 630	300
R/2004 S2	138 900	300
Кольцо F	140 210	30–500
Кольцо G	165 800–173 800	8000
Кольцо E	180 000–480 000	300 000
Кольцо Фебы	7 700 000–12 500 000	4 800 000

НОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В КОЛЬЦАХ САТУРНА

Самым удивительным было открытие особых структур в кольцах Сатурна – сгущений, называемых “пропеллерами”, имеющих характерную “двуручную” форму винта самолета, вызываемую притяжением маленьких тел, которые трудно различить среди камней и пыли (ЗиВ, 2011, № 4, с. 27). Сами спутники слишком малы и не видны на снимках “Кассини”, однако их присутствие проявляется формированием двух лопастей из отклоненных частиц кольца. Прогнозы таких структур в кольцах Сатурна были сделаны еще в 2000 г., причем авторы Франк Шпан (Германия) и Миодраг Сремчевич (Югославия) указали, что некоторые вариации плотности в кольцах Сатурна могут быть вызваны наличием крохотных спутников (moonlets). Подобные структуры (длиной в несколько сотен километров и толщиной приблизительно в 1 км) впервые обнаружены с помощью “Кассини” в 2006 г. в центральной части кольца А (A-ring) – той области, которая сейчас известна под названием “пояс пропеллеров” (“Propeller Belts”). Крошечные спутники расталкивают материал колец на несколько километров в плоскости, перпендикулярной плоскости колец. Объекты, находящиеся внутри, недостаточно велики для того, чтобы расчистить от вещества орбиту, как это сделали спутники Пан и Дафнис (размером 30 и 8 км), движущиеся в пустом пространстве внутри колец. Мелкие луны (поперечником до 1 км) генерируют вокруг себя “пропеллеры” из мелких частиц кольца. В радиальном направлении возмущения такого потока достигают 5 км. Вдоль орбиты кольца и микроспутника большой “пропеллер” вытягивается, порой, на 1100 км (если считать по темной ленте возмущений окружающего материала) или на 110 км (если учитывать только сильно выступающую полосу



а



б

Гравитационное влияние малых тел на вещество колец Сатурна: а – спутник SXXXV Дафнис (Daphnis) размером 8 км внутри 42-км щели Килера (Keeler Gap); б – область “Propeller Belts” в средней части кольца А Сатурна. “Пропеллеры” – маленькие яркие черточки; выглядят как двойные тире, видимые с обеих сторон волны, которая пересекает кольца. Снимки получены 16 января и 10 мая 2017 г. с помощью АМС “Кассини”. Фото NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute.

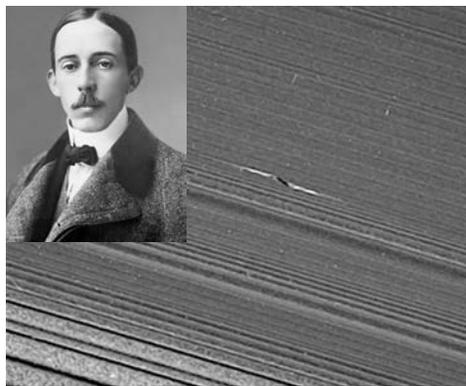
ярко освещенных частиц). Внедренные в кольцо спутники поднимают материал на 0,5 км выше (и ниже) плоскости кольца, что значительно превышает типичную толщину колец – около 10 метров.

В относительно узкой полосе в середине кольца А оказались три пояса “пропеллеров” (“Trans-Encke”) на расстоянии между 127 000 и 132 000 км от центра Сатурна с общим количеством “пропеллеров” от 7000 до 8000, с радиусом микроспутников, составляющим примерно 0,15 км. Дальнейшие наблюдения показали, что популяция “пропеллеров” также существует во внешней части кольца А, между щелью Энке и внешним краем кольца А (то есть между 133 700 и 136 700 км от центра Сатурна). Они малочисленны, но значительно больше по размеру, чем те, что видны в поясе “Propeller Belts”. Некоторые из “пропеллеров” в “Trans-Encke” были зафиксированы несколь-

ко раз, что указывает на их орбитальную устойчивость. В области между “Propeller Belts” и щелью Энке (Encke Gap) “пропеллеры” не найдены.

Исследователи обнаружили и сфотографировали 11 гигантских “пропеллеров”. Индивидуальные “пропеллеры” получили имена пионеров авиации: в частности, “пропеллер Сантос-Дюмон” назван в честь бразильско-французского авиатора Альберто Сантос-Дюмона (Santos-Dumont; 1873–1932). “Пропеллер Блерио” – крупнейшая структура в кольцах Сатурна, которая появлялась на снимках “Кассини” более 100 раз –

Гигантский “Пропеллер Сантос-Дюмон” в кольце А Сатурна. Снимок сделан 22 марта 2017 г. с помощью АМС “Кассини” с расстояния 111 340 км (разрешение – 620 м). Во врезке – портрет А. Сантос-Дюмона.





Пан



Дафнис



Атлас



Прометей



Пандора



Янус



Эпиметей



Мефона



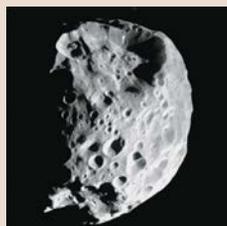
Телесто



Калипсо



Елена

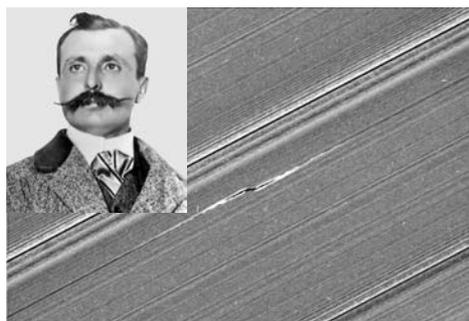


Феба

Малые спутники Сатурна. Снимки получены в 2004 – 2016 гг. с помощью АМС “Кассини” во время близких пролетов около спутников. Фото NASA/JPL

названа в честь французского авиатора начала XX в. Луи Блерио (Bleriot; 1872–1936), первым перелетевшим через Ла-Манш. Более массивный спутник внутри “пропеллера Блерио” примерно на 60% больше микроспутника из “пропеллера Сантос-Дюмона” и в четыре раза его массивнее. “Пропеллер Эрхарт” достигает

в длину 60 км (считая только светлую часть) и генерируется микроспутником примерно километровой поперечника; он назван в честь знаменитой американской летчицы Амелии Эрхарт (Earhart;



“Пропеллер Блерио” в кольце А – самый большой из таких структур в кольцах Сатурна. Яркая узкая полоса материала непосредственно связывает крошечный спутник (не виден) с кольцом; продольная тень вдоль “пропеллера” представляет собой темный разрыв, образованный спутником. Яркие полосы, обрамляющие зазор шириной 2 км, – области повышенной плотности частиц (имеют вид снежного кома) диаметром около 1 км. Снимок получен 10 мая 2017 г. с помощью АМС “Кассини”. Фото NASA/JPL–Caltech/ Space Science Institute. Во врезке – портрет Л. Блерио.

1897–1937), первой женщины-пилота, перелетевшей Атлантический океан.

Микроспутники, находящиеся внутри “пропеллеров” в кольцах Сатурна, являются первыми объектами, которые имеют свои орбиты и движутся не в пустом пространстве, а внутри диска. За орбитами этих структур ученые наблюдали на протяжении нескольких лет, и было замечено отклонение в их движении от теории небесной механики И. Кеплера. Их отклонение по долготе от постоянной угловой скорости составляет около $0,2^\circ$ долготы, причем мгновенное среднее движение было немного быстрее среднего с 2005 по 2007 г., медленнее среднего с 2007 по 2009 г. и ускоряется снова в начале 2009 г. Двухнаправленный характер эволюции исключает применение простых моделей, в которых крутящий момент применяется только в одном направлении, но не ясно, меняется ли направление крутящего момента квазипериодически или из-за детерминированного колебания. Большинство теорий, предложенных для объяснения движения спутников внутри “пропеллеров” основаны на гравитационных взаимодействиях или

столкновениях микроспутников с окружающим диском.

Итак, изучение движения такого рода спутников дает возможность непосредственного наблюдения за процессами, которые важны в протопланетных сценариях и в других дисковых системах.

Будущие исследования Титана и Энцелада планируются с помощью совместного проекта “Titan Saturn System Mission” американского и европейского космических агентств, намеченного на 2020-е годы. Два спутника являются уникальным исключением среди спутников Сатурна, оба они демонстрируют присутствие атмосферы. Плотная атмосфера Титана и слабая разреженная атмосфера Энцелада, которую спутник из-за слабой гравитации не способен удержать, ставят новые вопросы перед исследователями. Необходимо определить источники постоянного пополнения метана на Титане и элементов атмосферы на Энцеладе. Основной задачей будущих миссий будет исследование общих закономерностей и существенных различий в геологической, химической и эволюционной истории Титана и Энцелада.

О ЧЕМ ГОВОРIT СОБСТВЕННОЕ РАДИОТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОКЕАНА?



А.Г. ГРАНКОВ,

доктор физико-математических наук

А.А. МИЛЬШИН,

старший научный сотрудник

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

DOI: 10.7868/50044394819010043

В глубинах Мирового океана протекают процессы, оказывающие влияние на природные (погодные) условия и жизнедеятельность людей: постоянно существуют и видоизменяются мощные течения, переносящие тепло к континентам; зарождаются и распространяются мощные ураганы; регулярно возникают температурные и тепловые аномалии на границе раздела с атмосферой.

Об этих явлениях, имеющих преимущественно тепловую природу, может рассказать радиотепловое (сверхвысокочастотное) излучение, сопровождающее эти явления; его измеряют с помощью спутниковых средств дистанционного зондирования Земли.

Основная проблема при изучении океана со спутников заключается в том, что поле восходящего СВЧ-излучения несет информацию не только о его поверхности и нижних слоях атмосферы, непосредственно участвующих в зарождении и развитии природных катаклизмов, но и о более ее высоких

слоях, которые могут искажать картину о процессах, наблюдаемую в нижних слоях.

В статье рассматривается подход к индикации и оценке интенсивности тепловых процессов на поверхности океана и в атмосфере, основанный на отзывчивости к ним восходящего СВЧ-излучения системы океан–атмосфера в спектральной области резонансного поглощения радиоволн в атмосферном водяном паре.

В статье рассматриваются примеры использования этой области СВЧ-диапазона для локализации и анализа областей, отличающихся высокой интенсивностью теплового взаимодействия океана и атмосферы (энергетических зон), слежением со спутников за динамикой гидрологических и атмосферных фронтов, контроля предвестников приближения тропических ураганов и морских штормов. Круг рассматриваемых примеров включает короткопериодические (синоптические) явления с временем жизни 5–7 суток, а также медленные процессы (периоды изменений составляют месяцы и годы).

ИЗ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ СВЧ-РАДИОМЕТРИИ

Лишь немногие люди – в основном только специалисты в области радиоп физики – имеют представление о том, что все окружающие нас предметы (в том числе и живые) являются естественными источниками радиотеплового излучения в диапазонах миллиметровых, сантиметровых и дециметровых длин волн.

На первый взгляд, возможность чувствовать и измерять это излучение мо-

жет показаться удивительной. В самом деле, в этой области спектра его интенсивность, описываемая формулой Релея–Джинса (“длинноволновым приближением” формулы Планка), заметно уменьшается с увеличением длины волны. Из этой формулы видно, что здесь, действительно, речь идет об очень слабых излучениях. При пере-

ходе, например, от длины волны ($\lambda = 10$ мкм) из хорошо известной нам в обыденной жизни области инфракрасного (теплового) излучения к длине волны ($\lambda = 10$ см) СВЧ-диапазона, интенсивность излучения уменьшается в 10^8 раз. Положение дел, однако, спасает то обстоятельство, что приборы, улавливающие и регистрирующие радиотепловое излучение – СВЧ-радиометры – облада-

ют значительно большей чувствительностью, чем приемники инфракрасного излучения (ИК-радиометры). Несложные оценки показывают, что минимальная обнаруживаемая мощность излучения природных сред для СВЧ-радиометров на 9 порядков ниже, чем для ИК-радиометров; таким образом, громадное преимущество в чувствительности первых с лихвой компенсирует уменьшение интенсивности принимаемого ими излучения, диктуемое формулой Релея–Джинса в этой области электромагнитного спектра, по сравнению с инфракрасной областью.

Радиотепловое излучение природных сред содержит информацию об их тепловых и других свойствах; это давно используется для изучения небесных тел с помощью радиотелескопов.

Идея измерять излучение поверхности Земли в СВЧ-диапазоне с околоземной орбиты получила развитие в 1960-х годах. Успешные эксперименты, про-

Радиотепловое излучение природных сред содержит информацию об их тепловых и других свойствах; это давно используется для изучения небесных тел с помощью радиотелескопов

веденные на спутниках “Космос-243” (1968 г.), “Космос-384” (1970 г.) и других (позже, в 1973 г., на американском ИСЗ “Нимбус-5”), заложили основу для развития нового направления дистанционного зондирования Земли – спутниковой СВЧ-радиометрии.

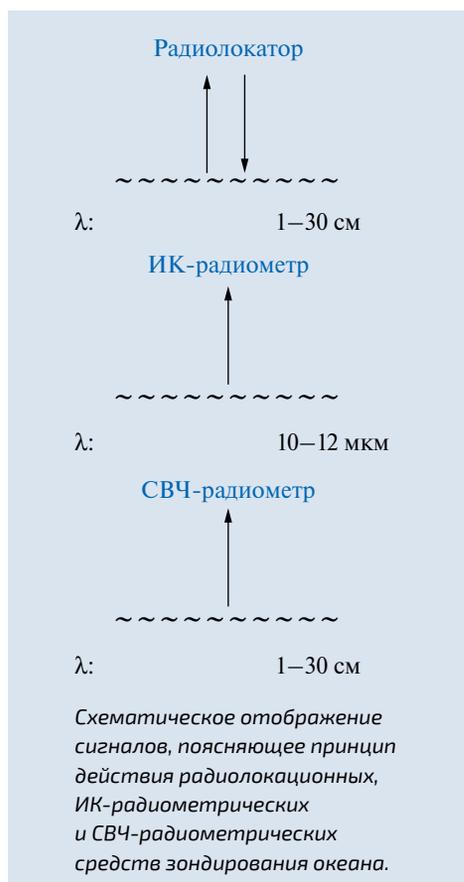
Результаты первого эксперимента на ИСЗ “Космос-243” продемонстрировали специалистам всего мира возможность применения СВЧ-радиометрических методов для восстановления картины пространственной и временной изменчивости температуры поверхности Мирового океана; водяного пара в атмосфере со спутников. Впечатляющими (результаты опубликованы на страницах профильных зарубежных журналов) стали полученные впервые, с помощью спутников Земли, меридиональные профили этих столь важных для океанологов и метеорологов параметров, о которых прежде можно было иметь представление лишь по отдельным судовым и буйковым измерениям. Эти пионерские данные, получаемые “быстрым росчерком пера” со спутников, позволили дополнить и обогатить сведения о таких спорадических и непредсказуемых районах в океане как штормовые зоны, области скопления облаков, районы активной деятельности ураганов. Появление спутников, оборудованных радиотехнической аппаратурой, позволяющей измерять собственное, радиотепловое излучение Земли, оценили специалисты в области океанологии, метеорологии и климатологии.

Сегодня СВЧ-радиометрические методы дистанционного зондирования Земли, наряду с ИК-радиометрическими и радиолокационными, заполняют нишу в арсенале современных средств зонди-

Результаты первого эксперимента на ИСЗ “Космос-243” продемонстрировали специалистам всего мира возможность применения СВЧ-радиометрических методов для восстановления картины пространственной и временной изменчивости температуры поверхности Мирового океана; водяного пара в атмосфере со спутников

рования нашей планеты из космоса. Оснащенные спутников СВЧ-радиометрическими системами, основанными на приеме собственного излучения земных покровов и атмосферы в диапазоне миллиметровых, сантиметровых и дециметровых длин волн, не предполагает установки “искусственных облучателей” Земли (применяемых в ра-

диолокаторах в том же диапазоне); поэтому они получили название систем пассивной радиолокации. Эти средства абсолютно безвредны для биологических



существ, они не могут нанести ущерба экологической среде; важное их свойство – “незаметность” в радиоэфире – высоко оценивается военными специалистами. Волны радиодиапазона слабо поглощаются и рассеиваются в облаках, в связи с этим спутниковые СВЧ-радиометрические методы зондирования Земли практически “всепогодны”, по сравнению с методами ИК-радиометрии.

Концепция использования данных СВЧ-радиометрических измерений, дающих представление об обобщенных характеристиках природной среды, получила развитие при изучении тепловых и динамических процессов на поверхности океана и в атмосфере с применением российских и американских метеорологических спутников

ное А.А. Григорьевым и М.И. Будыко; характеризует баланс тепла и влаги на Земле). Впоследствии этот вывод был подтвержден в результате многочисленных экспедиционных работ, проведенных в 1980-е и 1990-е гг. на территориях республик СССР (а позже и за рубежом): применялись методы дистанционного исследования земных покровов с помощью самолетов, верто-

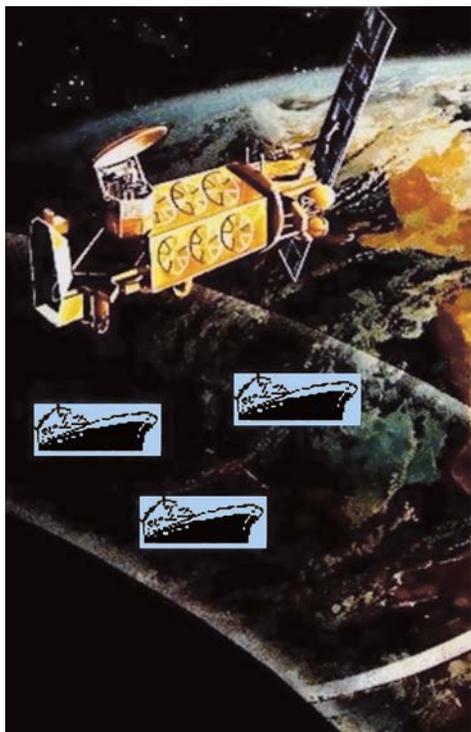
летов, мотодельтопланов, беспилотных аппаратов, оснащенных СВЧ-радиометрами.

В дальнейшем концепция использования данных СВЧ-радиометрических измерений, дающих представление об обобщенных характеристиках природной среды, получила развитие при изучении тепловых и динамических процессов на поверхности океана и в атмосфере с применением российских и американских метеорологических спутников. Значительный импульс этим исследованиям придали идея авторов этой статьи о совмещении и сопоставлении результатов проведенных в нашей стране экспериментов (в Северной Атлантике; НЬЮ-ФАЭКС-88 и АТЛАНТЭКС-90) с данными, полученными с помощью американского метеорологического спутника “DMSP-5D2 F-08” Министерства обороны США, запущенного в июне 1987 г. (оснащен семиканальным четырехчастотным СВЧ-радиометрическим комплексом SSM/I – Scanning Sensor Microwave Imager). Организации Гидромета СССР проводили в течение 1988 и 1990 годов в рамках национальной программы “Разрезы” эксперименты на судах: исследовали

ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА И В АТМОСФЕРЕ

В начале 1980-х гг. в Институте радиотехники и электроники РАН стала прорабатываться концепция использования данных, полученных с помощью спутниковых СВЧ-радиометрических измерений, не столько для измерения отдельных геофизических параметров природных объектов (температура, влажность, скорость ветра), сколько для определения их обобщенных характеристик, связанных, например, с переносом тепла и влаги на границе раздела различных природных сред. Сотрудники института Е.А. Реутов и А.М. Шутко теоретически установили существование прямой (непосредственной) связи между радиояркостной температурой и радиационным индексом сухости¹ (количественное понятие, введен-

¹ Реутов Е.А., Шутко А.М. О взаимосвязи яркостной температуры в радиодиапазоне с радиационным индексом сухости // Исследование Земли из космоса, 1987. N 6. С. 42–48.



Американский метеорологический ИСЗ "DMSP-5D2 F-08" выполняет СВЧ-радиометрическую съемку в районах проведения экспериментов НЬЮФАЭКС-88 и АТЛАНТЭКС-90 на научно-исследовательских судах "В. Бугаев", "Муссон" и "Волна" в Ньюфаундлендской зоне Северной Атлантики. Рисунок.

влияние энергоактивных зон океана на короткопериодические колебания климата; спутниковые измерения осуществлялись в соответствии с программой Министерства обороны США "DMSP" с помощью Defense Meteorological Satellite Program (метеоспутников оборонной программы). В декабре 1992 г. архивные данные, полученные с помощью спутников серии "DMSP", были рассекречены и стали доступны для научного сообщества.

В качестве "областей интересов" в этом исследовании были выбраны Гольфстримская, Ньюфаундлендская

и Норвежско-Гренландская зоны Северной Атлантики, находящиеся в русле течения Гольфстрим и его продолжения – Северно-Атлантического течения (несут тепло из нижних широт океана к берегам Европы). Эти области, называемые специалистами энергоактивными, привлекают их внимание сильной энергетикой теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы; они стали отличными природными полигонами для изучения "отклика" СВЧ-излучения на такие распространенные явления, как мощные среднеширотные циклоны. Здесь интенсивность потоков тепла, наблюдаемых на поверхности океана и в приводном слое атмосферы, может достигать гигантской мощности (до 2000 Вт/м^2)², что сопоставимо с тепловым эффектом, сопровождающим работу мощных бытовых электронагревательных приборов), а значительные всплески радиояркой температуры (до нескольких десятков градусов) превосходят диапазон естественных изменений многих природных объектов (например, широтная изменчивость температурного режима поверхности океана, сезонный нагрев земной поверхности, весеннее таяние ледников), проявляющихся в СВЧ-диапазоне.

Однако некоторые полученные данные плохо согласовывались с общими представлениями о формировании радиотеплового излучения и его связи с тепловыми процессами, происходящими в системе океан–атмосфера (COA). Согласно этим данным, восходящее собственное излучение COA содержит в себе информацию не только о приводном

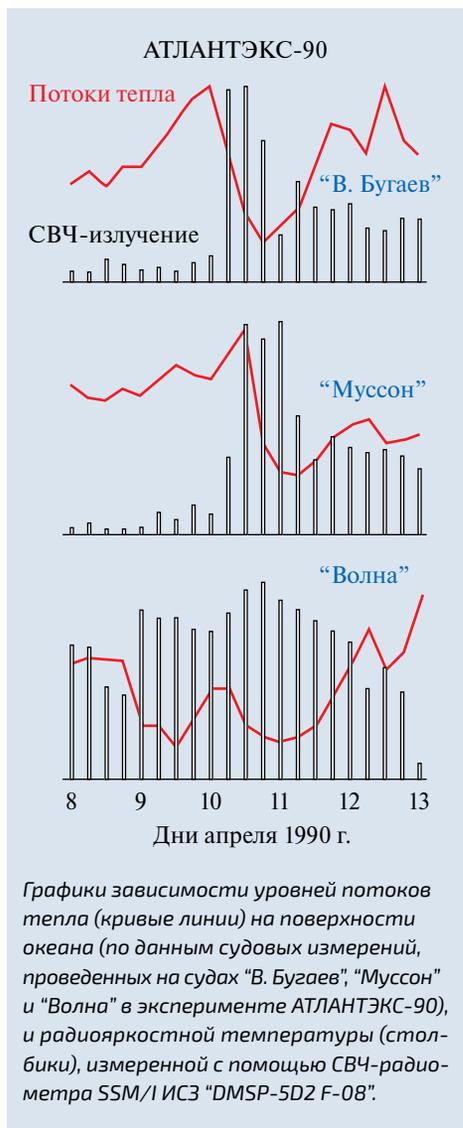
² Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан–атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеоздат, 1990.

слое атмосферы, участвующем в теплообмене с поверхностью океана, но и о более высоких ее слоях (то есть лишь косвенно характеризует тепловые свойства системы на ее границе).

Первый же результат совмещения данных, полученных с помощью спутниковых и судовых измерений, указал на наличие тесной взаимосвязи между яркостной температурой СОА в спектральной области поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы и вертикальными турбулентными потоками явного и скрытого тепла на поверхности океана в приводном слое атмосферы (0–10 м). К тому же было замечено, что контрасты интенсивности радиотеплового излучения СОА, наблюдаемые со спутника, на порядок выше их расчетных оценок, получаемых в результате учета одних только эффектов вертикального (турбулентного) переноса тепла в атмосфере. Этот феномен, как выяснилось, обусловлен существованием горизонтального (адвективного) переноса тепла и влаги в атмосфере в зонах циклонической активности, а также во фронтальных зонах Северной Атлантики³.

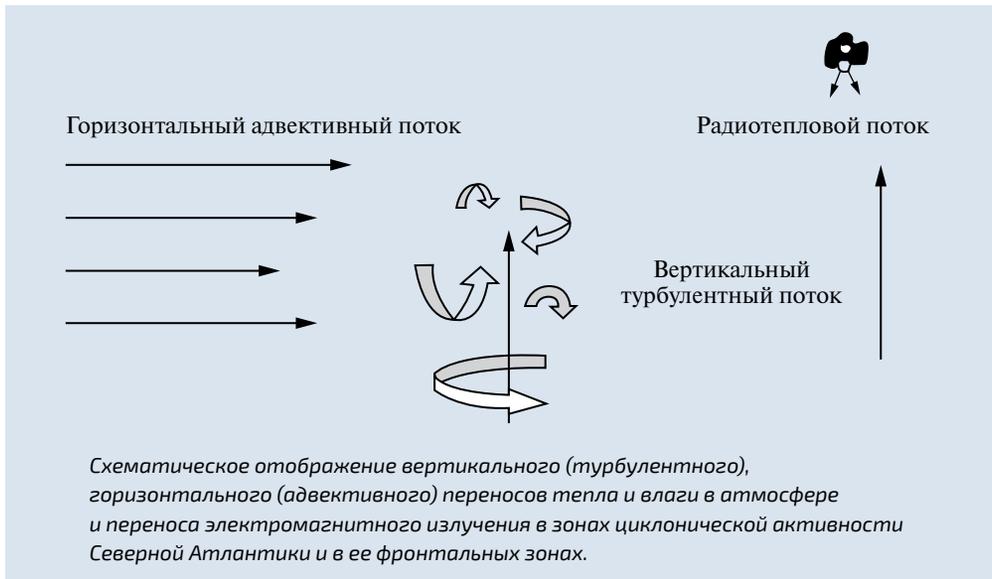
Под действием интенсивных горизонтальных движений в разных слоях атмосферы (в приводном и вышележащих слоях) происходят быстрые изменения ее температурных и влажностных характеристик, что приводит к изменениям в формировании вертикальных турбулентных потоков тепла и влаги в атмосфере (в том числе и у поверхности океана). Такие “сдвиги” в тепловом режиме атмосферы (как показали данные, полученные

³ Гранков А.Г., Реснянский Ю.Д., Новичихин Е.П., Мильшин А.А. Моделирование отклика собственного СВЧ-излучения системы “океан–атмосфера” на горизонтальный перенос тепла в атмосферном пограничном слое // Метеорология и гидрология, 2014. N 2. С. 33–44.



Графики зависимости уровней потоков тепла (кривые линии) на поверхности океана (по данным судовых измерений, проведенных на судах “В. Бугаев”, “Муссон” и “Волна” в эксперименте АТЛАНТЭКС-90), и радиояркостной температуры (столбики), измеренной с помощью СВЧ-радиометра SSM/1 IC3 “DMSP-5D2 F-08”.

в ходе экспериментов НЬЮФАЭКС-88 и АТЛАНТЭКС-90), сопровождаются всплесками общего влагосодержания атмосферы и радиояркостной температурой СОА в области резонансного поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы, центральная линия которой соответствует длине волны 1,35 см (частоте излучения 22, 235 ГГц), а ее границы находятся в пределах спектрального интервала 1–1,6 см. Данная



модель формирования процессов теплообмена между океаном и атмосферой объясняет существование непосредственной связи между поверхностными тепловыми потоками и радиотепловым излучением системы океан–атмосфера в этой области СВЧ-диапазона.

Построенные на основе данной модели расчетные оценки радиояркостной температуры системы океан–атмосфера находятся в хорошем соответствии со спутниковыми данными – как в спокойных, так и циклонических районах океана. Радиояркостная температура СОА в области резонансного поглощения радиоволн водяным паром атмосферы тесно связана с вертикальными турбулентными потоками явного и скрытого тепла на поверхности океана в “пленочном” (от 0 до 10 м) приводном слое атмосферы.

Радиояркостная температура СОА в области резонансного поглощения радиоволн водяным паром атмосферы тесно связана с вертикальными турбулентными потоками явного и скрытого тепла на поверхности океана в “пленочном” приводном слое атмосферы

Анализ результатов экспериментов, полученных в ходе экспериментов НЬЮ-ФАЭКС-88 и АТЛАНТЭКС-90 и совмещенных с ними данных с ИСЗ “DMSP-5D2 F-08”, подтвердил возможность использования характеристик поля собственного СВЧ-излучения СОА в области резонансного поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы в качестве непосредственных (прямых) характеристик тепловых процессов, наблюдаемых на поверхности океана⁴. В конце 1990-х гг. эти исследования были продолжены в Институте радиотехники и электроники РАН в рамках реализации совместного проекта

⁴ Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шелобанова Н.К. Яркостная температура собственного СВЧ-излучения как прямая характеристика теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы // Радиотехника и электроника, 2017. Т. 62. N 1. С. 17–25.



Буйковая станция SMKF1 наблюдательной сети NOAA для измерения температуры поверхности океана, температуры, влажности воздуха и скорости ветра в приводном слое воздуха во Флоридском проливе в Мексиканском заливе.

российского (госкорпорация “Роскосмос”) и американского (NASA) космических агентств по применению СВЧ-радиометрических измерений с помощью комплекса аппаратуры, установленной на модуле “Природа” российской орбитальной станции “Мир”, на американских спутниках F-10 – F-13 серии “DMSP” и на отечественном спутнике “Метеор-3М” № 1.

Позже полезные результаты были получены в Голубой бухте на территории Черноморского филиала Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН с помощью уникальных измерительных средств, созданных в Институте океанологии, Институте физики атмосферы РАН, Институте космических исследований РАН и в Институте радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН. С самого начала работ на сотрудничество в этом научном направлении был нацелен Центр космических полетов им. Дж. Маршалла NASA, предоставивший ИРЭ РАН архивные данные многолетних спутниковых СВЧ-радиометрических измерений (изображений) различных характеристик поверхности Земли и атмосферы с помощью амери-

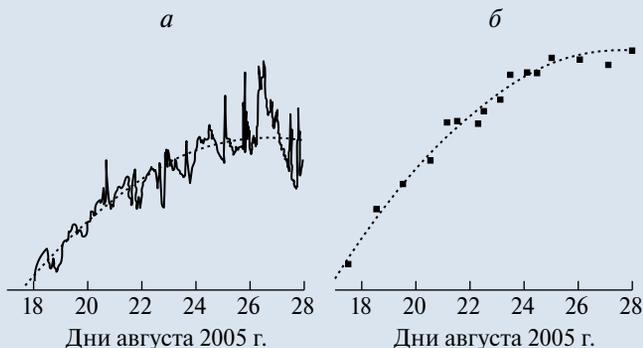
канских спутников серии “DMSP”. Благодаря обнаруженному свойству “радиовидимости” тепловых процессов, наблюдаемых на поверхности океана со спутников, область резонансного поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы находилась в центре внимания этих исследований⁵. Ниже рассмотрены некоторые примеры использования данных спутниковых измерений в этой области СВЧ-диапазона для анализа тепловых и динамических процессов на поверхности океана и в атмосфере.

ПРИБЛИЖЕНИЕ УРАГАНОВ И МОРСКИХ ШТОРМОВ

С помощью спутниковых СВЧ-радиометрических средств обнаружена тесная связь между изменчивостью радиояркостной температурой COA и метеорологическими характеристиками атмосферы в акваториях Мирового океана в период, когда они находятся в “ожидании прихода” мощных ураганов и морских штормов.

Например, в августе 2005 г. во Флоридском проливе Мексиканского залива в районе расположения буйковой станции SMKF1, входящей в состав наблюдательной сети Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA), исследовали реакцию метеорологических и аэрологических характеристик атмосферы на приближение мощного тропического циклона Катрина (Katrina): измеряли влажность воздуха в приводном слое и общего влагосодержания атмосферы; их оценку производили по данным измерений

⁵ Grankov A.G., Milshin A.A. Microwave Radiation of the Ocean-Atmosphere: Boundary Heat and Dynamic Interaction, Second Edition, Springer. 2016.



Графики нарастания приводной влажности воздуха (по данным станции SMKF1 (а) и яркостной температуры системы океан–атмосфера на длине волны 1,26 см (на основании данных, полученных с помощью радиометра AMSR-E ИСЗ “Aqua” (б) в августе 2005 г. Кривыми показан постепенный рост показателей.

радиояркостной температуры системы океан–атмосфера на длине волны 1,26 см с помощью многоканального СВЧ-радиометра AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) океанографического спутника “Aqua” (запущен 4 мая 2002 г. по программе NASA “EOS”; Earth Observing System – система наблюдения Земли; ЗиВ, 2003, № 6, с. 98).

В сентябре–октябре 2010 г. в Голубой бухте Черного моря (г. Геленджик, территория филиала Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН) в период, предшествующий появлению интенсивного шторма, проводились измерения влажности приводного воздуха и общего влагосодержания атмосферы с помощью установленных на конце пирса метеорологических датчиков и данных измерений радиометра AMSR-E спутника “Aqua”. В обоих случаях в течение 6–7 дней до начала штормовых возмущений наблюдался эффект “накачки” атмосферы энергией в виде скрытого тепла, содержащегося в водяном паре.

Замеченное явление может оказать полезным при разработке методов прогнозирования темпов и сроков приближения тропических циклонов (штормовых зон) к той или иной области океана (побережья), где их появление регулярно и ожидаемо.

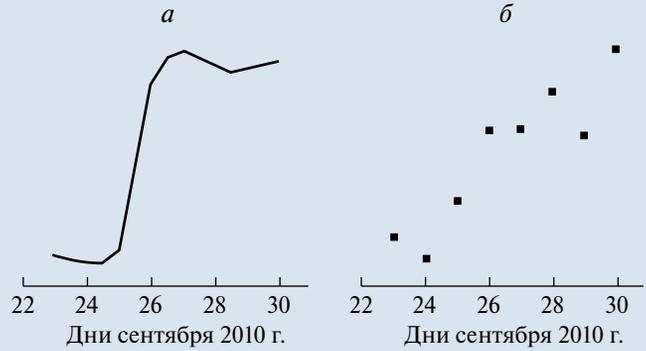


Пирс с установленным комплексом метеорологических датчиков и приемной аппаратуры в Голубой бухте Черного моря (г. Геленджик). Филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, сентябрь 2010 г.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТРОПИЧЕСКИХ УРАГАНОВ И АТМОСФЕРНЫХ ФРОНТОВ В ОКЕАНЕ

С помощью данных регулярных спутниковых измерений радиояркостной температуры системы океан–атмосфера в резонансной области поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы можно исследовать пространственную и временную динамику распространения тропических ураганов и атмосферных фронтов в океане. Результаты

Графики нарастания приводной влажности воздуха (по данным СВЧ-измерений, выполненных в сентябре 2010 г. с пирса в Голубой бухте Черного моря (а) и яркостной температуры системы поверхность моря–атмосфера (данные получены с помощью радиометра AMSR-E спутника "Aqua" (б)). Наблюдается одновременное повышение влажности приводного воздуха и радиояркостной температуры в указанных районах.



измерений с помощью радиометра AMSR-E ИСЗ “Aqua” яркостной температуры COA в этом диапазоне радиоволн иллюстрируют распространение тропического циклона Катрина от района его зарождения (Багамские острова) к южному побережью США (штат Луизиана) в период с 24 по 30 августа 2005 г. Появление урагана Катрина в той или иной области Мексиканского залива сопровождается всплесками яркостной температуры COA на длине волны 1,26 см; их природа объясняется накоплением водяного пара в атмосфере в периоды времени, предшествующие приходу урагана.

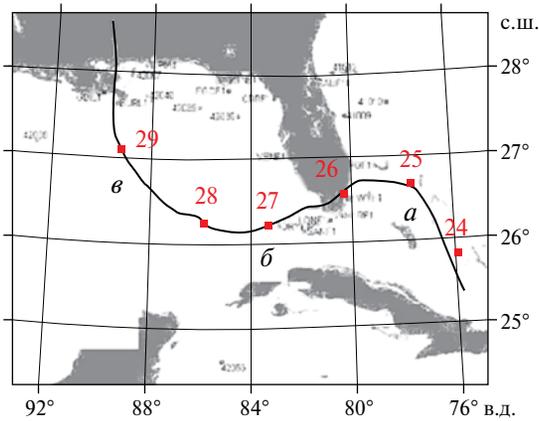
Перемещения фронтальных атмосферных зон в океане также отчетливо фиксируются по данным спутниковых СВЧ-радиометрических измерений в области поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы. По результатам этих спутниковых измерений можно судить о направлении движения атмосферных фронтов и скорости перемещения.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ЗОНАХ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

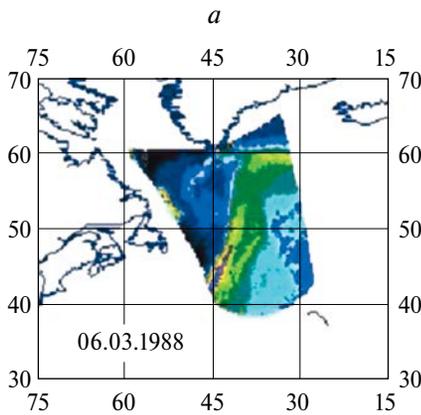
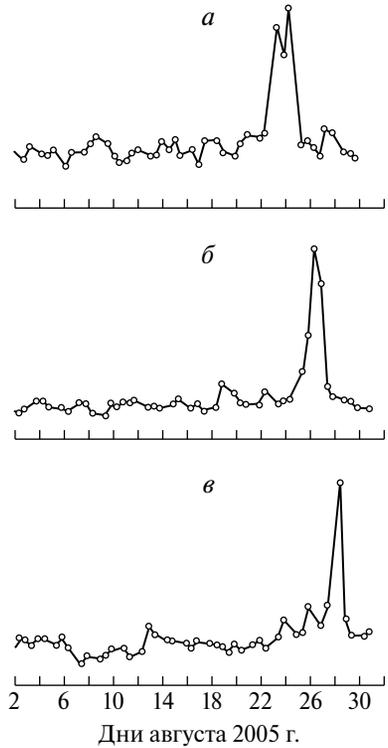
Преыдушие примеры иллюстрируют применение спутниковых СВЧ-радиометрических методов для локализа-

ции тепловых процессов на поверхности океана и в атмосфере, существующих в синоптическом диапазоне временных масштабов (5–7 суток).

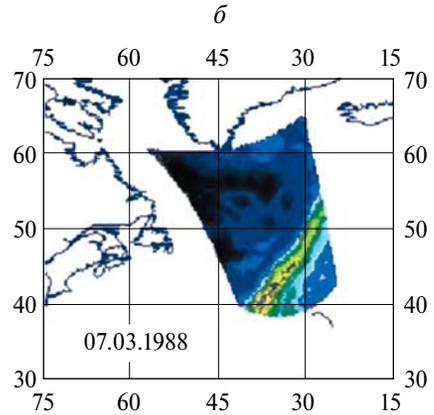
Данные долговременных спутниковых СВЧ-радиометрических измерений (на протяжении сезонов, в течение нескольких лет) в резонансной области поглощения радиоволн водяными парами атмосферы позволяют оценивать изменчивость климатически значимых параметров системы океан–атмосфера: среднемесячных потоков тепла и влаги на границе раздела системы в течение года (от месяца к месяцу) и нескольких лет (от года к году). Об этом свидетельствуют, например, результаты сопоставления среднемесячных значений потоков суммарного (явного и скрытого) тепла из архива NCEP/NCAR – National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research) с результатами измерений среднемесячных значений радиояркостной температуры COA в области резонансного поглощения радиоволн водяным паром атмосферы (на длине волны 1,35 см), выполненных в 1988–1994 гг. в Норвежско-Гренландской, Ньюфаундлендской и Гольфстримской энергоактивных зонах Северной Атлантики с помощью американских метеорологических спутников F-10 – F-13 серии “DMSP”.



Карта движения тропического урагана Катрина 24–29 августа 2005 г. (слева). Графики вариаций яркостной температуры в системе океан–атмосфера ($\lambda = 1,26$ см), измеренные с помощью радиометра AMSR-E ИСЗ “Аква” в различных точках траектории продвижения урагана от очага его возникновения – к южному побережью США: а) 26° с.ш., 78° з.д.; б) 25° с.ш., 83° з.д.; в) 27° с.ш., 89° з.д. (справа). Наблюдается перемещение всплесков яркостной температуры, совпадающее с траекторией распространения урагана.



8ч утра 7 марта

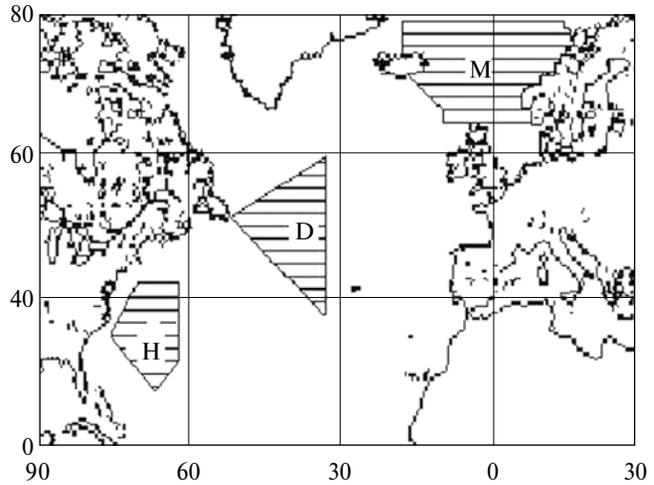


8ч утра 8 марта



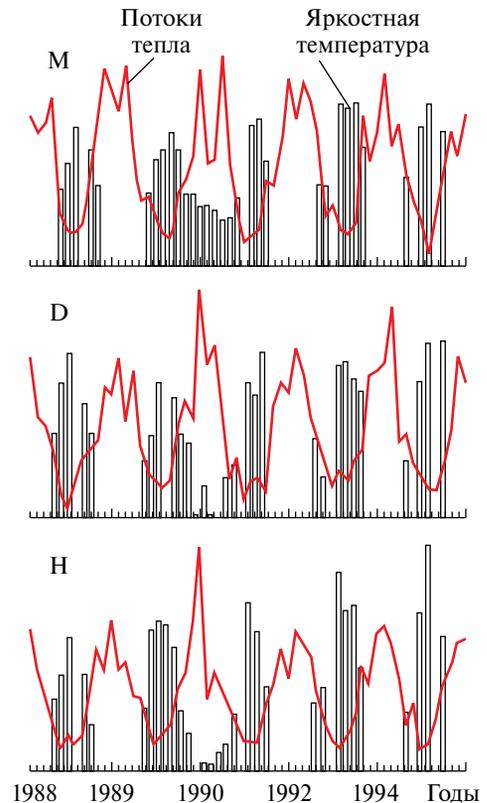
Пространственные распределения радиояркостной температуры системы океан–атмосфера ($\lambda = 1,35$ см) по данным, полученным с помощью ИСЗ “DMSP-5D2 F-08” (США) в районе субполярного гидрологического фронта в Северной Атлантике в период прохождения среднеширотного атлантического циклона в марте 1988 г., в ходе эксперимента НЬЮФАЭК-88: а) 8 ч утра 7 марта; б) 8 ч утра 8 марта. Из данных наблюдений следует, что атмосферные массы перемещались в направлении Азорских островов со скоростью примерно 30 км/ч.

Карта расположения Норвежско-Гренландской (М), Ньюфаундлендской (D) и Гольфстримской (Н) энергоактивных зон Северной Атлантики.

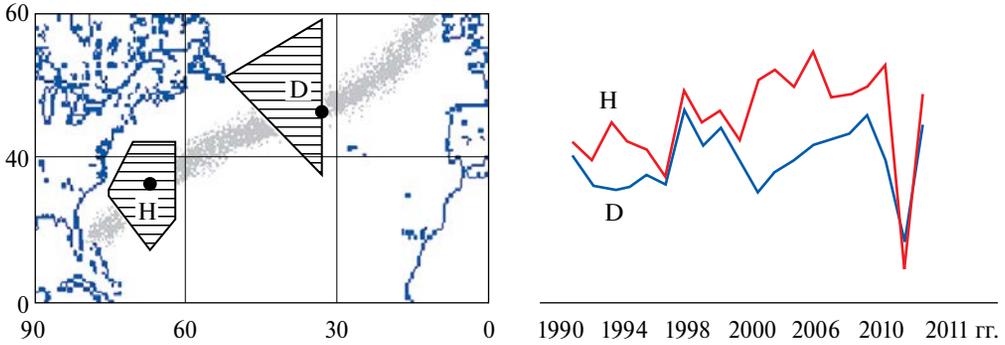


О тесной связи тепловых процессов с их СВЧ-излучательными характеристиками в этих областях Северной Атлантики на указанных временных масштабах говорят результаты их линейного регрессионного анализа – высокая корреляция между ними. Данные долговременных спутниковых СВЧ-радиометрических измерений могут служить для оценки сезонной динамики (наблюдений в течение года) теплового режима системы океан–атмосфера для обнаружения его изменений, обусловленных не только естественными, но и техногенными причинами, и их оценки. В результате случившегося в апреле 2010 года аварийного разлива нефти в нефтедобывающих районах Мексиканского залива у истоков течения Гольфстрим появился уникальный

материал для исследования аварийных ситуаций такого рода с помощью спутниковых СВЧ-радиометрических методов.



Графики вариаций среднемесячных значений тепловых потоков (архивные данные NCEP/NCAR) и данные измерений радиояркой температуры на длине волны 1,35 см. Измерения выполнены со спутников "DMSP" F-10 – F-13 в 1988–1994 гг. в Норвежско-Гренландской (М), Ньюфаундлендской (D) и Гольфстримской (H) энергоактивных областях Северной Атлантики.



Карта течения Гольфстрим и энергоактивные области (H) и (D) на его пути (слева). График динамики изменений общего содержания водяного пара в атмосфере и его особенности в 2010 г. (справа). Отмечается значительное снижение среднегодовых значений общего содержания водяного пара в атмосфере в Ньюфаундлендской (D) и Гольфстримской (H) областях после начала нефтяных разливов в мае 2010 г.

На основе данных измерений радиояростной температуры СОА на длине волны 1,26 см, полученных со спутника “Аqua”, обнаружено значительное снижение общего содержания водяного пара в атмосфере в Гольфстримской и Ньюфаундлендской энергетически активных зонах Северной Атлантики после распространения нефтяных разливов в эти зоны. Возникновение этого явления можно объяснить снижением испарения влаги с поверхности океана из-за поверхностных нефтяных пленок в области разливов и уменьшением переноса тепла в другие области, находящиеся в русле течения Гольфстрим.

Рассмотренные примеры показывают широкие возможности спутникового СВЧ-радиометрического метода анализа тепловых процессов, происходящих на поверхности океана и в атмосфере на основе данных измерений интенсивности собственного радиотеплового излучения в области резонансного поглощения радиоволн в во-

дяном паре атмосферы (в диапазоне длин волн 1–1,6 см). Действенность метода обусловлена тем обстоятельством, что атмосферный водяной пар является участником (субстанцией) в тепловом взаимодействии атмосферы с поверхностью океана и одновременно служит его надежным количественным индикатором в этой области. Собственное СВЧ-излучение атмосферного водяного пара, измеряемое со спутников Земли, дает отчетливые сигналы об изменениях, происходящих во фронтальных, штормовых и циклонических зонах в океане; они проявляются в виде всплесков радиояростной температуры системы океан–атмосфера.

Собственное СВЧ-излучение атмосферного водяного пара, измеряемое со спутников Земли, дает отчетливые сигналы об изменениях, происходящих во фронтальных, штормовых и циклонических зонах в океане

Возникает вопрос: коль скоро в полях собственного радиотеплового излучения океана и атмосферы присутствуют “отпечатки” процессов и явлений, происходящих в поверхностном слое океана и в атмосфере, – нельзя ли рассматривать их как неотъемлемое свойство (атрибут)

системы океан–атмосфера? Подобно привычному для широкого круга специалистов факту: интенсивность восходящего излучения системы океан–атмосферы в ИК-диапазоне является одной

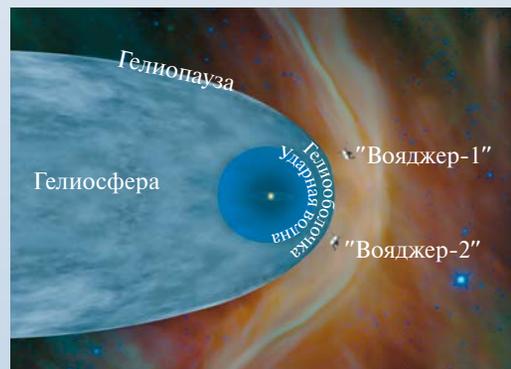
из естественных характеристик радиационного баланса системы. По мнению авторов, дальнейшие исследования позволят дать ответ на этот вопрос в ближайшее время.

Информация

“Вояджер-2” достиг межзвездного пространства

10 декабря 2018 г. АМС “Вояджер-2” окончательно вылетела за пределы Солнечной системы на расстояние 120,17 а.е. (17,97 млрд км) от Солнца и вошла в межзвездное пространство. (Напомним, что станция была запущена 20 августа 1977 г. и более 40 лет исследовала нашу планетную систему; ЗиВ, 1978, № 2; 2013, № 2, с. 108–109; 2013, № 5, с. 20). Она вышла за пределы гелиосферы в январе 2017 г. – на расстояние 114,06 а.е. (16,9 млрд км) от Солнца – но вопрос о том,

Схема гелиосферы Солнечной системы и места расположения АМС “Вояджер-1” и “Вояджер-2”. 12 сентября 2013 г. и 10 декабря 2018 г. они окончательно вылетели за пределы Солнечной системы и вошли в межзвездное пространство. Рисунок NASA.



находится ли аппарат в межзвездном пространстве, оставался дискуссионным. С тех пор интенсивность солнечного излучения с энергией 1,9–2,7 МэВ уменьшилась в 300–500 раз. Скорость движения станции составляет 3,3 а.е. (493,68 млн км) в год. Теперь “Вояджер-2” присоединилась к своей предшественнице АМС “Вояджер-1”, которая 12 сентября 2013 г. покинула пределы гелиосферы.

Ученые наблюдают за полетом “Вояджера-2” с конца августа 2018 г., когда данные, переданные станцией, свидетельствовали о том, что он приблизился к области гелиопаузы – пузыря, образованного солнечным ветром и состоящего из заряженных частиц, истекающих от Солнца. По размерам границы гелиопаузы определяют, где начинается межзвездное пространство.

Пресс-релиз NASA/JPL,
11 декабря 2018 г.

АКАДЕМИК О.Г. ГАЗЕНКО – ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ В ОБЛАСТИ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

DOI: 10.7868/50044394819010055

12 декабря 2018 г. отмечается 100-летие со дня рождения выдающегося ученого – академика Олега Георгиевича Газенко (1918–2007), генерал-лейтенанта медицинской службы, удостоенного орденами Ленина, Октябрьской Революции и “За заслуги перед Отечеством”, лауреата множества самых престижных отечественных и международных премий (включая Госпремию СССР, Правительства России, Демидовскую и “Триумф”), внесшего основополагающий вклад в становление и развитие космической биологии, физиологии и медицины и во многом способствовавшего развитию отечественной пилотируемой космонавтики.

В профессиональной деятельности О.Г. Газенко успешно сочетались знания и практика врача, биолога и физиолога, это позволяло ему успешно решать сложные задачи, связанные с освоением человеком космоса. Выдающиеся научные труды Олега Георгиевича, его патриотизм и активная гражданская позиция в общественной и академической деятельности наряду с выдающимися организаторскими способностями снискали ему высокий авторитет в нашей стране и за рубежом. Ученый оставил обширное научное наследие, которое успешно развивается в наше время учениками и представителями созданной им научной школы “Космическая физиология и медицина”.



*Академик О.Г. Газенко, генерал-лейтенант
медицинской службы.*

Значительное влияние на формирование личности ученого, родившегося 12 декабря 1918 г. в селе Николаевка (ныне Ставропольский край), на развитие его интереса к науке оказывал отец Георгий Григорьевич – врач-биохимик, участник XV Международного физиологического конгресса 1935 г. в Москве, один из сотрудников-вете-

ранов Института авиационной медицины. В своем юношеском дневнике 17-летний Олег писал: “То, что я не получил в книгах, я с лихвой пополнял из бесед с отцом”. Будучи инструктором по альпинизму, отец увлекал юного сына в походы в горы, и в 8 лет тот совершил свое первое восхождение на гору Бештау. Олег Георгиевич вспоминал: “Сложные походы, в которые я отправлялся с детских лет, несомненно, выработали какую-то выносливость, привычку к тяготам. Я привык нести тяжелый рюкзак”.

В школьные годы у Олега проявились способности к рисованию, но больше всего его привлекали занятия в кружке юных биологов при Московском зоопарке, там он занимался энтомологией и орнитологией. Уже тогда его заинтересовала проблема происхождения жизни. Олег написал в своем юношеском дневнике: “Что такое жизнь? Могла ли она зародиться на Земле? Или она занесена извне? Можно ли путем синтеза органических вещей создать жизнь? Все это весьма



Путешествие в горах Кавказа. 1930-е гг.



Олег Газенко. 1941 г.

интересно и требует своего разрешения. Говоря откровенно, моя мечта – создать жизнь!”. В качестве будущей профессии он выбрал профессию врача, поступив в 1936 г. во 2-й Московский медицинский институт, который окончил с отличием в июне 1941 г.

24 июня 1941 г. в звании военврача 3-го ранга (капитан медицинской службы) вместе со всем выпуском военного факультета Института Олег Георгиевич выехал на фронт. Во время войны он служил начальником войсковых лазаретов батальонов аэродромного обслуживания. В военные годы им были выполнены труды по вопросам лечения ожогов и эпидемического гепатита. Его самоотверженная работа военного врача была отмечена боевыми наградами – орденом Отечественной войны, тремя орденами Красной Звезды, двумя медалями “За боевые заслуги”, медалями “За победу над Германией” и “За взятие Берлина”.

В 1945 г. О.Г. Газенко получил уведомление о возможности пройти двухлетние курсы повышения квалификации при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, и он воспользовался этой возможностью. В 1946–1947 гг. уже как опытный врач он проходил стажировку на кафедре физиологии Военно-медицинской академии в Ленинграде. Здесь под руководством академика Л.А. Орбели и профессора М.П. Бресткина ученый выполнил исследование влияния гипоксии на функции центральной нервной системы – это была его первая экспериментальная работа (“Материалы по адаптации коры головного мозга собак к пониженному барометрическому давлению”). Он провел масштабную работу “Изменения высотной устойчивости при барокамерной тренировке”, в ходе которой были изучены механизмы реакций организма на кислородное голодание, а также участвовал в исследованиях влияния взрывной декомпрессии и ударных перегрузок. Олег Георгиевич посещал лекции Л.А. Орбели и его сотрудников. В целом работа в Военно-медицинской академии стала для него отличной школой: здесь проходило его успешное формирование как ученого-физиолога. Впоследствии он вспоминал: “Два года работы на кафедре оставили заметный след в моей жизни. После этого я несколько раз встречался с Леоном Абгаровичем на съездах физиологического общества, общался и сотрудничал с его ближайшими соратниками... Все это позволяло испытывать ощущение контакта с миром идей, да и с личностью этого выдающегося человека и ученого. Я надеюсь, что могу причислить себя к его физиологической школе”.

В 1947 г. О.Г. Газенко перешел в Научно-исследовательский испытательный институт авиационной медицины, в котором он прослужил 22 года, пройдя



Военный врач О.Г. Газенко. 1940-е гг.

большой путь: от научного сотрудника до заместителя начальника Института по научной работе.

В 1950-е гг. в связи с интенсивным освоением Заполярья и аридных зон Средней Азии возникла необходимость изучения медицинских, физиологических и гигиенических аспектов труда летного состава в неблагоприятных климатических условиях. В 1948–1950 гг. Олег Георгиевич руководил научно-исследовательской группой, которая изучала медицинские, физиологические и гигиенические особенности военного труда летного состава в трех высокоширотных экспедициях ВВС, на дрейфующих станциях, полярных островах и на побережье Северного Ледовитого океана. В 1952–1953 гг. им были изучены возможности несения боевых дежурств летного состава в условиях жаркого климата пустынь. Анализ полученного обширного материала позволил ученому получить важные практические рекомендации по выживанию человека и поддержанию его работоспособности в суровых климатических условиях.

В 1955 г. начался новый этап деятельности О.Г. Газенко. Он активно участвует в уникальных медико-биологических исследованиях, проводимых на геофизических ракетах, на втором ИСЗ, а также на возвращаемых кораблях-спутниках (1955–1961 гг.). В этих полетах оценивалось состояние различных биологических объектов – собак, грызунов, мух-дрозофил, семян растений, микроорганизмов и др. (ЗиВ, 1997, № 6). Олег Георгиевич стал одним из идеологов, руководителей и исполнителей этих работ, главной целью которых было выяснить, с медицинской точки зрения, принципиальную возможность полета человека в космос.

Основным объектом космических экспериментов служили собаки. Особое место при этом занимали физиологические исследования, активно поддерживаемые выдающимися физиологами страны – Л.А. Орбели, В.Н. Черниговским и В.В. Париным. В 1957 г. О.Г. Газенко готовил для полета в космос собаку Лайку; в 1960 г. участвовал в проведении полета собак Белки и Стрелки на втором корабле-спутнике. Об этих экспериментах он рассказал в книге “Животные в космосе” (1960). Интересно, что после полета в 1960 г. собак на геофизической ракете он взял себе одну из них – Жульку, прожившую у него дома почти 14 лет. На основании результатов многочисленных исследований было сделано важное заключение о возможности полета человека в космос. Это послужило основани-

ем для осуществления полетов первых космонавтов, О.Г. Газенко активно участвовал в подготовке исторического полета в космос Ю.А. Гагарина.

В 1961–1968 гг. Олег Георгиевич опубликовал более 40 работ, посвященных анализу результатов медико-биологических исследований, оценке медицинских и физиологических результатов пилотируемых космических полетов, а также разработке теоретических аспектов космической биологии и физиологии. В его совместной статье с академиком Н.М. Сисакианом и доктором биологических наук А.М. Гениным “Проблемы космической биологии” (1962) были определены перспективные направления биологических исследований для оценки влияния невесомости на различные системы организма человека, на его клеточные и субклеточные структуры; рассмотрены вопросы защиты космонавтов от космической радиации. Не утрачен в наше время интерес к книге “Жизнь и космос” (1961), подготовленной О.Г. Газенко и В.Б. Малкиным под псевдонимами О. Горлов и В. Борисов. В ней подведены итоги проведенных к тому



О.Г. Газенко – участник пресс-конференции 21 августа 1960 г. – демонстрирует собак Белку и Стрелку после их успешного полета в космос.

времени экспериментов, рассмотрены основные проблемы космической биологии, физиологии и медицины, предложены прогнозы их развития. В предисловии к книге академик В.В. Парин высоко оценил выполненные в нашей стране исследования, считая, что они заложили основы новой области естествознания – космической биологии и медицины.

В 1969 г. Олег Георгиевич был назначен директором Института медико-биологических проблем Минздрава СССР (ИМБП РАН; ЗиВ, 1996, № 6), он возглавлял его вплоть до 1988 г. В этот период получили дальнейшее развитие присущие ему качества крупного ученого и талантливого организатора науки. Под его руководством ИМБП вошел в число мировых лидеров в области космических наук о жизни.

В своей научной деятельности Олег Георгиевич не ограничивался какой-либо узкой областью исследований: его интересовал широкий спектр основных проблем космической био-

логии и физиологии. Наибольшее внимание он уделял изучению в космических полетах изменений, происходящих в организме космонавтов: в нейро-сенсорной системе, вестибулярном аппарате и сердечно-сосудистой системе, в водно-солевом гомеостазе, в скелетных мышцах и костной ткани.

В 1961 г. О.Г. Газенко выдвинул гипотезу о том, что при нарушении в невесомости функции отолитового аппарата, расположенном во внутреннем ухе, важную роль в пространственной ориентации и координации движений космонавта будет играть зрение. Эта гипотеза получила подтверждение в последующих исследованиях структуры и функции вестибулярного аппарата в условиях невесомости, выполненных им совместно с профессором Я.И. Винниковым.

Исследования сердечно-сосудистой системы в пилотируемых полетах, начатые Олегом Георгиевичем совместно с академиком В.В. Париным, “заложили” основы космической кардиологии. О.Г. Газенко внес значительный вклад

О.Г. Газенко (первый слева) – участник пресс-конференции 14 апреля 1961 г., посвященной подведению итогов полета Ю.А. Гагарина на КК “Восток” (в центре). Справа (сидит) главный маршал авиации К.А. Вершинин.



в разработку вопросов функционирования сердечной деятельности, центрального и мозгового кровообращения, микроциркуляции в условиях космоса.

Систематические исследования водно-солевого гомеостаза были обобщены Олегом Георгиевичем (совместно с А.И. Григорьевым и Ю.В. Наточиным) в монографии “Водно-солевой гомеостаз и космический полет” (1986). В работе представлены результаты исследований, выполненных в космических полетах и при моделировании невесомости: выявлены закономерности регуляции водно-солевого обмена и состояния костной ткани при измененной гравитации.

Ученый уделял постоянное внимание проблемам обитаемости и оптимизации среды в космических объектах и был сторонником создания биологических систем жизнеобеспечения перспективных орбитальных станций. Он придавал большое значение психологическим проблемам в условиях замкнутого пространства и длительных полетов. Учитывая их важность, выступал за научный подход к планированию режима труда и отдыха космонавтов, оптимизации их профессиональной деятельности, к психологическому отбору и подготовке космонавтов; содействовал созданию системы психологической поддержки.

О.Г. Газенко глубоко интересовался вопросами влияния на организм человека космической радиации и способствовал созданию в ИМБП Службы радиационной безопасности, главными задачами которой стали радиационный мониторинг и разработка средств защиты от воздействия радиации. Под его руководством в Институте развернулись фундаментальные и прикладные исследования по решению широкого круга проблем в области космической биологии и медицины. Необходимо было выяснить закономерности и механизмы реакций организма человека и его



Академики О.Г. Газенко и В.В. Парин – соратники и коллеги. 1965 г.

основных систем на воздействие невесомости и других факторов космоса и совершенствовать на этой основе систему медицинского обеспечения.

Олегу Георгиевичу и его коллегам принадлежит огромная заслуга в разработке и внедрении эффективной системы медицинского обеспечения длительных космических полетов; ее главной задачей является система профилактики негативного воздействия невесомости. В результате разносторонних исследований и испытаний в наземных модельных экспериментах была разработана эффективная система профилактики здоровья космонавтов в условиях воздействия длительной невесомости. В 1978 г. эта работа была удостоена Государственной премии. Ее с успехом применили в 1975 г. в двухмесячном полете космонавты П.И. Климук и В.И. Севастьянов на станции “Салют-4”, тем самым открыв дорогу для осуществления длительных пилотируемых полетов (ЗиВ, 1976, № 1). Система профилактики постоянно совершенствовалась для все более продолжительных полетов, включая рекордный 438-суточный полет на станции “Мир”, в ходе которого была выполнена обширная программа научных исследований с участием врача-космонавта В.В. Полякова (ЗиВ, 1995, № 5, с. 33–34).

Разработанные методы и средства профилактики влияния невесомости на организм космонавта послужили основой при создании системы медицинского обеспечения длительных экспедиций экипажей на российском орбитальном комплексе “Мир” и Международной космической станции.

О.Г. Газенко проявлял глубокий интерес к биологическим исследованиям в космосе, считая их необходимыми для выяснения механизмов функционирования физиологических систем организма животных и состояния основополагающих процессов их жизнедеятельности в условиях космических полетов. По его инициативе и под его руководством была разработана и, начиная с 1973 по 1997 г., реализована на 11-ти биоспутниках серии “Космос” программа “Бион” (ЗиВ, 1988, № 2). Осуществление программы помогло внести значительный вклад в развитие космической биологии и физиологии, послужила основанием для формирования новой научной дисциплины – гравитационной физиологии. К экспериментам по программе “Бион” Олег Георгиевич привлекал ученых из лучших лабораторий нашей страны и зарубежных стран – Болгарии, Венгрии, Германии, Канады, Китая, Нидерландов, Польши, США, Чехословакии и Франции. Объектами для

исследований служили представители различного эволюционного уровня: микроорганизмы, растения, насекомые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся и млекопитающие (грызуны, обезьяны). Значительным достижением в космической нейрофизиологии стали результаты изучения двигательного аппарата и нервосенсорной системы обезьян в полетах на 4-х биоспутниках. В уникальном эксперименте на биоспутнике “Космос-936” в 1977 г. было установлено, что искусственная сила тяжести может рассматриваться как перспективное средство для поддержания в оптимальном состоянии организма и его отдельных систем в космических полетах. За выдающиеся научные достижения при проведении исследований на биологических спутниках О.Г. Газенко с сотрудниками в 1993 г. был удостоен премии Правительства Российской Федерации.

В 1976 Олег Георгиевич был избран действительным членом АН СССР, а с 1991 г. – членом Российской академии наук. Высокий научный авторитет Олега Георгиевича, его организаторские способности и замечательные человеческие качества снискали ему глубокое уважение в Академии наук. В 1983 г. он был избран президентом Физиологического общества им. И.П. Павлова и возглавлял его до 2004 года. На этом посту он приложил много усилий для сохранения атмосферы творческой активности в физиологических институтах страны и укрепления научных связей с зарубеж-



Врач-космонавт В.В. Поляков и специалист по программе полета КК “Дискавери” (STS-60) С.К. Крикалёв на борту российского орбитального комплекса “Мир”. Февраль 1994 г.

Академики Б.А. Лапин и О.Г. Газенко обсуждают результаты экспериментов с обезьянами Верный и Гордый, выполненных в полете на биоспутнике "Космос-1667". 1985 г.



ными физиологическими обществами.

Олег Георгиевич являлся одним из инициаторов создания Союза физиологических обществ стран СНГ и был одним из организаторов и председателем на его первом съезде, в 2005 году, на котором были восстановлены научные связи физиологов стран бывшего СССР.

О.Г. Газенко уделял большое внимание сотрудничеству ученых в выполнении программ биомедицинских исследований в космосе. В экспериментах на орбитальных станциях "Салют" и "Мир" и при выполнении программы "Бион" вместе с сотрудниками ИМБП участвовали ученые из академических институтов и МГУ. Он был сторонником участия в совместных исследованиях зарубежных специалистов, считая, что международное сотрудничество является неременным условием для решения проблем освоения человечеством околоземного космического пространства и планет. Благодаря его усилиям была создана эффективная международная кооперация в области космической биологии и медицины с участием стран Европы, Китая и США. Значительное внимание О.Г. Газенко уделял сотрудничеству с NASA. В 1971 г. была создана совместная российско-американская рабочая группа по космической биологии и медицине. В течение многих лет ученый был ее сопредседателем от советской стороны. Рабочая груп-

па успешно продолжает свою деятельность в настоящее время и вносит значительный вклад в фундаментальные исследования и медицинское обеспечение экипажей Международной космической станции.

Олег Георгиевич стоял у истоков создания нового научного направления – гравитационной физиологии. В 1979 г. он совместно со специалистами США Н. Пейсом, А. Смитом и шведским ученым Х. Бьюрстедтом инициировал создание Международного общества по гравитационной физиологии, под эгидой которого регулярно проводятся симпозиумы и издается журнал "Journal of Gravitational Physiology".

О.Г. Газенко достойно представлял нашу страну в международных организациях. Будучи членом Международной академии астронавтики он активно участвовал в подготовке ряда симпозиумов "Человек в космосе". Он возглавлял комитет "Биоастронавтика" в Международной астронавтической федерации, был членом Совета директоров Международного фонда им. Г. Галилея. Олег Георгиевич избирался членом ряда престижных зарубежных организаций, являлся лауреатом многих международных премий.



Выступление О.Г. Газенко на XV Съезде физиологического общества им. И.П. Павлова. 1987. Кишинев.

Научные статьи О.Г. Газенко по актуальным проблемам космической биологии и медицины опубликованы в отечественных и зарубежных журналах (ЗиВ, 1983, № 5; 1988, № 5), а также в сборниках. Вышли в свет его монографии: “Жизнь и космос”, 1961 г. (в соавторстве с В.Б. Малкиным); “Космическая кардиология”, 1967 г. (в соавторстве с В.В. Париным, Р.М. Баевским и Ю.Н. Волковым); “Человечество и космос”, 1987 г. (в соавторстве с И.Д. Пестовым и В.И. Макаровым).

О.Г. Газенко глубоко интересовался историей физиологии, аэронавтики и космонавтики и оставил интересные публикации, посвященные развитию воззрений на космос, пионерам космических исследований и выдающимся отечественным ученым – Л.А. Орбели, А.Л. Чижевскому, В.Н. Тимофееву-Ресовскому. Он уделял большое внимание популяризации космических исследований, выступал с лекциями, давал многочисленные интервью. В 1961 г. О.Г. Газенко вошел в состав редколлегии журнала “Наука и жизнь”, стал его постоянным автором и во многом определял облик этого журнала.

В рабочем кабинете в НИИИ
авиакосмической медицины. 1960-е годы.

Совместно с В.Ю. Шаровым Олег Георгиевич подготовил книгу “Притяжение космоса” (опубликована в 2011 г.) о путешествиях за пределы Земли в фантазиях человечества. Это произведение является уникальной энциклопедией текстов по космической фантастике, охватывающей период начиная с 2,5 тыс. лет до н.э. и по 1961 г. О.Г. Газенко высоко ценил роль фантазии в прогрессе науки и любил ссылаться на известное высказывание К.Э. Циолковского: “Сначала неизбежно идут мысль, фантазия, сказки. За ними следует научный расчет, и уже, в конце концов, исполнение венчает мысль”.

Олега Георгиевича отличали глубокие знания истории космонавтики и космической медицины; он придавал большое значение современному и будущим космическим исследованиям для развития человечества. В 1997 г. в докладе на Международном симпозиуме, посвященном 90-летию





Академик О.Г. Газенко. 2001 г.

академика Н.М. Сисакяна, он отмечал: “Космические исследования изменили определенным образом психологию людей..., которые поняли, что на маленькой и красивой планете очень хрупок мир, хрупок экологический баланс, хрупок защищающий нас озоновый слой, хрупки легкие нашей планеты – лесные массивы и чистота океана... Есть основания считать, что дальнейшее изучение и освоение космического пространства, может быть, один из важнейших путей выживания и устойчивого развития цивилизации”.

Параллельно с научной деятельностью О.Г. Газенко активно участвовал в редакторской работе. Начиная с первого выхода в свет академической серии “Проблемы космической биологии” он выполнял функции заместителя главного редактора этого издания. Он был главным редактором журнала “Успехи физиологических наук” (1992–

FOUNDATIONS OF SPACE BIOLOGY AND MEDICINE

Joint USA/USSR Publication
in Three Volumes

General Editors

MELVIN CALVIN (USA) and OLEG G. GAZENKO (USSR)

Volume I

SPACE AS A HABITAT



Scientific and Technical Information Office
NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION
Washington, D.C. 1975

Обложка фундаментального труда ученых СССР и США “Проблемы космической биологии и медицины”, 1-й том. 1975 г. Ответственный редактор О.Г. Газенко.

2007 гг.) и журнала “Космическая биология и медицина” (1968–1988 гг.), ответственным редактором серии из 10-ти выпусков “Научные результаты космических исследований”. По его инициативе и при его активном участии в качестве соредатора, были подготовлены совместно со специалистами США два фундаментальных издания: “Проблемы космической биологии и медицины” в 3-х томах (1975) и “Космическая биология и медицина” (1993–2004). В них представлены важнейшие результаты медико-биологических исследований, осуществленных в пилотируемых полетах, на биологических спутниках и в наземных модельных экспериментах.



Мемориальная доска, установленная на фасаде Института медико-биологических проблем РАН.

В 1988 г. академик О.Г. Газенко покинул пост директора ИМБП, но при этом остался работать в Институте в качестве советника директора и председателя Ученого совета по защите докторских диссертаций. Его рекомендации по оптимизации деятельности института отличались продуманностью и взвешенностью. Олег Георгиевич проявлял значительный интерес к проблеме медико-биологического обеспечения межпланетных миссий и к подготовке в ИМБП эксперимента по моделированию марсианской экспедиции.

Руководствуясь клятвой Гиппократата и принципами гуманизма, О.Г. Газенко придавал большое значение обеспечению здоровья людей при проведении испытаний и в космических полетах. По его инициативе в ИМБП в 1993 г. была создана Комиссия по биомедицинской этике. Одновременно Олег Георгиевич продолжал уделять много внимания работе в Физиологическом обществе, редакторской деятельности и активно участвовал в работе Отделений биологии и физиологии. Он был заместителем академика-секретаря Отделения физиологии академика Ю.В. Наточина, который с благодарностью и особой теплотой отзывался о совместной работе с Олегом Георгиевичем. К числу его значительных достижений относится его деятельность

по программе “Фундаментальные науки – медицине” Президиума РАН, созданной в 2002 г.: он был председателем Научного совета программы. В ней сотрудничали ученые из

9-ти Отделений РАН. По итогам выполнения программы ежегодно проводились научные конференции и публиковались сборники.

Яркая плеяда талантливых ученых появилась в начальный период освоения космоса. Среди них почетное место принадлежит академику О.Г. Газенко – одному из признанных мировых лидеров космической биологии и медицины. Важными условиями успешной деятельности ученого стали его ориентация на высокий потенциал Академии наук и создание широкой научной кооперации (в том числе международной) для решения комплекса проблем в космической биологии и медицины, в пилотируемой космонавтике. Олега Георгиевича отличали чувство долга, четкость и обязательность, огромная работоспособность, незаурядный глубокий ум, покоряющее обаяние, верность друзьям, забота о близких и сотрудниках.

Светлый образ академика Олега Георгиевича Газенко будет служить примером для исследователей, постигающих условия жизни человека во враждебной для него среде – в космосе.

*А.И. ГРИГОРЬЕВ,
академик РАН*

*А.Н. ПОТАПОВ,
кандидат биологических наук
Институт медико-биологических
проблем РАН*

АЛЛА ГЕНРИХОВНА МАСЕВИЧ – ВЫДАЮЩАЯСЯ ЖЕНЩИНА-АСТРОНОМ

DOI: 10.7868/50044394819010067

9 октября 2018 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Аллы Генриховны Масевич – доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, лауреата Государственной и международной Галаберовской премий, члена Международной астронавтической федерации и Международной академии астронавтики, президента Комиссии 35 “Внутреннее строение звезд Международного астрономического союза”, иностранного члена Королевского астрономического общества Великобритании, Индийской Национальной Академии наук и Австрийской Академии наук, председателя Комиссии Академии наук социалистических стран “Физика и эволюция звезд”, Почетного гражданина нескольких зарубежных городов (ЗиВ, 1998, № 5; 2008, № 5).

Женщин в астрономии всегда было много – умные, талантливые, строго одетые и скромные. А.Г. Масевич ворвалась в астрономическую среду не только благодаря своей эрудиции и энергии, но и удивительно яркому образу: красивая, элегантно одетая и свободно говорящая на трех европейских языках (в то время большинство советских астрономов иностранными языками не владели). На международных мероприятиях она сразу же обратила на себя внимание зарубежных коллег (которые считали за честь быть с нею лично знакомыми), и завоевала авторитет, послуживший в течение многих лет отечественной науке.

Встреча с Аллой Генриховной была самым значительным событием, опре-



Профессор А.Г. Масевич.

делившим всю мою жизнь. Первый раз я увидела ее в лучах софитов на кафедре конференц-зала ГАИШ МГУ при огромном стечении слушателей и прессы – ее снимали для показа по телевидению и в кино. Я – тогда студентка астрономического отделения механико-математического факультета МГУ – потом посещала ее лекции, училась под ее руководством в аспирантуре. После защиты диссертации, выполняя в течение 8 лет обязанности ученого секретаря Астрономического совета АН СССР и деля все эти годы с ней одну комнату, я всегда поражалась ее трудоспособности и организаторскому таланту. Потом, в течение 20 лет, я постоянно помогала ей в международной деятельности, исполняя обязанности ее заместителя в Ко-

миссии “Физика и эволюция звезд” или Ученого секретаря в процессе двустороннего сотрудничества с Францией, Индией и Финляндией. Алла Генриховна была талантливым учителем молодых ученых, вырастила и воспитала целое поколение известных специалистов из республик Советского союза, дружественных тогда социалистических стран, а также аспирантов и начинающих свою деятельность сотрудников из Франции, Финляндии и Индии. Всех их, как детей, она окружала заботой: двери ее маленькой квартиры в высотном доме всегда были открыты для нас. Мы вместе отмечали праздники, в которых принимали участие видные советские и иностранные ученые. А.Г. Масевич запомнилась нам как очень волевой, целеустремленный и всесторонне образованный культурный человек. Она много читала на различных языках, ходила в театры (хорошо разбираясь в драматургии и опере), была лично знакома со многими деятелями культуры, очень любила инструментальную музыку (концерты ансамбля “Вивальди” иногда проходили по ее приглашению в конференц-зале нашего института). Ее маленькую, уютную квартиру с большим балконом и растущими на нем деревьями в высотном доме на площади Восстания знали и многие известные иностранные астрономы. (В то время мало кто мог пригласить к себе иностранцев – требовалось согласование.) По этим приемам (может быть, и не единственным), но уж наверняка самым изысканным и гостеприимным, составлялось мнение о жизни и нравах советских людей. Я думаю, именно ей мы обязаны многими совместными исследованиями в астрофизике.

А.Г. Масевич родилась 9 октября 1918 г. в г. Тбилиси в семье служащего. Ее отец – известный в этом городе юрист – происходил из польского дворянского рода, а мать – дочь грузинского дворянина; они воспитывали двух



Во время учебы в аспирантуре. 1940-е гг.

дочерей – старшую Аллу и Маргариту. Семья жила в достатке, в двухэтажном доме с садом. Досугом девочек занималась няня, а воспитанием – гувернантка-француженка; они изучали французский язык и посещали уроки танцев. В Тбилиси у семьи было много родственников – армяне, русские, швейцарцы, поляки; члены большой интернациональной семьи часто встречались, вместе проводили праздники.

В 1923 г. Генриха Цезаревича арестовали за “буржуазное происхождение”, дом и имущество конфисковали; но не найдя оснований для наказания, отпустили на свободу. Семья переехала в немецкую колонию Еленендорф, недалеко от Гянджа (Азербайджан), где отец устроился главным юрисконсультантом. Девочек отдали в немецкую школу, в которой преподавание всех предметов велось на немецком языке; в 1936 г. Алла окончила ее с золотой медалью. Хорошее знание французского, свободное владение немецким и английским языками, полученными

в школе, а также умение танцевать и хорошие манеры, позволяющие свободно держаться в любом обществе, сыграли важную роль в ее будущей карьере. Увлечшись еще в школьные годы физикой, она уехала в Москву и поступила в Государственный индустриально-педагогический институт им. К. Либкнехта (ныне Московский педагогический госуниверситет).

После окончания института в 1941 г. Алла Генриховна поступила в аспирантуру ГАИШ МГУ, ее научным руководителем назначили профессора А.Б. Северного. Тема кандидатской диссертации А.Г. Масевич – “Строение и источники энергии звезд – красных гигантов”, причем все сложнейшие астрономические расчеты моделей звезд ею выполнены с помощью примитивного арифмометра “Феликс”.

Осенью 1941 г. она познакомилась со старшим научным сотрудником Всесоюзного научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ), известным металловедом Иосифом Наумовичем Фридляндером (впоследствии академиком АН СССР), за которого вскоре вышла замуж и они вместе отправилась в эвакуацию в г. Куйбышев (ныне Самара), куда перевели ВИАМ. Осенью 1943 г. супруги возвратились в Москву, и А.Г. Масевич продолжила занятия в аспирантуре. В 1946 г., успешно защитив кандидатскую диссертацию, она осталась работать в ГАИШ – вначале в качестве ученого секретаря, а впоследствии – старшего научного сотрудника. 30 ноября 1953 г. у них родилась дочь Наташа.

Во время работы и учебы в аспирантуре сформировались научные интересы Аллы Генриховны: ею, совместно с чле-

ном-корреспондентом АН СССР П.П. Паренаго (ЗиВ, 1976, № 5), выполнен детальный анализ зависимостей масс-светимость и масса-радиус звезд для всех последовательностей на диаграмме Герцшпрунга-Рессела, и результаты интерпретированы как свидетельство различий в структуре и происхождении этих звезд последовательностей. Была развита теория эволюции звезд “с полным перемешиванием” вдоль Главной последовательности. Алла Генриховна (впервые в мировой астрономии в 1949 г.) произвела расчеты внутреннего строения и эволюции звезд в различных предположениях относительно начальных масс, химического состава, закона непрозрачности и потери массы. Она исследовала эволюцию звездных скоплений, ассоциаций, массивных одиночных звезд на поздних стадиях и варианты эволюции двойных систем.

В 1959 г. А.Г. Масевич защитила докторскую диссертацию на тему “Эволюция звезд Главной последовательности”.

В 1952 г. Аллу Генриховну назначили заместителем председателя Астро-



С мужем И.Н. Фридляндером на вечере (в рамках проведения Генеральной Ассамблеи МАС). Москва. 1958 г.



А.Г. Масевич с дочкой Наташей. 1964 г.

номического совета АН СССР (Астросовет); она занимала этот пост всю последующую жизнь, посвятив себя созданию (это – единственный случай!) из обычного координационного совета, при сохранении его функций, в полноценный научно-исследовательский институт с филиалами и сетью станций во многих странах мира.

Запуск 4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли (ИСЗ), ознаменовавшего начало космической эры, предопределил развитие космонавтики. Это событие повлияло и на судьбу Астросовета. В период подготовки к запуску спутника Президент Ака-

демии наук СССР академик М.В. Келдыш поручил А.Г. Масевич, которую он лично хорошо знал, организовать систему оптических наблюдений ИСЗ на территории СССР и зарубежных стран (ЗиВ, 1965, № 1). У нее открылось “второе дыхание” – новая проблема и методика исследований – сопровождавшаяся все той же кипучей энергией и удивительным организационным талантом. В результате была создана сеть из 70 станций оптических наблюдений ИСЗ в СССР и за рубежом (в том числе построены наиболее хорошо оснащенные наблюдательные базы Астросовета под Звенигородом и в Симеизе; ЗиВ, 2006, № 5; 2016, № 6). Об этом и о дальнейших работах в области наблюдений спутников Алла Генриховна более подробно пишет в своих воспоминаниях “Звезды и спутники в моей жизни” (2007).

Вместо трех маленьких комнат в здании Института физики Земли АН СССР (ЗиВ, 2018, № 5), которые тогда занимал Астросовет, появилось довольно большое помещение в цокольном этаже дома № 61 по Ленинскому проспекту: две комнаты предназначались для вновь зачисленных сотрудников только что созданного отдела наблюдения искусственных спутников Земли, а третья (большая) для размещения библиотеки, которую в это время перевозили из Круглого зала старого здания ГАИШ МГУ – Астро-

совета, которую в это время перевозили из Круглого зала старого здания ГАИШ МГУ – Астро-



Председатель Астросовета АН СССР академик А.А. Михайлов и заместитель председателя Астросовета доктор физико-математических наук А.Г. Масевич. 15 ноября 1964 г.

номической обсерватории на Красной Пресне.

Астрономический совет становится ведущим научным учреждением в стране в области разработки технологии и методов спутниковой геодезии. Совместно с Геодезической службой Министерства обороны СССР разворачиваются работы по созданию глобальной международной сети станций наблюдений ИСЗ. Эти станции активно участвовали в международных научных проектах по спутниковой геодезии, а сотрудники отдела Наблюдений ИСЗ Астросовета, которыми руководила А.Г. Масевич, успешно проводили наблюдения, работая на них, и научные исследования по этому новому направлению в астрономии и геофизике. За комплекс работ по развитию методов спутниковой геодезии и их реализации в 1975 г. Алле Генриховне присудили Государственную премию СССР. Она награждена орденами Знак почета (1961) и Трудового Красного Знамени (1975); в 1978 г. ей присвоено почетное звание Заслуженный деятель науки РСФСР.

Астросовет пополнялся новыми сотрудниками; создавались отделы, требовались новые помещения и оборудование. В 1960-х и в начале 1970-х гг. рабочие места сотрудников Астросовета находились в пяти различных зданиях, разбросанных по всей Москве. Наконец, в 1974 г. мы получили (ставшее потом нашим собственным после выезда Института высшей нервной деятельности АН СССР) отдельное здание на Пятницкой улице, дом 48. Но здание нам досталось в плохом состоянии, требовался капитальный ремонт. Начались бесконечные переезды из комнаты в комнату... Тут опять не обошлось без энергичного руководства А.Г. Масевич.

Благодаря энтузиазму и блестящим организационным способностям Аллы Генриховны в 1961 г. в Астросовете открыта аспирантура по проблеме “Физика и эволюция звезд” (руководитель



Первый аспирант профессора А.Г. Масевич Герхард Рубен (ГДР) вручает ей подарок на 70-летие – фотографию планетарной туманности с ее портретом в центре. Октябрь 1988 г.

А.Г. Масевич), “Звездные атмосферы” (руководитель Э.Р. Мустель) и “Переменные звезды” (руководитель Б.В. Кукаркин), а затем и по геодезии (тоже под ее руководством). До этого времени у Аллы Генриховны обучались аспиранты и соискатели из ГАИШ МГУ: Герхард Рубен из ГДР (впоследствии – профессор, директор Потсдамской обсерватории Академии наук ГДР), Теймур Эмин-заде из Азербайджана. К настоящему времени из 27 ее аспирантов (среди них 6 иностранцев), в том числе и 9 женщин, защитивших кандидатские диссертации, 8 стали докторами физико-математических наук (5 астрофизиков и 3 геодезиста); из них избраны: один – членом-корреспондентом РАН, двое – академиками Академий наук стран СНГ.

Работу Астросовета в 1970–1980-е гг. сопровождала очень деловая и творческая атмосфера: регулярно проводились семинары, научные совещания, тематические школы в Москве и других городах, где все мы выступали с докладами и сообщениями. (Отмечу, что мы себя



С профессором Эври Шацманом. Париж, начало 1960-х гг.

чувствовали единой многонациональной семьей.) По окончании аспирантуры многие возвратились в свои родные города и страны, но память о прошедших в Москве годах аспирантской учебы и желание не прерывать творческого сотрудничества и личных связей заложили основу совместных работ с учеными из астрономических учреждений этих стран.

В 1960-е гг. подписано одно из первых двустороннее соглашение группы профессора А.Г. Масевич с французскими учеными во главе с профессором Э. Шацманом о проведении совместных исследований по проблемам эволюции звезд; позднее действовали еще несколько соглашений о проведении совместных исследований по этой же проблеме – как с советскими, так и с иностранными астрономическими учреждениями.

В исследованиях (по согласованному плану) участвовали коллеги из всех социалистических стран, а также из Франции, Финляндии, Индии. Проводилось много совещаний, вызывавших большой интерес и, поскольку многие темы исследований дублировали друг друга,

то возник вопрос о подписании соглашения о многостороннем сотрудничестве между Академиями наук социалистических стран по проблеме “Физика и эволюция звезд”. В результате, в 1974 г. создана (под руководством профессора А.Г. Масевич) Проблемная комиссия, состоящая из шести подкомиссий, разрабатывавших отдельные аспекты общей проблемы. Для подведения итогов выполненных астрономических исследований и согласования планов работ на следующий период ежегодно (поочередно в странах-участницах сотрудничества) созывались совещания Проблемной комиссии. Подкомиссии также часто приурочивали к ним свои научные сессии. Труды совещаний и конференций готовились к печати и издавались отдельными сборниками в странах, где проходили эти мероприятия. Многостороннее сотрудничество в 1974–1989 гг. внесло значительный вклад в разработку проблем физики и эволюции звезд, объединив усилия ученых многих стран.

Созданный 20 декабря 1936 г. в СССР Всесоюзный центр координации всех работ по наземной и оптической астрономии, Астросовет в 1960-е гг. сосредоточил в себе основные функции по планированию научных исследований и осуществлению связей с зарубежными астрономами; это уже фактически был научно-исследовательский институт со своим вычислительным центром и типографией. Сотрудники Астросовета работали в шести научных отделах и на трех научных базах (сначала в Звенигородской, затем – в Симеизской и Терскольской), а также на зарубежных станциях оптических наблюдений ИСЗ. Регулярно издавались такие журналы, как “Наблюдения Искусственных спутников Земли” (1958–1967), “Научные информации Астрономического совета АН СССР” (1965–1991), “Переменные звезды” (1946–1995 г., с 2005 г. – электронная версия), “Околоземная астрономия” (с 1995 г.) и

С учениками и сотрудниками на Звенигородской базе Астросовета. В первом ряду: О.Б. Длужневская, Б.М. Шустов, А.И. Колпаков, А.Г. Масевич, С.К. Татевян, Л.В. Рышлова. 2000 г.



“Астрономический циркуляр” (1940–1993), а также сборники научных трудов.

Президиум Астросовета – руководящий орган, в состав которого входили все академики и члены-корреспонденты АН СССР и академий наук союзных республик, а также директора астрономических учреждений страны; под его эгидой ежегодно проводились Пленумы для решения наиболее важных научных и финансовых вопросов. Координацией научных исследований занимались проблемные комиссии и входящие в их состав рабочие группы, они организовывали научные конференции, совещания и школы. Регулярно в Астросовете работали два семинара: по проблемам астрофизики и геодезии – оба под руководством А.Г. Масевич. Астрономический совет являлся не только координационным советом, но также и Национальным комитетом советских астрономов, он организовывал все международные контакты и представлял страну в Международном астрономическом союзе (МАС). В 1952 г. в состав первой делегации, представлявшей СССР на VIII Генеральной Ассамблее МАС в Риме, входила и Алла Генриховна. Она обратила на себя внимание иностранных коллег, завязались деловые и дружеские контакты с ведущими учеными мира.

После очень успешно проведенного в 1958 г. в новом здании Московского университета X съезда МАС и торжественного открытия восстановленной

после войны Пулковской обсерватории (были приглашены иностранные ученые и объявлен проект строительства самого большого в то время – 6-метрового телескопа-рефлектора БТА Специальной астрономической обсерватории в Нижнем Архызе, Карачаево-Черкессия), авторитет представителей советской астрономии значительно вырос. Ведущие ученые стали выезжать за границу для участия в научных мероприятиях, в состав многих делегаций входила и Алла Генриховна, завоевавшая признание и уважение иностранных коллег. Подтверждением этому может служить один из эпизодов первых лет освоения космоса. В феврале 1961 г. к Венере была запущена первая межпланетная станция “Венера-1”, но связь с ней была потеряна или оказалась потерянной; тогда обратились к Алле Генриховне с просьбой поехать в Англию к директору Обсерватории Джодрелл-Бэнк (в то время обладавшей самым большим, 76-метровым радиотелескопом) профессору Бернарду Ловеллу, с которым у нее установились дружеские отношения, и попытаться восстановить связь со станцией. Б. Ловелл предоставил ей такую возможность, и она в течение двух недель проводила поиски,



*А.Г. Масевич с участниками
Пленума Астросовета
членами-корреспондентами
АН СССР В.А. Абалакиным,
Э.Р. Мустелем, В.Е. Степановым
и А.А. Боярчуком. Рига, 1986 г.*

нарушив программу запланированных наблюдений на телескопе. К сожалению, связь со станцией так и не удалось восстановить, 19 или 20 мая 1961 г. она пролетела на расстоянии около 100 тыс. км от Венеры и перешла на гелиоцентрическую орбиту.

А.Г. Масевич – автор 150 научных статей и обзоров по астрофизике и космической геодезии, опубликованных в



*А.Г. Масевич с директором Гарвардской
обсерватории (США) профессором
Д. Мензелом. 1964–1965 гг.*

российских и международных научных журналах, автор и соавтор монографий: “Что происходит в недрах Солнца и звезд” (1948),

“Источник энергии Солнца и звезд” (1949), “Физика и эволюция звезд” (в соавторстве с Б.М. Шустовым, 1972), “Эволюция звезд: теория и наблюдения” (в соавторстве с А.В. Тутуковым, 1988) и “Наблюдения искусственных спутников для геодезии” (1979), а также книги воспоминаний “Звезды и спутники в моей жизни” (2007). В нашем журнале Алла Генриховна опубликовала ряд научных статей (ЗиВ, 1982, № 1; 1997, № 5).

Сложно перечислить многочисленные обязанности, возложенные на А.Г. Масевич, и перечислить организации, в которых она состояла за почти ее 60-летнюю научную карьеру. И тем не менее:

- президент Комиссии 35 “Внутреннее строение звезд” Международного астрономического союза (1967–1970);

- председатель Проблемной комиссии “Физика и эволюция звезд” (многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран; 1974–1990);

- председатель рабочей группы “Наблюдения искусственных спутников и телеметрия”, входивший в Международный комитет по исследованию космического пространства (COSPAR, 1961–1970);

- председатель секции “Использование ИСЗ для целей геодезии и геофизики” рабочей группы “Космическая физика” программы “Интеркосмос” (1965–1989);



С профессором С.Б. Ловеллом – создателем 70-метрового радиотелескопа. Москва, 1962 г.

– председатель Комиссии по космической науке в Международной астронавтической академии (1983–1986);

– член Международного Комитета по наблюдениям кометы Галлея (1983–1986);

– член национального совета по проведению в 1992 г. Международного года космоса (1989–1993);

– заместитель председателя Советского Комитета защиты мира (1979–1991) и ряда других общественных и научных организаций (с 1981 по



Награждение А.Г. Масевич Командорским крестом ордена “За заслуги”. Рядом с ней польские астрономы профессора Й. Смак и Я. Джулковский. 1998 г.

1983 г. она – заместитель Генерального секретаря оргкомитета ООН в Нью-Йорке по проведению международной конференции “Мирное использование космоса” в Вене);

– член Правления (с 1964 г.), с 1979 по 1991 г. – заместитель председателя Советского комитета защиты мира;

– член Всемирного совета мира (с 1975 г.);

– вице-президент Общества СССР–США (с 1968 г.);

– член Совета учредителей Агентства печати “Новости” (с 1972 г.);

– член правления Комитета советских ученых против ядерной войны (с 1985 г.);

– член редакционной коллегии журналов “Астрофизика” (1984–2008) и “Astrophysics and Space Science” (1985–1991), ответственный редактор серии сборников “Актуальные проблемы астрономии” (1989–2008).

В 1963 г. ей присуждена международная премия Галабера “За выдающиеся достижения в освоении космического пространства”. Она награждена орденами и медалями Советского союза и России, орденами Болгарии, Чехословакии, Монголии и Франции; 9 октября 1998 г. (в день 80-летнего юбилея) Указом Президента Польши А.Г. Масевич была отмечена Командорским крестом ордена “За заслуги”.

Алла Генриховна Масевич ушла из жизни 6 мая 2008 г., не дожив пяти месяцев до своего 90-летия; похоронена в Москве на Хованском кладбище рядом с могилой отца.

Имя А.Г. Масевич увековечено самым почетным для астронома образом:

– в ее честь названа малая планета – 1904 Масевич (1904 Masevitch), открытая Т.М. Смирновой 9 мая 1972 г. в Крымской астрофизической обсерватории.

*О.Б. ДЛУЖНЕВСКАЯ,
кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН*

Информация

“Юнона”: облачность Юпитера

АМС “Юнона” (“Juno”; запущена 5 августа 2011 г.) в начале июля 2017 г. сблизилась с Юпитером и вышла на стабильную высокоэллиптическую полярную орбиту вокруг него. В первые два месяца после выхода на орбиту вокруг Юпитера на станции проверяли работу приборов: первые научные данные были получены только в конце августа 2017 г. – станция сближалась с планетой-гигантом раз в 53,5 дня. Орбита выбрана так, чтобы точка, над которой пролетает станция в момент максимального сближения с планетой, на каждом витке смещалась на 22,5° по долготе. За 16 витков “Юнона” исследовала весь Юпитер (ЗиВ, 2016, № 5, с. 40; 2017, № 1, с. 98–99; 2017, № 5, с. 76–78; 2018, № 2, с. 103).



Множество закрученных облаков в динамическом северном умеренном поясе. На снимке запечатлены несколько белых облаков и антициклонический шторм Белый Овал, всплывающие из глубины планеты. Снимок получен 29 октября 2018 г. АМС “Юнона” примерно в 7000 км от вершин облачного покрова планеты-гиганта, на широте около 40° с.ш. Фото NASA/JPL.

29 октября 2018 г. состоялось 15-е сближение АМС “Юнона” с Юпитером. При удалении от планеты станция смогла сфотографировать ее, используя уникальный ракурс (наблюдая за ней со стороны Южного полушария). Поэтому ураган на экваторе Юпитера – Большое Красное Пятно – оказался наверху, над газовым гигантом, что позволило сравнить эту бурю с другими ураганами (в том числе антициклоническим штормом Белый овал, бушующим вблизи южного полюса планеты; это отображено в верхней части снимка.

21 декабря 2018 г. АМС “Юнона” в 16-й раз пролетела мимо Юпитера, включив все научные приборы. Как и во время предыдущих сближений, станция пролетела над облаками планеты-гиганта на высоте около 5 тыс. км со скоростью 57,6 км/с, двигаясь с севера на юг. Этим пролетом АМС завершила ровно половину программы исследований, поскольку всего запланировано 32 пролета около Юпитера.

В следующей половине программы (с 17 по 32 виток) станция будет уточнять полученную картину, это позволит получать суммарные данные через каждые 11,25° по широте. Во второй половине миссии планируется получить дополнительные данные: уточнить детали строения зональных ветров Юпитера и глубину их проникновения в атмосферу планеты, генерацию его магнитного поля. Это углубит наше понимание внутренней структуры и эволюции Юпитера.

В июле 2021 г., на 33-м витке, станция войдет в атмосферу Юпитера и сгорит.

Пресс-релиз NASA,
12 декабря 2018 г.

С НОВЫМИ КНИГАМИ
Издательства “Наука”
вы можете ознакомиться на сайте
naukabooks.ru



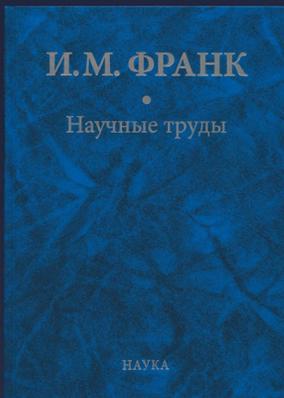
Бугай Н.Ф.

**Проблема территорий в условиях
принудительных переселений XX века:
Теория, практика.**

М.: Наука, 2018. – 471 с.

Решение земельной проблемы применительно к этническим общностям, претерпевшим в 1920-1950-е годы деструктивное воздействие со стороны государства, способствовало повсеместно достижению мира, стабильности межэтнических отношений. Исследование проблемы территорий в условиях принудительного переселения народов ставит цель выявить состояние государственной земельной политики в изучаемый период, формы наделения землей граждан, пребывавших на спецпоселении. Автор рассматривает этапы территориальных преобразований, их причины, особенности и специфику, нормативно-правовую базу, показывает механизмы осуществления подобной практики в сложных условиях военного времени. Вопрос о территориях - одна из важных сторон проблемы территориального обустройства народов страны. Территориальное обустройство зачастую было прочной основой для выживания граждан, обеспечивало мирное сосуществование, стабильность в сфере межэтнических отношений, влияло на процесс формирования самосознания и национального сознания граждан.

*Для историков, этнологов, практиков в сфере
межэтнических отношений и широкого круга читателей.*



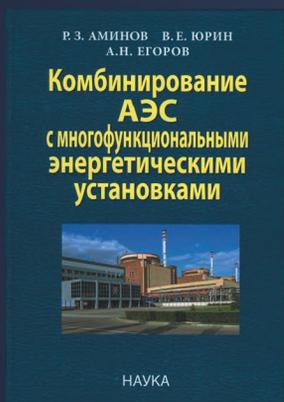
Франк И.М.

Научные труды: в 2 кн.

М.: Наука, 2018. – 478 с.

В первой книге собрания трудов выдающегося физика, лауреата Нобелевской премии академика И.М. Франка помещены работы разных лет, отобранные по тематическому признаку. Среди них статьи 1931–1935 гг. по флуоресценции и фотохимическим реакциям, а также статьи по оптике источников света, движущихся в преломляющих средах, в том числе работы, посвященные теории излучения Вавилова–Черенкова и эффекта Доплера в преломляющей среде. Значительное место занимают статьи по предсказанию и исследованию переходного излучения. Последний раздел книги полностью воспроизводит монографию И.М. Франка «Излучение Вавилова–Черенкова. Вопросы теории».

Для физиков, студентов и аспирантов физических специальностей, историков науки.



Аминов Р.З., Юрин В.Е., Егоров А.Н.

Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками.

М.: Наука, 2018. – 238 с.

В работе предложен новый взгляд на повышение безопасности АЭС. Разработаны и исследованы многофункциональные системы, включающие такие установки, как дополнительная паровая турбина, тепловые аккумуляторы, водородный комплекс и газотурбинные установки, позволяющие обеспечить надежное электроснабжение собственных нужд АЭС в аварийных ситуациях с обесточиванием. Исследован способ использования остаточного тепловыделения реакторов типа ВВЭР для генерации электроэнергии, необходимой для отвода остаточного тепловыделения в аварийных ситуациях с полным обесточиванием. Разработана система уравнений и построены скелетные таблицы свойств диссоциированного водяного пара, которые позволяют проводить промышленные термодинамические расчеты параметров рабочего тела водородных циклов. Исследованы процессы сжигания водорода в кислородной среде, а также определены ресурсные показатели основного оборудования водородного энергокомплекса, работающего в циклических режимах.

Для научных работников, специалистов, аспирантов, студентов старших курсов теплоэнергетических специальностей.

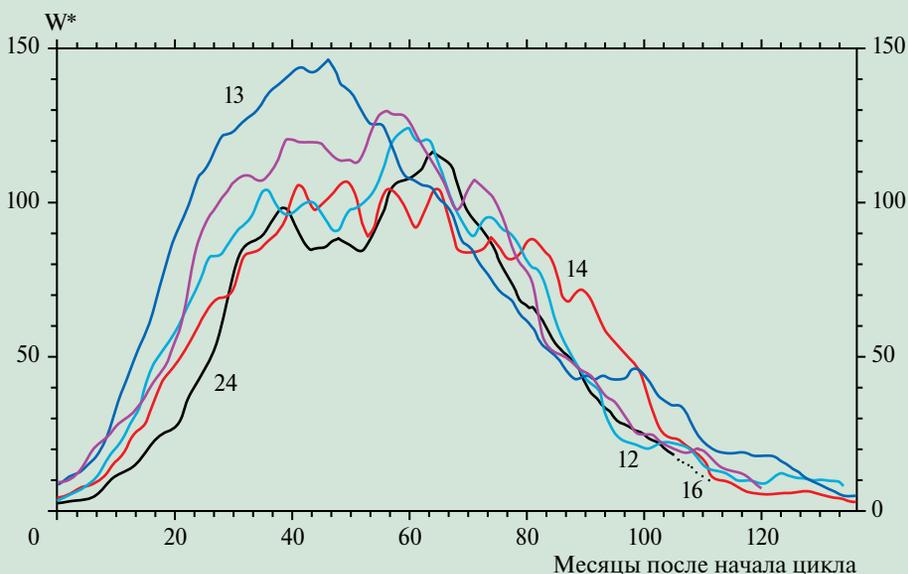
СОЛНЦЕ В АВГУСТЕ – СЕНТЯБРЕ 2018 г.

DOI: 10.7868/S00044394819010079

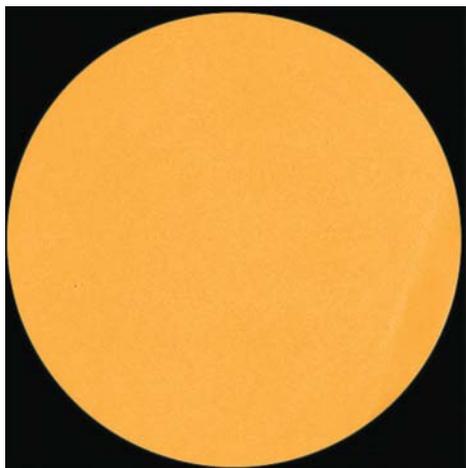
Пятнообразовательная активность в этот период оставалась на очень низком (10 сут) и низком (37 сут) уровнях, видимый диск Солнца был беспятенным (в текущем году всего таких было 158 сут). За эти месяцы появились 7 небольших групп солнечных пятен, причем 2 из них в Северном полушарии и пять – в Южном. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен продолжает уверенно спадать, оставаясь в пределах изменений 12-го и 16-го солнечных циклов, что дает возможность

ожидать точку минимума текущего цикла во второй половине 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – www.swpc.noaa.gov, будем придерживаться старой, классической системы) составили $W_{авг.} = 5,3$ и $W_{сен.} = 2,0$. Сглаженное значение этих индексов в феврале и в марте 2018 г. составило $W^* = 7,6$ и $W^* = 5,9$ соответственно.

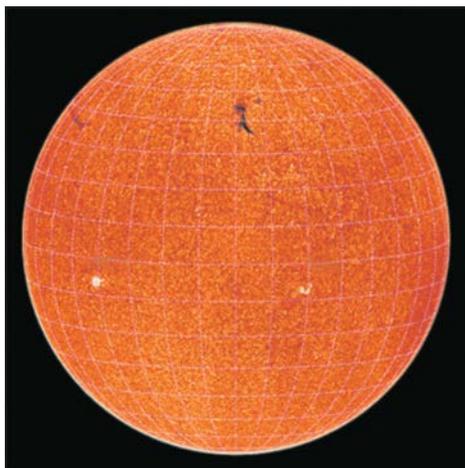
В первые два дня **августа** на видимом диске Солнца наблюдалась небольшая короткоживущая (2 дня) группа пятен



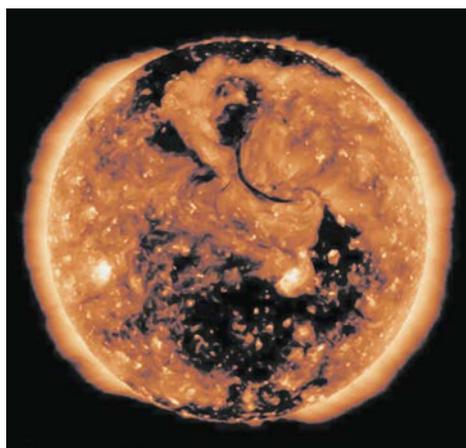
Ход развития (110 месяцев) текущего, 24-го цикла солнечной активности, среди достоверных (начиная с 1849 г.) низких и среднего (N 13) солнечных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен в новой системе (введена с 1 июля 2015 г.). Высота текущего солнечного цикла в новой системе: $W_n^* = 116$ против $W^* = 82$ – в старой.



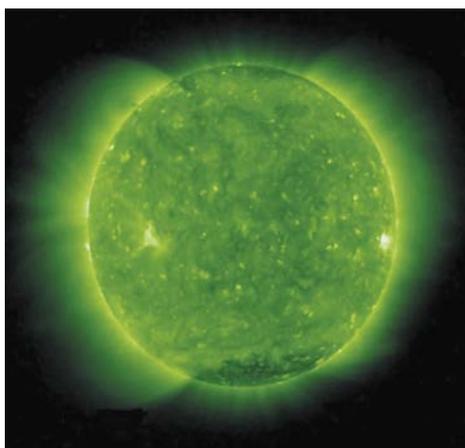
а



б



в

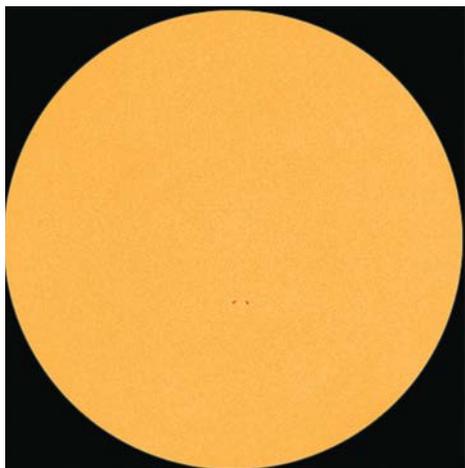


г

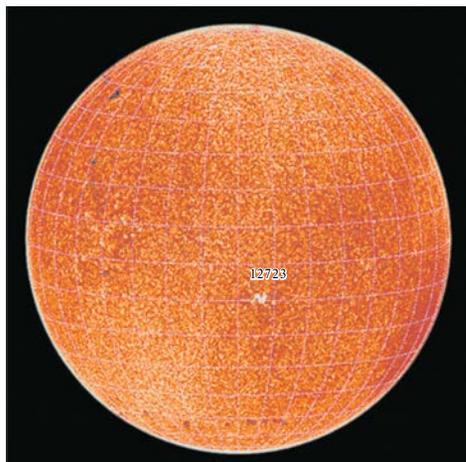
Солнце 20 августа 2018 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $FeXII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г – обратная сторона Солнца – в линии крайнего ультрафиолета $FeXII$ ($\lambda = 195 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий “SDO”, “STEREO A” и наземной обсерватории Big Bear ($H\alpha$; <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

Южного полушария; затем до 13 августа на видимом диске пятен не было. С 14 по 28 августа последовательно наблюдались три небольшие группы: две – в Южном и одна – в Северном полушариях. В остальные дни (до конца месяца) Солнце было беспятенным. Минимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен ($W = 0$) отмечено с 3 по 13 и с 29 по 31 августа,

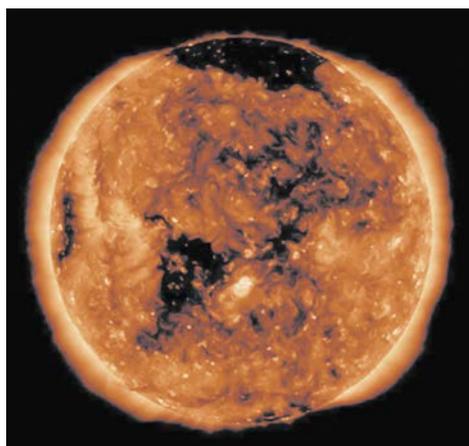
максимальное – **25 августа ($W = 20$)**. На протяжении всего этого периода вспышечная активность была на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (8 событий) наблюдались 14–16, 19, 20 и 28–30 августа. Коронграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 2 корональных выброса вещества 2 и 20 августа. Две рекуррентные (повторяющиеся через оборот Солнца)



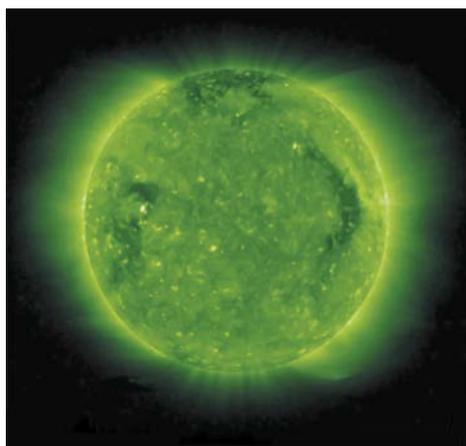
а



б



в



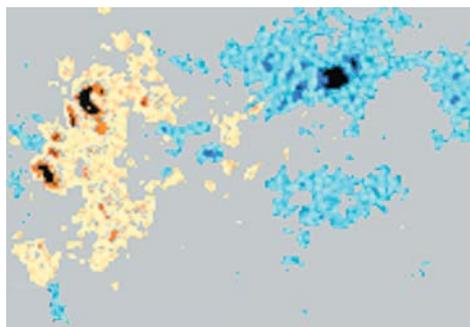
г

Солнце 30 сентября 2018 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода $H\alpha$ ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета $FeXII$ ($\lambda = 193 \text{ \AA}$); г – обратная сторона Солнца – в линии крайнего ультрафиолета $FeXII$ ($\lambda = 195 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью космических солнечных обсерваторий "SDO", "STEREO A" и наземной обсерватории Big Bear ($H\alpha$; <http://www.solarmonitor.org/>).

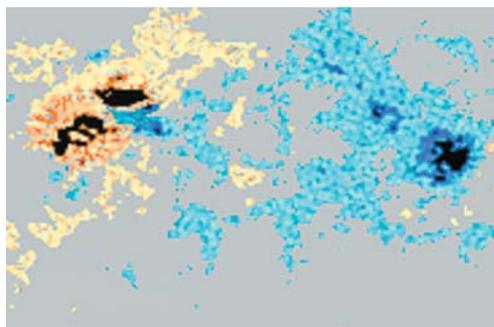
корональные дыры и пять новых прошли по видимому диску Солнца; высокоскоростные потоки от них вызвали в околоземном космическом пространстве возмущенные периоды 15, 17 и 20 августа. От выброса волокна и последующего большого, но медленно распространявшегося коронального выброса вещества зарегистрирована двойная малая магнитная буря 25–27 и 27–28 августа.

На геостационарных орбитах очень высокие потоки ($>10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ зарегистрированы 18–31 августа.

В **сентябре** на видимом диске Солнца пятна отсутствовали до 8 числа. Две небольшие группы пятен появились 8–9 и 11–12 сентября и до 28 сентября Солнце опять стало беспятенным. Небольшая, сравнительно устойчивая



а



б

Активные области с группами пятен, образовавшиеся на видимом диске Солнца:
а – 20 августа, б – 30 сентября (<https://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/>).

группа пятен образовалась в центре видимого диска Солнца 29 сентября, которая 4 октября ушла за его западный лимб. Максимальное наблюдаемое относительное число солнечных пятен отмечено **11 сентября ($W = 10$)**, минимальное ($W = 0$) отмечено 1–7, 13–16 и 18–29 сентября. Вспышечная активность была на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (10 событий) наблюдались 5, 6 (два), 7, 12, 18, 20, 22, 23 и 27 сентября. Коронаграфы космической обсерватории «СОНО» зарегистрировали более 6 корональных выбросов вещества. На видимом диске Солнца сформировались четыре рекуррентные корональные дыры и одна вновь образованная, высокоскоростные

потоки от которых не внесли значимого вклада в возмущения геомагнитной обстановки на средних широтах. Геомагнитное поле было возмущенным 9, 10, 13, 14 и 22 сентября. Малые магнитные бури отмечены 10–11 и 21–23 сентября. На геостационарных орбитах очень высокий поток ($>10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 1–8 и 12–28 сентября.

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

*В.Н. Ишков,
ИЗМИРАН*

Информация

Запуск китайской АМС “Чанъэ-4”

В Китае 7 декабря 2018 г. с космодрома Сичан с помощью РН “СЗ-3В” (“Long March-3В”) осуществлен запуск АМС “Чанъэ-4” (“Chang’e-4”) массой 4 т для исследования Луны. По конструкции она аналогична станции “Чанъэ-3”, совершившей полет на Луну в декабре 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 2, с. 107–110; 2015, № 1, с. 52–53); состоит из стационарного посадочного аппарата массой 1200 кг и лунохода “Юйту-2” массой 135 кг. (Напомним, что 140-килограммовый луноход “Чанъэ-3” потерял подвижность примерно через 40 дней после посадки, продолжив работу как стационарный объект; последний раз

выходил на связь с Землей в марте 2015 г.) Помимо приборов, подготовленных китайскими учеными, на борту “Чанъэ-4” размещены инструменты, созданные специалистами Германии, Нидерландов, Швеции и Саудовской Аравии. Энергоснабжение АМС осуществляется с помощью тепловых блоков – радиационных источников тепла и радиоизотопных источников электроэнергии, созданных в России, во ВНИИЭФ. Корпуса тепловых блоков изготовлены из композиционных материалов специалистами АО “НИИГрафит”.

Среди научных задач миссии “Чанъэ-4” – низкочастотные радиоастрономические наблюдения, топографическая съемка местности и рельефа, обнаружение минерального состава и мелкой структуры лунной поверхности, а также измерение нейтронного излучения и нейтральных атомов для изучения окружающей среды на обратной стороне Луны.

Посадочный аппарат (стационарная станция) миссии “Чанъэ-4” оснащен следующими приборами: нейтронным дозиметром, радиолокатором, спектрометром и энергетическим нейтральным атомным анализатором, а также тремя фотокамерами (посадочной, цветной топографической и панорамной).

Нейтронный дозиметр немецкого производства измерит уровень радиации на Луне и зарегистрирует быстрые и тепловые нейтроны для того, чтобы определить в грунте водный лед.

Радиолокатор исследует окружающий ландшафт.

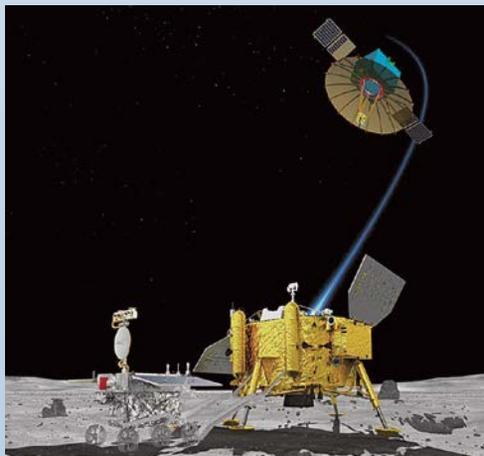
Голландско-китайский низкочастотный спектрометр оснащен тремя 5-метровыми антеннами для изучения лунной ионосферы и солнечных вспышек. Нейтральный атомный анализатор предназначен для изучения воздействия солнечного излучения с лунной поверхностью. На посадочном аппарате установлен цилиндрический герметичный контейнер (высота 18 см, диаметр 16 см, объем 0,8 литра, вес 3 кг)

с семенами картофеля и цветкового растения арабидопсиса, яйцами насекомых (в том числе тутового шелкопряда *Bombyx Mori*).

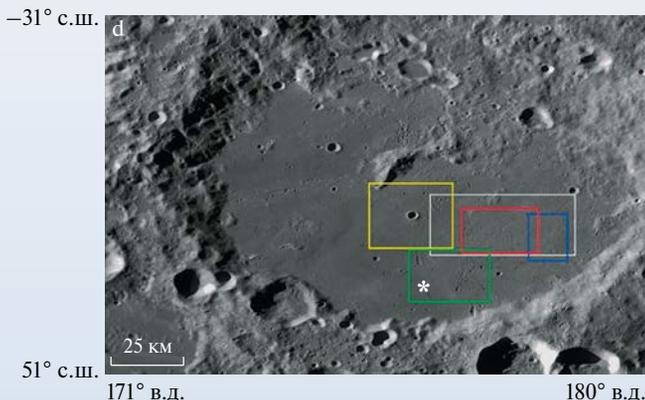
Эксперимент “Лунная минибiosфера” разработан научными коллективами из 28-ми китайских вузов под руководством сотрудников лаборатории Чунцинского университета. В камере с биологическими объектами находится вода, питательный раствор, воздух, мини-фотоаппарат и система передачи данных (в ней поддерживается комфортная температура, около 20 °С, и достаточная освещенность). Цель эксперимента заключается в проверке возможности создания в конструкции космических аппаратов стабильной замкнутой экосистемы, в которой личинки будут вырабатывать углекислый газ,



Старт РН “СЗ-3В” (“Чанчжэн-3В”) с АМС “Чанъэ-4” с космодрома Сичан 7 декабря 2018 г. Фото CNSA.



Китайские луноход и посадочный аппарат миссии “Чанъэ-4” передают информацию с Луны на Землю через спутник-ретранслятор “Цюэцяо”. Рисунок CNSA.



Планируемые места посадки АМС "Чаньэ-4" на Луне (указаны квадратами) в районе 186-км кратера Карман (звездочкой отмечена область посадки) CNSA.

ряженных ионов в экзосфере Луны, георадаром (или селенорадаром) и двойной цветной панорамной фотокамерой, установленной на высокой мачте.

3 января 2019 г. впервые в мире "Чаньэ-4" совершила мягкую посадку на обратной стороне Луны в южной части древнего 186-км кратера Карман (Von Karman; назван в честь американского ученого-аэродинамика) в области с координатами 45,45° ю.ш. и 177,58° в.д. Кратер расположен в северо-западной части гигантского ударного бассейна Южный полюс – Эйткен (South Pole-Aitken basin, размер 2050 × 2400 км, глубина 8 км), он образовался после столкновения с Лунной большого небесного объекта около 4,2 млрд лет назад. Предполагается, что в кратере Карман есть не только "морские" базальты, но и породы (ударный расплав и даже образцы лунной мантии), появившиеся при образовании бассейна, а также материал из кратера Финсен (Finsen), возможно, выброшенный позднее с большой глубины.

Связь и передача данных на Землю с посадочного аппарата и лунохода будет осуществляться с помощью спутника-ретранслятора "Цзюэцяо" ("Queqiao"; название взято из китайской сказки "Мост, образованный стаей сорок, через Млечный Путь"), запущенного 21 мая 2018 г. с помощью ракеты-носителя "СЗ-4С" ("Чанчжэн-4С") с космодрома Сичан. 14 июня спутник массой 425 кг, оснащенный зонтичной антенной диаметром 4,2 м, вышел в точку Лагранжа L2 системы Земля–Луна, расположенную на расстоянии 65 000–85 000 км от Луны. Вместе с "Цзюэцяо" на окололунную орбиту высотой 350 × 13700 км вышел малый аппарат "Лунцзян-2" (в переводе с китайского – драконья река; размер 40 × 50 × 50 см, масса 45 кг) для проведения экспериментов по низкочастотной радиоастрономии и интерферометрии в радиодиапазоне; на нем установлена небольшая фотокамера, созданная в Центре науки и технологий им. короля Абдель-Азиза (Саудовская Аравия).

Совершив 112-часовое путешествие к Луне, 12 декабря АМС "Чаньэ-4" вышла на эллиптическую орбиту вокруг Луны высотой 100 × 400 км. После посадки, луноход "Юйту-2" сошел по трапу с посадочного аппарата (стационарной станции) на лунную поверхность и раскрыл аппаратуру. Через день посадочная станция ушла в "спящий" режим, 11 января она вновь включилась в работу, передавая панорамные снимки места посадки и лунохода. К сожалению, ближайшие кратеры (некоторые диаметром 20 м и глубиной 4 м) создают сложности в движении лунохода. Вскоды хлопка погибли с наступлением лунной ночи, т.к. 14–29 января станция и луноход находились в "спящем" режиме, затем они продолжили работу, рассчитанную на несколько месяцев.

а растения будут преобразовывать его в кислород благодаря фотосинтезу. Эта миниатюрная экосистема позволит исследовать длительное воздействие микрогравитации и космической радиации (немного пониженной стенками камеры и посадочного модуля) на живые организмы.

Луноход (размер 1,0 × 1,1 × 1,5 м) с двумя раздвижными панелями солнечных батарей и на шестиколесном шасси оснащен приборами: двухканальным видовым спектрометром видимого и ближнего инфракрасного диапазона, шведским прибором ASAN для изучения нейтральных атомов и положительно заряженных ионов в экзосфере Луны, георадаром (или селенорадаром) и двойной цветной панорамной фотокамерой, установленной на высокой мачте.

Пресс-релизы

Китайского национального космического управления (CNSA),
информгентства "Синьхуа"

ФЕСТИВАЛЬ “АСТРОФЕСТ”: ДВАДЦАТЬ ЛЕТ НА СЛУЖБЕ АСТРОНОМИИ

DOI: 10.7868/S0044394819010080

Начало, развитие и сегодняшний день российского фестиваля любительской астрономии “АстроФест”. Проводится ежегодно в апреле, начиная с 1999 года, в Подмоскowie.

ИМЕЮ ГЛАЗА, ГОТОВ НАБЛЮДАТЬ

С давних пор – вероятно, с тех самых, когда люди стали людьми – некоторые из них отличались от соплеменников тем, что смотрели на звезды, восхищаясь их красотой, пытаясь понять, что кроется за недостижимым звездным куполом.

Постепенно эта тяга к познанию превратилась в полноценную науку – астрономию и астрофизику, а те, кто хочет разобраться в устройстве Вселенной, становятся учеными.

Но большая часть любящих небо людей не связывает свою жизнь именно с наукой. Они не становятся исследователями-астрофизиками или конструкторами телескопов, а наблюдают, изучают, фотографируют звездное небо в свободное от других занятий время. Это астрономы-любители. Ими движет не желание работать астрономом (хотя справедливости ради нужно сказать, что у кого-то оно есть, но не позволяют обстоятельства). Они сознательно оставили любовь к небу своим увлечением. Причем их гораздо больше, чем профессиональных астрономов. Вокруг этого сообщества сформировалась и



собственная индустрия: производятся телескопы, печатаются книги и карты, издаются журналы. Астрономы-любители наблюдают и фотографируют небесные тела, конструируют собственные телескопы, ездят по миру в “погоне за затмениями”.

Хотя большую часть времени любители занимаются астрономическими наблюдениями поодиночке, время от времени многие хотят встретиться с товарищами по увлечению, обсудить вопросы, вызывающие взаимный интерес, посмотреть на результаты, обменяться опытом и просто познакомиться, найти друзей. Порой любители объединяются в группы и в клубы, выезжают на совместные наблюдения;



Первый астрономический фестиваль "АстроФест", проходивший в апреле 1999 года в Звенигороде.

сложились форумы и группы в интернете. Со временем появились слеты и конференции, фестивали и другие мероприятия. За границей, в Европе и Северной Америке, это произошло давно; они возникали до революции и в России, но последующие события не позволили им развиваться.

ТАК ЗАРОЖДАЛСЯ "АСТРОФЕСТ"

Одной из первых попыток провести подобное всеобщее и открытое мероприятие стал фестиваль любителей астрономии "АстроФест", который, как впоследствии оказалось, превратился в самый крупный в стране (ЗиВ, 2008, № 5; 2009, № 5; 2010, № 5; 2015, № 2). Первый сбор под этим названием про-

шел в 1999 году: тогда на территории Звенигородской наблюдательной базы Института астрономии РАН собрались 88 увлеченных этой темой любителей из Москвы и Подмоскovie, а также из других городов и областей.

Фестиваль оказался очень успешным – более того, он стал крупным событием в жизни астрономического сообщества. Его влияние тогда оказалось решающим для того, чтобы сформировался "костяк" зарождающегося сообщества астрономов-любителей. В то время современных средств связи еще не было, интернет только-только начинал развиваться, так что проблема коммуникации между любителями была чрезвычайно острой; не менее сильным был и информационный "голод": почти никаких других способов получить новости, обменяться знаниями,

кроме непосредственного общения, не существовало. Фестиваль подарил десяткам, а потом и сотням энтузиастов возможность общения. Не менее важно и то, что многие нашли там настоящих товарищей и друзей, отношения с которыми сохраняют и по сей день.



Астрономическая площадка. "АстроФест – 2000".

Неудивительно, что на второй фестиваль, через год, собралось уже почти вдвое больше участников. В его подготовке оказался полезным организационный опыт первого года, и фестиваль прошел еще более насыщенно и интересно. Очень помогло становлению “АстроФеста” и то, что несколько лет подряд он совпадал с периодами теплой и благоприятной погоды, которая позволила провести первые по-настоящему массовые наблюдения.

Это стало просто грандиозным событием для любительской астрономии в нашей стране: впервые десятки самых разных телескопов стояли на площадке одновременно, к любому из них можно было подойти и “заглянуть” в окуляр, пообщаться с владельцем. Над площадкой витало невероятное и незнакомое никому из нас доселе фантастическое ощущение возвышенного единения, настоящей всеобщей дружбы. Именно тогда родился знаменитый “дух АстроФеста”, который можно почувствовать и сейчас, приезжая на фестиваль.

В течение этих двух-трех дней фестиваля у участников не было ни одной свободной минуты: уже тогда дни были заполнены общением, новыми знакомствами, наблюдениями, множеством различных занятий. Тогда же были заложены главные традиции фестиваля: прозвучали первые доклады и лекции, открылись первые фотоставки, сложилась культура массовых наблюдений; состоялись экскурсии, был проведен первый конкурс самодельных телескопов.

После трех лет проведения фестивалей, когда все

возможности по размещению участников на ее территории были исчерпаны (не выручали даже установка армейских палаток и “мобилизация” близлежащих баз МГУ, МГТДиУ и других учреждений), встал вопрос поиска более вместительной базы. Ими оказались бывшие пионерлагеря и недорогие базы отдыха – их поиском и “оценкой” удобства члены оргкомитета фестиваля занимались всю осень и зиму. Если до тех пор фестивали проводила на “общественной основе” группа энтузиастов (в основном члены Московского астрономического клуба), то для того, чтобы заняться “официальным” расселением в пансионате нескольких сотен человек, пришлось создать специальную фирму. Она также была названа “АстроФест” и существует до сих пор, занимаясь организацией фестивалей, экспедиций, путешествий и других мероприятий для любителей астрономии.

Вскоре число участников фестиваля достигло шести-семи сотен человек, так что он превзошел и по массовости, и по насыщенности любое из когда-либо проводившихся астрономических мероприятий на территории России. В программе появились полноценные сессии научно-популярных лекций, любительские научные мини-конференции, семинары и мастер-классы по самым разным проблемам любитель-



Лекционная программа фестиваля “АстроФест – 2016”.

ской астрономии. В следующие несколько лет, вынужденно сменив еще с полдюжины мест, он “дорос” до самых крупных пансионатов и домов отдыха Подмосковья. В 2007 г. фестиваль перешагнул отметку в тысячу участников, и сейчас “АстроФест” – крупнейшее астрономическое мероприятие в Восточной Европе и одно из самых массовых в мире.

ДНИ И НОЧИ “АСТРОФЕСТА”

Сегодня “АстроФест” – это большое и разноплановое мероприятие, а, вернее, серия событий, длящихся трое суток (с четверга по воскресенье) в один из апрельских или майских уикендов. В его практически круглосуточном расписании (с короткими ночными перерывами) множество самых разнообразных мероприятий.

Программа начинается утром, после завтрака, она организована в три-четыре параллельных “потока” и продолжается до поздней ночи, то есть до окончания астрономических наблюдений, а если позволяет погода – то и до рассвета (к примеру, программа “взрослой” части последнего фестиваля состояла из более чем 60 пунктов).

Сегодня значительную часть “АстроФеста” традиционно занимают научно-



Выступает старший научный сотрудник ГАИШ МГУ кандидат физико-математических наук В.Г. Сурдин. “АстроФест – 2015”.

популярные лекции, которые читают известные ученые нашей страны: научные сотрудники основных астрономических институтов, доктора наук, представляющие РАН, профессора университетов, знаменитые популяризаторы науки. В последние годы популярность набирают круглые столы, дискуссии по разным актуальным и интересным темам науки о космосе. Это вызывает неизменно большой интерес у любознательной публики, которая получает возможность непосредственно пообщаться с учеными и специалистами в разных областях астрономической науки.

Пожалуй, следует отдельно рассказать о второй, важнейшей части программы – ночных наблю-



Выставка астрономической фотографии. Интервью дает заведующий отделом ИНАСАН доктор физико-математических наук Д.З. Вибе. “АстроФест – 2016”.

дениях – одной из самых интересных и зрелищных на “АстроФесте”. Если погода позволяет – десятки и даже сотни телескопов появляются на наблюдательной площадке. Те из участников фестиваля, кто привез технику с собой, устанавливают ее здесь и еще засветло готовят к наблюдениям – тем более, что дневные наблюдения Солнца бывают не менее захватывающими, чем ночные.

Возможность посмотреть в установленные астрономические инструменты предоставляется всем желающим. Более того, среди их владельцев считается хорошим тоном пригласить всех окружающих посмотреть в свой телескоп. То и дело с разных концов площадки доносятся призывы: «Кто хочет взглянуть на Юпитер, увеличение 300 крат?», «А вот туманность “Кошачий глаз”, подходите!». Большие инструменты: например, рефлекторы с диаметрами зеркал 300–400 мм, а порой и больше, вызывают огромный интерес, к ним зачастую выстраиваются нешуточные очереди. Это понятно: вид, например, шарового звездного скопления Геркулеса (M13) и туманностей “Кольцо” или “Рыбачья Сеть” просто не могут оставить равнодушными даже самого неподготовленного зрителя.

Как правило, неподалеку от “визуальщиков” установлены телескопы астрофотографов. Цель этих любителей: не увидеть и рассмотреть небесные объекты, а запечатлеть их – чтобы любоваться самим, показывать друзьям и знакомым или просто “выжать” из своей техники максимум. Эти телескопы, как

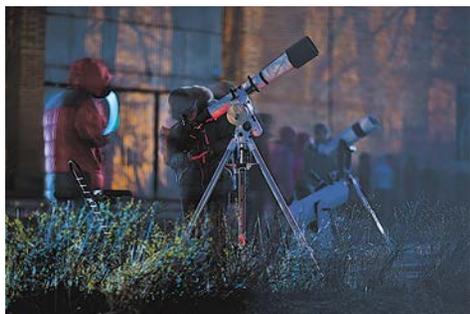
правило, устанавливаются чуть в стороне от визуальных для того, чтобы они не мешали светом своих компьютеров. Но и с этой части площадки доносятся восхищенные возгласы. Трудно сдержаться, когда прямо на глазах публики из только что отснятого видеоролика, после ряда манипуляций в специальных программах, вдруг возникает невероятно четкая картинка с ландшафтами Луны или кольцами Сатурна. После полуночи площадка постепенно пустеет: ведь совсем скоро, после нескольких часов отдыха, предстоит вновь спешить на новые лекции, доклады, семинары, на встречи с друзьями.

Даже если погода не благоприятствует наблюдениям, любителям астрономии, взявшим с собой телескопы, есть чем заняться: инструменты выставляют в специально отведенном просторном помещении, где владельцы могут показать их другим участникам, продемонстрировать свои доработки и усовершенствования (а начинающие – познакомиться с более дорогими, мощными и “продвинутыми” моделями). Те же, кто только задумывается о покупке телескопа, получают здесь авторитетные рекомендации и советы.

Даже если за окнами пансионата дождь и на небе не видно ни одной звезды, благодаря новым технологиям



*Астрономическая площадка.
2008 год.*



Ночные телескопические наблюдения.
"АстроФест – 2016".

у астрономов все равно есть возможность наблюдать небо. Удаленное управление телескопами, установленными где-то вдали от пасмурной Москвы, позволяет наблюдать небо из точек, где погода более "астрономическая". В последние два года участники фестиваля смогли стать виртуальными наблюдателями на 0,5-м и 1-м телескопах, установленных в Чили, благодаря сотрудничеству "АстроФеста" с компанией, которая построила там свою обсерваторию. Результат – великолепные снимки южных туманностей и галактик, а также детальные изображения Сатурна и Юпитера.

Третий из "китов", на которых основана программа "АстроФеста", – практические доклады и семинары. Она наполняется, как правило, рассказами любителей об их оборудовании и обсерваториях, о методах и результатах наблюдений, о поездках и экспедициях.

Еще одна интересная часть программы: всевозможные конкурсы и выставки. Много лет любители привозят на "АстроФест"

Выставка астрономических фотографий на "АстроФесте" в 2009 г.



свои фотографии, самодельные телескопы, приборы и инструменты. Здесь регулярно проводятся конкурсы на лучший снимок в разных номинациях. Большие, красивые, качественно напечатанные и оформленные работы производят сильное впечатление на посетителей. Нигде, пожалуй, нельзя увидеть всю красоту запечатленного космоса так, как на фотовыставке фестиваля. Не менее увлекательно проходит ежегодное соревнование среди телескопостроителей. Энтузиасты, которых не устраивают серийно выпускаемые инструменты, делают их собственноручно, причем порой значительно превосходят то, что выпускает промышленность.

Кроме того, "АстроФест" давно стал местом, где производители телескопов представляют потребителям свою продукцию: делают презентации, демонстрируют оборудование на стендах, организуют торговлю. Велик выбор печатной и сувенирной продукции: это сотни наименований книг о космосе, специализированные журналы, альбомы, футболки с астрономическими сюжетами, календари, магниты.

В последние годы на "АстроФесте" присутствует все больше малышей. Это и дети участников (кстати, многие из них "росли" вместе с ним, а кто-то и появился на свет благодаря "АстроФесту").

Дети тоже должны
смотреть в телескопы.
“АстроФест – 2013”.



Кого-то родители привозят специально, видя интерес ребенка к астрономии. Уже больше пяти лет оргкомитет фестиваля готовит специальную детскую программу. Она состоит, как и “взрослая”, из десятков мероприятий; их проводят специально подготовленные сотрудники и педагоги. Невозможно описать радость ребенка, собравшего свой первый телескоп из линз и луп и взглянувшего в него на Луну. Экспозиции же детских картин и рисунков на заданные темы составляют прекрасное дополнение к фотовыставке фестиваля, а смех и крики на детских площадках или в окрестных парковых зонах, где подростки преодолевают очередной квест, – прекрасное звуковое сопровождение.

Время от времени на фестивале устраиваются концерты, куда приглашают известных композиторов и исполнителей “космической” музыки, либо выступления проводят сами участники.

ПОЧУВСТВОВАТЬ ДУХ “АСТРОФЕСТА”

В 2018 г. “АстроФест” отметил 20-летний юбилей. По отзывам участников, за это время он становился все интереснее и насыщеннее. Фестиваль по-прежнему развивается и растет, его организаторы ищут и находят новые формы, расширяется круг участников. Кстати, по статистике, как правило, лишь малая часть

подобных любительских мероприятий доживает до такого возраста, и причину того, что до сих пор “АстроФест” – “на подъеме”, его организаторы видят, прежде всего, в верности и интеллектуальных силах его участников и в самом предмете нашего увлечения – прекрасном и безграничном Космосе. А еще – в неугасшей до сих пор дружбе и единении, во внутреннем огне, “вспыхнувшем” в сердцах участников на первом фестивале в далеком уже 1999 году, который мы бережно храним.

Читатели журнала тоже могут почувствовать его – нужно всего лишь приехать на фестиваль. Не требуется привозить или даже иметь свой телескоп, не обязательно быть опытным астрономом и наблюдателем – достаточно просто любить небо, интересоваться наблюдениями, иметь желание узнавать новое и находить новых друзей и знакомых.

До встречи на “АстроФесте” в апреле 2019 года!

Сайт фестиваля: astrofest.ru

*А.Ю. Остапенко,
председатель организационного комитета
Генеральный директор фестиваля*

Иллюстрации предоставлены автором

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: март–апрель 2019 г.

DOI: 10.7868/S0044394819010092

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Март		
1	18	Луна проходит в 12' севернее Сатурна (покрытие)
2	22	Луна проходит в 1° южнее Венеры
4	11	Луна в апогее
5	6	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
6	16	Луна проходит в 3° южнее Нептуна
6	16	Новолуние
7	1	Нептун в соединении с Солнцем
10	7	Луна проходит в 4,6° южнее Урана
11	15	Луна проходит в 5,5° южнее Марса
13	10	Луна проходит в 2° севернее Альдебарана (α Тельца)
14	10	Полнолуние
15	1	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
19	1	Луна проходит в 2° севернее Регула (α Льва)
19	19	Луна в перигее
20	22	Весеннее равноденствие
21	1	Полнолуние
25	1	Меркурий проходит в 2,5° севернее Нептуна
27	2	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
27	12	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
28	4	Луна в фазе последней трети
29	5	Луна проходит в 6' южнее Сатурн
29	11	Луна проходит в 20' севернее Плутона (покрытие)
Апрель		
1	0	Луна в апогее
2	2	Меркурий проходит в 30' севернее Нептуна
2	6	Луна проходит в 2,5° южнее Венеры
3	1	Луна проходит в 3,5° южнее Меркурия
3	1	Луна проходит в 3° южнее Нептуна

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
5	8	Новолуние
6	16	Луна проходит в 4,5° южнее Урана
9	8	Луна проходит в 4,5° южнее Марса
9	15	Луна проходит в 2° севернее Альдебарана (α Тельца)
10	6	Луна проходит в 20' южнее Нептуна
10	17	Юпитер переходит от прямого движения к попятному
11	22	Максимальная западная элонгация Меркурия (28°)
12	19	Луна в фазе первой четверти
15	10	Луна проходит в 3° севернее Регула (α Льва)
16	21	Луна в перигее
19	11	Полнолуние
22	23	Уран в соединении с Солнцем
23	11	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
25	8	Плутон переходит от прямого движения к попятному
25	14	Луна проходит в 25' южнее Сатурна (покрытие)
25	19	Луна проходит в 6' севернее Плутона
26	22	Луна в фазе последней четверти
28	19	Луна в апогее
30	2	Сатурн переходит от прямого движения к попятному
30	10	Луна проходит в 3° южнее Нептуна

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

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°		
					восход	заход	восход	заход	восход	заход	
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	
Март	01	22	45,5	-07	53	07:38	18:46	06:50	17:34	07:11	17:14
	11	23	22,7	-04	01	07:20	19:00	06:26	17:55	06:34	17:46
	21	23	59,3	-00	04	07:02	19:13	06:00	18:14	05:58	18:17
	31	00	35,7	+03	51	06:43	19:25	05:35	18:34	05:21	18:48
Апрель	01	00	39,3	+04	14	06:41	19:27	05:32	18:36	05:17	18:52
	11	01	16,0	+08	02	06:23	19:39	05:07	18:55	04:40	19:23
	21	01	53,0	+11	35	06:05	19:52	04:43	19:15	04:03	19:55

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить местное и декретное время захода Солнца 9 апреля 2019 г. в Москве (широта $55^{\circ}45'$, долгота $2^{\circ}31^M$, 2-й часовой пояс).

По таблице “Эфемериды Солнца” интерполируем по широте и дате значение времени захода Солнца на 9 апреля, получаем $18^{\circ}53^M$. Вычитая из него долготу места, прибавим к нему номер часового пояса (+3), получаем $19^{\circ}22^M$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Март	01	23	48,2	00	52	0,0	7,7	0,39	1,0	1,1	1,2	день, вечер
	11	23	44,8	02	17	3,3	10,2	0,04	–	–	–	
	21	23	14,4	–02	13	3,1	10,9	0,06	–	–	–	
	31	23	08,9	–05	29	1,1	9,5	0,27	–	–	–	
Апрель	01	23	10,2	–05	36	1,0	9,4	0,29	–	–	–	
	11	23	37,2	–04	36	0,4	7,8	0,47	–	–	–	
	21	00	21,0	–00	40	0,1	6,7	0,61	–	–	–	
Венера												
Март	01	20	03,5	–19	33	–4,0	15,6	0,72	1,9	1,4	–	утро
	11	20	52,8	–17	20	–3,9	14,7	0,75	1,6	1,1	–	утро
	21	21	40,9	–14	17	–3,9	13,9	0,78	1,3	0,5	–	утро
	31	22	27,8	–10	34	–3,8	13,2	0,81	1,1	–	–	утро
Апрель	01	22	32,4	–10	10	–3,8	13,1	0,81	1,1	–	–	утро
	11	23	18,0	–05	54	–3,8	12,5	0,84	1,0	–	–	утро
	21	00	02,9	–01	21	–3,8	12,0	0,86	0,8	–	–	утро
Марс												
Март	01	02	27,7	15	17	1,2	5,3	0,91	4,8	5,4	6,3	день, вечер
	11	02	54,2	+17	25	1,2	5,1	0,92	4,5	5,0	6,0	день, вечер
	21	03	21,2	+19	19	1,3	4,8	0,93	4,2	4,7	5,6	день, вечер
	31	03	48,6	+20	57	1,4	4,7	0,94	3,9	4,3	5,2	день, вечер
Апрель	01	03	51,4	+21	06	1,4	4,6	0,94	3,8	4,3	5,2	день, вечер
	11	04	19,3	+22	25	1,5	4,5	0,94	3,5	3,8	4,7	день, вечер
	21	04	47,4	+23	26	1,6	4,3	0,95	3,1	3,4	3,7	день, вечер

Таблица III (окончание)

Дата	α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Юпитер												
Март	01	17	23,6	-22	33	-2,1	36,2	0,99	4,2	3,6	1,6	утро
	11	17	28,1	-22	36	-2,2	37,3	0,99	4,5	3,8	1,7	утро
	21	17	31,5	-22	39	-2,2	38,4	0,99	4,8	4,0	1,7	утро
	31	17	33,6	-22	40	-2,3	39,7	0,99	5,2	4,2	1,7	утро
Апрель	01	17	33,7	-22	40	-2,3	39,8	0,99	5,2	4,2	1,7	утро
	11	17	34,3	-22	40	-2,4	41,0	0,99	5,6	4,4	1,7	утро
	21	17	33,6	-22	40	-2,4	33,1	0,99	5,9	4,7	1,7	утро
Сатурн												
Март	01	19	15,5	-21	52	0,6	15,6	1,00	1,7	0,8	-	утро
	11	19	19,0	-21	46	0,6	15,8	1,00	2,1	1,1	-	утро
	21	19	21,9	-21	41	0,6	16,0	1,00	2,5	1,4	-	утро
	31	19	24,3	-21	37	0,6	16,3	1,00	2,8	1,6	-	утро
Апрель	01	19	24,5	-21	36	0,6	16,3	1,00	2,8	1,7	-	утро
	11	19	26,1	-21	33	0,5	16,6	1,00	3,2	1,9	-	утро
	21	19	27,1	-21	32	0,5	16,8	1,00	3,5	2,2	-	утро

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

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий – виден в начале марта около 1 ч по вечерам.

Венера – непродолжительное время видна по утрам в южных регионах России.

Марс – виден по вечерам.

Юпитер – в южных и центральных регионах России виден ранним утром и ночью.

Сатурн – в южных и центральных регионах России виден утром непродолжительное время.

ПОКРЫТИЕ ПЛАНЕТ ЛУНОЙ

В марте и апреле Луна трижды покрывает Сатурн и Плутон. Однако покрытий Сатурна на территории России видно не будет. Покрытие Сатурна 3 марта 2019 г. можно будет наблюдать в северных районах Тихого океана, на юго-западе США и в Мексике. Покрытие Сатурна 29 марта 2019 г. будет наблюдаться в центральной части Индийского океана. Третье покрытие 25 апреля 2019 г. будет наблюдаться только в южной части Тихого океана.

Д.А. КОНОНОВ,
кандидат физико-математических наук
ИНАСАН

МУЗЕЙ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО В КАЛУГЕ

DOI: 10.7868/S0044394819010109

Пятнадцать лет жизни (с 1913 по 1929 г.) Александра Леонидовича Чижевского – ученого, поэта, художника – были связаны с Калугой. По признанию ученого, они пришлись на лучшие годы его жизни, когда «молодой мозг стремился к познанию тайн природы и готов был хвататься за любое явление в надежде извлечь из него что-либо таинственное, неведомое, никому еще неизвестное»¹.

А.Л. Чижевский (1897–1964) является автором трех новых направлений в науке – гелиобиологии, аэроиониологии и электрогеомодинамики (ЗиВ, 1987, № 6; 1997, № 5). В меморандуме Международного конгресса по биологической физике и биологической космологии, состоявшегося в Нью-Йорке в сентябре 1939 г. (А.Л. Чижевский заочно был избран почетным председателем конгресса), говорилось: «...проф. Чижевскому принадлежит приоритет ряда капитальных открытий в биофизике, электрофизиологии, медицине и других областях естествознания. Эти открытия имеют для человечества первостепенное практическое значение и развертывают широкие горизонты в науках о жизни... Но для полноты характеристики этого замечательного



А.Л. Чижевский. 1930-е гг.

человека нам остается еще добавить, что он... является также выдающимся художником и утонченным поэтом-философом, олицетворяя для нас, живущих в XX веке, монументальную личность да Винчи»².

Нет ничего удивительно в том, что сегодня в Калуге в доме, где он жил и работал, создан музей. Это – лучший памятник достойному человеку от благодарных потомков.

Впервые идея создания музея в доме, принадлежавшем семье Чижевских, была высказана в 1968 г. вдовой ученого Ниной Вадимовной. В 1972 г., в год 75-летия ученого, такое предложение прозвучало на Чтениях памяти А.Л. Чижевского в Москве. В этот же год в Калуге в Доме-музее К.Э. Циолковского удалось открыть небольшую выставку о жизни и деятельности Александра Леонидовича. На доме Чижевских установлена мемориальная доска, позже это здание было признано памятником истории и культуры областного значения.

Началось активное сплочение ученых и специалистов, изучающих солнечно-земные связи, влияние искусственно ионизированного воздуха, структуру крови в движении, ее электрические и магнитные свойства. Издаются сборники трудов Чтений «Солнце, электричество,

¹ Чижевский А.Л. Вся жизнь. М.: Советская Россия, 1974. С. 16.

² Ягодинский В.Н. Александр Леонидович Чижевский. М.: Наука, 1987. С. 261–269.



Дом-музей А.Л. Чижевского в Калуге.

жизнь”, главный труд ученого по гелиобиологии “Земное эхо солнечных бурь” (1973, 1976) и его воспоминания “Вся жизнь” (1974). Имя Чижевского, его идеи стали ближе и понятнее всем мыслящим и читающим людям (ЗиВ, 1996, № 6).

Отношение к А.Л. Чижевскому властей в Калуге, которое долгое время оставалось сложным и неоднозначным, стало меняться. У Нины Вадимовны появилась надежда, что в Калуге, в доме Чижевских, будет создан музей. Еще в 1968 г. она передала заведующему Домом-музеем К.Э. Циолковского А.В. Костину, внуку ученого, 20 писем Константина Эдуардовича, адресованные Александру Леонидовичу.

Яркой вехой на пути к созданию музея А.Л. Чижевского в Калуге и окончательного признания ученого стал вечер его памяти в 1989 г. в Доме политпросвещения. В гости в Калугу из Москвы приехали 40 человек, которые близко знали Александра Леонидовича, работали с ним, продолжатели его дела. Это была незабываемая встреча.

Выступая на вечере, ведущий телепередачи “Человек. Земля. Вселенная” дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт В.И. Севастьянов сказал: *«Год от года растет актуальность и значение идей Чижевского. Мощный толчок экспериментальной проверке его трудов дали космические исследования. Особенно велики заслуги Александра Леонидовича перед космической биологией, в самых разнообразных ее аспектах. Люди, занимающиеся проблемой космоса, – ученые, конструкторы, и мы, космонавты, часто в своей работе сталкиваемся с проблемами, которые разрабатывал и решал Чижевский. Мы отдаем ему за это дань уважения и признательности»*³.

Идею создания музея в Калуге поддержали академики Д.С. Лихачёв, О.Г. Газенко, А.Л. Яншин, В.П. Казначеев, космонавты Б.Б. Егоров, В.И. Севастьянов, П.Р. Попович, Ю.В. Малышев, В.В. Поляков. В 1990 г. Калужский облиспол-

³ Манакин А.В. Калуга в жизни А.Л. Чижевского. Калуга: Гриф, 2008. С. 115–116.



*А.Л. Чижевский с женой – Н.В. Чижевской.
Москва, 1963 г.*

ком принимает решение о создании музея А.Л. Чижевского в мемориальном доме. Работа по сбору необходимых материалов, разработка музейной экспозиции были возложены на Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК). Но еще долгих 10 лет пришлось ждать “выселения” конторы Облгаза, занимавшей этот дом. После освобождения дома



Реконструкция рабочего места А.Л. Чижевского в московской квартире на Звездном бульваре.

зданию требовались капитальный ремонт и восстановление. Спустя год после приезда президента В.В. Путина в Калугу (в 2007 г.) на это были выделены необходимые средства.

При создании музея большую помощь оказали воспоминания родственников Александра Леонидовича и знакомых семьи, фотографии и документы. Авторы концепции пришли к мнению, что музей А.Л. Чижевского должен отличаться от Дома-музея К.Э. Циолковского в Калуге, где воссоздана мемориальная обстановка, а научная экспозиция находится в Государственном музее истории космонавтики им. К.Э. Циолковского.

В музее А.Л. Чижевского все разделы должны располагаться под одной крышей. Недостаточно провозгласить: «Чижевский – Леонардо да Винчи XX в., Чижевский – гениальный ученый». В этом музее должна быть представлена информация не только о личности Александра Леонидовича, но и об основных направлениях деятельности, современное развитие и претворение в жизнь его идей российскими и зарубежными учеными. Поскольку Чижевский в этом доме вел наблюдения за Солнцем, то решено было обустроить небольшую обсерваторию для наблюдений солнечных пятен в реальном времени.

С таким видением музея А.Л. Чижевского авторы концепции познакомили главного биографа ученого, философа и журналиста, наследника Чижевских – Л.В. Голованова. Вот что он написал в своем



*А.Л. Чижевский, сестра отца
О.В. Лесли-Чижевская и отец
Л.В. Чижевский. Октябрь
1916 г.*

отзыве 20 января 1990 г.: «Я внимательно познакомился с концепцией – экспозиционным замыслом музея А.Л. Чижевского... Вы проделали очень большую работу и притом весьма добросовестно. Полностью разделяю сформулированные Вами принципы и поддерживаю предлагаемую Вами программную структуру будущего музея...»⁴.

С годами концепция развивалась, обогащалась и апробировалась на выставках (1990, 1997) и в экспозиции Научно-мемориального и культурного центра А.Л. Чижевского, который начал работу в 2000 г. на первом этаже дома.

⁴ Письмо Л.В. Голованова Л.Т. Энгельгардт от 20 января 1990 г. Из личного архива Л.Т. Энгельгардт.



В 2007–2008 гг. подготовлено техническое задание для проекта реставрации и реконструкции здания. Руководителем проекта стала московская “Мастерская Ивана Фомина” во главе с архитектором Л.Ю. Венгловской. После реконструкции внешний вид дома несколько изменился: с западной стороны он имел П-образный вид. В результате соединения выступов первый этаж приобрел дополнительную площадь – 20 м², где находятся касса и сувенирный киоск. Вход в дом был первоначально с северного торца, но в 1976 г. с этой стороны была сделана пристройка, поэтому когда-то запасной вход (с южной стороны) стал основным. Отсутствуют балкон с ажурной оградой во всю длину северной стены и мезонин, который был разрушен ударной волной от взрыва авиабомбы при освобождении Калуги в 1941 г., вместо него под крышей – большое мансардное помещение.

Путешествие по музею начинается на первом этаже экспозицией “Приезд Чижевских в Калугу”, где происходит знакомство с их родословной, детскими годами будущего ученого. Продолжается экскурсия на втором этаже в са-

Начало экспозиции музея “Приезд Чижевских в Калугу”. На диораме – семья Чижевских: отец, сестра отца и Александр на фоне панно с изображением здания калужского вокзала.



Кабинет Л.В. Чижевского.

мой большой комнате – бывшей гостиной. В этом зале размещена научно-биографическая экспозиция. Здесь воссоздан и фрагмент лаборатории аэроионизации, где Чижевский проводил научные эксперименты с животными.

Комнаты, которые занимали члены семьи Чижевских, воссозданы по фотографиям и воспоминаниям родственников. Реконструированы паркетные полы, потолки с карнизом, окна с раскладкой, камин и печь, обои на стенах.

Музей воссоздает не только среду, но и атмосферу высокой духовности, царившей в этом доме.

Отец Чижевского – Леонид Васильевич – кадровый военный, изобретатель командирского артиллерийского угломера, воевал в Первую мировую войну на Галицийском фронте. В 1916 г. получил чин генерал-майора. После революции он перешел на сторону советской власти, за создание в Калуге пехотных курсов красных командиров был удостоен звания “Герой Труда”.

Музей располагает множеством подлинных документов: в его архиве – письма с фронта, рукописи, печатные работы, схемы и чертежи, раскрывающие многолетнее и плодотворное слу-

жение Л.В. Чижевского Отечеству. В кабинете отца висели портреты полководцев и родственников, прославившихся на полях сражений: А.В. Суворова, П.С. Нахимова, М.И. Кутузова, Р.Н. Чижевского. Историко-биографическая экспозиция дополнена форменным кителем генерал-майора артиллерии с орденами и медалями. В экспозиции представлены макет артиллерийского угломера, барометр-ане-

роид, готовальня, офицерский дорожный гигиенический набор. Здесь же – большой письменный стол, напольные часы с боем конца XIX в., диван, кресло, четыре дубовых стула. В генеральском кабинете стояли шведские книжные шкафы, содержавшие более 15 тысяч книг. К сожалению, библиотека не сохранилась, поэтому шкафы-“новоделы” постепенно заполняются типологическими книгами.

Обстановка комнаты Александра Чижевского приближена к той, что была в этом доме при жизни семьи. По фотографиям реконструирован камин, когда-то украшавший комнату и согревавший хозяина. В нем начинающий поэт сжег часть тиража своей первой книги стихотворений, изданной в 1915 г. На письменном столе множество интересных подлинных предметов: рукописи и первые издания трудов молодого Чижевского, книги по астрономии, брошюры К.Э. Циолковского, письма отца с фронта, зарисовки солнечных пятен. Обстановку комнаты дополняют аналоги подлинников – электрическая лампа с зеленым плафоном, письменный настольный прибор, готовальня для черчения. Две стены украшены картинами Александра Чижевского раннего периода и копиями картин любимых им

художников: Уильяма Тёрнера, Архипа Куинджи, Николая Рериха, Камиля Писсаро.

Как и при жизни Чижевского, над его кроватью висит политическая карта Европы. На ней флажками черного и белого цвета Александр отмечал перемещения войск на фронтах Первой мировой войны; в это же время он внимательно следил за солнечной активностью и после длительных наблюдений установил корреляцию между числом солнечных пятен и активностью военных действий. Это было началом его гелиосоциологических исследований.

Отец приобрел для сына два телескопа – Рейнфельда и Секретана. В музее экспонируется телескоп, в который на звезды смотрели К.Э. Циолковский, А.Л. Чижевский и бывший хозяин телескопа Сергей Васильевич Щербakov – директор калужской гимназии, большой любитель астрономии, автор учебника по космографии, выдержавшего 12 изданий.

Книги у дворян Чижевских были главной ценностью. Шура с раннего детства начал собирать личную библиотеку, соревнуясь в этом с отцом. В книжном шкафу находится более 800 книг, принадлежавших А.Л. Чижевскому в последние годы жизни. В каждую из них вклеен экслибрис, выполненный им в 1915 г. В экспозиции представлена типологическая пишущая машинка “Rheinmetall”. Подобную машинку (по распоряжению отца, находящегося на фронте) Александр купил в качестве подарка к Дню Ангела в 1916 г.

Комната А.Л. Чижевского.

Экспонируется и фотоаппарат “Кодак-3”, подобным Александр Чижевский сделал ряд дошедших до нас домашних снимков.

Воссоздана обстановка и комнаты сестры отца Ольги Васильевны Лесли Чижевской. За счет ликвидации коридора комната увеличилась до 42 м², что позволило разделить ее по диагонали на две относительно равные части. С одной стороны – фрагмент комнаты Ольги Васильевны, а с другой – экспозиция, посвященная родной матери А.Л. Чижевского, – Надежде Александровне Чижевской-Невиандт. Предметов здесь немного: портрет Надежды Александровны, два подлинных голландских пейзажа, две почтовые карточки из Мерано и Ментоны – курортных мест Италии и Франции – в них Леонид Васильевич сообщает о состоянии здоровья жены; фотопортрет Л.В. Чижевского в штатском. Представлено фото маленького Шуры в возрасте одного года, сделанное по просьбе Надежды Александровны. Бабушка Агриппина Петровна послала фотографию внука во Францию вместе с локоном его волос.

Экспозиция интерьера комнаты Ольги Васильевны состоит из подлинных



и типологических предметов: в экспозиции комод, туалетный столик с зеркалом, диван, кресла, мягкие стулья, ломберный столик, граммофон. Здесь же подлинная швейная машинка “Зингер”, вышитый бабушкой Чижевского, Елизаветой Семеновной, ковер; картины, а также фотографии, Библия XIX века.

С 1918 г. Ольга Васильевна активно помогала племяннику в его экспериментальных исследованиях по аэроионизации, ухаживала за подопытными крысами: кормила их, взвешивала, чистила клетки. *«Я часто ездил в Москву, – вспоминал Александр Леонидович, – и подолгу оставался там, и вся тяжесть опытов лежала на Леониде Васильевиче и Ольге Васильевне. Но я был уверен в том, что они не подведут меня и что полученные результаты отразят явления природы с исчерпывающей полнотой»*⁵.

В комнате Ольги Васильевны висит портрет ее матери – Елизаветы Семеновны Чижевской-Облачинской – двоюродной племянницы адмирала П.С. Нахимова. Она вместе с дочерью приехала в Польшу к сыну помочь воспитывать осиротевшего ребенка и была его “первым учителем”.

Хотелось бы выразить благодарность внучатой племяннице Чижевского – Т.К. Пучковой, безвозмездно передавшей музею старинный гарнитур, принадлежавший калужским родственникам. Мария Аркадьевна (бабушка



Татьяны Кирилловны), двоюродная сестра Александра Леонидовича, жила в этом доме с 1918 по 1928 г.

Претерпела изменения и планировка столовой: для эвакуации посетителей в случае пожара через нее прошла запасная лестница, однако это не помешало воссоздать фрагмент комнаты. На ее стенах висят подлинная картина А.Л. Чижевского и две фотографии, на которых запечатлены братья Леонид и Аркадий и сестра Ольга. Снимки сделаны Александром перед началом Первой мировой войны.

Экспозиция в мансардном помещении отражает развитие идей А.Л. Чижевского в области гелиобиологии и аэроионизации. Здесь устроена астрономическая площадка, где с помощью современного телескопа “Мицар” ведутся наблюдения солнечных пятен. Из подлинных предметов воссоздан фрагмент последней квартиры Чижевских в Москве на Звездном бульваре, находящейся неподалеку от Мемориального музея космонавтики, открытого в 1981 г. В мансарде экспонируются подлинные предметы: мебель, пишущая машинка “Олимпия”, книги, документы, письма; здесь же представлена современная классическая “люстра Чижевского”.

⁵ Чижевский А.Л. На берегу Вселенной. Годы дружбы с Циолковским. М.: Мысль, 1995. С. 247.



Комната сестры отца
О.В. Лесли-Чижевской.

Для посетителей представляет интерес не только рабочее место Александра Леонидовича, но и Нины Вадимовны, которая печатала его научные труды, многочисленные письма. Машинка служила для нее и источником заработка. После смерти Александра Леонидовича вдова перепечатывала его рукописи, готовя их к изданию; систематизировала архив и передала всю документацию в архив Академии наук. В квартире на Звездном бульваре в гостях у Чижевских часто бывали ученые, писатели, космонавты.

В мансарде на двух плазменных панелях демонстрируются научно-популярные фильмы о гелиобиологии и аэроионизации.

На первом этаже – небольшой выставочный зал, где проходят разнообразные выставки. Ежегодно в день рождения Александра Леонидовича и в день его памяти выставляются подлинные акварельные рисунки, которых в фондах

ГМИК им. К.Э. Циолковского насчитывается около двухсот.

Музей живет активной жизнью: проводятся музыкально-поэтические вечера, на которых в исполнении вокального ансамбля “Гелиос” звучат песни и романсы, написанные калужским композитором Р. Воробьёвой на стихи А.Л. Чижевского.

В музее проходят конференции, посвященные развитию идей А.Л. Чижевского; встречи с учеными: Б.М. Владимирским, Ю.И. Гурфинкелем, В.Л. Воейковым, Л.М. Зеленым, П.М. Нагорским.

Молодежь, интересующаяся наследием Александра Леонидовича, получает в музее ответы на вопросы, а также помощь в творческих поисках.

Популяризация личности А.Л. Чижевского – ученого, поэта, художника, изобретателя, философа и просто человека – главная задача музея.

Музей благодарен всем, кто внес свой вклад в оснащение экспозиции необходимыми материалами; таких людей немало, и первый стенд в вестибюле музея посвящен его дарителям и друзьям.

*Л.Т. ЭНГЕЛЬГАРТ,
заведующая Домом-музеем
А.Л. Чижевского*

Указатель статей и заметок, опубликованных в журнале “Земля и Вселенная” в 2018 году

ГНЕДИН Ю.Н., ГЕРАСЮТИН С.А. Определение основных параметров сверхмассивных черных дыр	1	ШУСТОВ Б.М., НАРОЕНКОВ С.А. Как найти опасный астероид, пока он не нашел нас	4
ГУДКОВА Т.В. Уникальная тектоника Земли	5	СЛУЖБА СОЛНЦА	
ЗАВЬЯЛОВА А.Д. Прогноз землетрясений: проблема и пути ее решения	5	ИШКОВ В.Н. Солнце в августе – сентябре 2017 г.	1
ЗЕЛЁНЫЙ Л.М. Дорога к Марсу. В поисках воды и жизни	4	ИШКОВ В.Н. Солнце в октябре – ноябре 2017 г.	2
ЗЕЛЕНЧУК А.В., КРЫЛЕНКОВ В.А., ЗЕЛЕНЧУК В.А. Зонды для исследования ледяных щитов Земли и других небесных тел	4	ИШКОВ В.Н. Солнце в декабре 2017 г. – январе 2018 г.	3
ИВАНЧИК А.В., ЮРЧЕНКО В.Ю. Нейтринная астрофизика. Космологическое нейтрино	6	ИШКОВ В.Н. Солнце в феврале – марте 2018 г.	4
КУРТ В.Г. С юбилеем, “Спитцер”!	2	ИШКОВ В.Н. Солнце в апреле – мае 2018 г.	5
КОНЕШОВ В.Н. Современные методы морской и аэрогравиметрии, созданные с участием ИФЗ РАН	6	ИШКОВ В.Н. Солнце в июне – июле 2018 г.	6
ЛАМЗИН С.А. Звезды типа Т Тельца	1	ЛЮДИ НАУКИ	
ПОСТНОВ К.А. Гравитационные волны – вестники космических катастроф	3	АЮКОВ С.В., БАТУРИН В.А., ГОРШКОВ А.Б., КИМ И.С., МИРОНОВА И.В. Памяти Эдварда Владимировича Кононовича	1
ПОТЕХИН А.Ю. Физика нейтронных звезд	4	ГЕРАСЮТИН С.А. Лайман Спитцер	2
СОБИСЕВИЧ А.Л., СОБИСЕВИЧ Л.Е. Тайны Эльбрусской вулканической области	5	ГЕРАСЮТИН С.А. Сподвижник С.П. Королёва – Сергей Сергеевич Крюков	6
СОЛОВЬЁВ В.А., СОРОКИН И.В., САЗОНОВ В.В. Исследования Земли с борта российского сегмента МКС	2	ГРИБКО Л.П., ПОНОМАРЁВА Г.А. Витольд Карлович Цераский	4
ТИХОЦКИЙ С.А. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук: из прошлого в будущее	5	ЕРЕМЕЕВА А.И. “Звездный профессор” Клавдия Александровна Бархатова (к 100-летию со дня рождения)	3
ТРИУМФ МИРОВОЙ НАУКИ	3	МАКАЛКИН А.Б. В.С. Сафронов – создатель современной теории образования планет (к 100-летию со дня рождения)	3
ТРУБИЦИН В.П. Уникальная тектоника Земли	5	Памяти члена-корреспондента РАН Виктора Кузьмича Абалакина	6
ШАЛИМОВ С.Л. Ионосферный след от землетрясений	5	ПОГОРЕЛОВ В.В. Азарий Григорьевич Гамбурцев	5
ШЕВЧЕНКО В.И., ЛУКК А.А. Автономное складко-надвигообразование в земной коре	5	СУДАКОВ В.С., РАХМАНИН В.Ф. Борис Сергеевич Петропавловский (к 120-летию со дня рождения)	4
		ШОЛЬ Е.И. Константин Иванович Константинов (к 200-летию со дня рождения)	2

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Вклад российских ученых в открытие гравитационных волн 4
- ДРЕМОВА Г.Н., ДРЕМОВ В.В., ТУТУКОВ А.В. Звезды: от неподвижности до сверхскоростей 2
- ЖЕЛНИНА Т.Н. “Вне Земли” – книга на все времена (к 100-летию публикации) 3
- КУЗЬМИН А.В. Космос Фалеса 6
- РОГОЖИН Е.А. Представления о строении очагов сильных землетрясений 6
- СУДАКОВ В.С., РАХМАНИН В.Ф. Творческая деятельность В.П. Глушко в области создания космических ракет 6

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- ГАЛЕЕВ А.И., НЕФЕДЬЕВ Ю.А., ШАГИЕВ Р.Р. Четвертая молодежная школа “Космическая наука” 2
- Конференция по астрофизике 3
- РАСТОПЧИНА-ШАХОВСКАЯ А.Н., ШУСТОВ Б.М. Всероссийская астрономическая конференция ВАК–2017 3
- РУБЛЁВА Ф.Б. XI Конференция “Школа лектора–2018” 6
- Форум, посвященный 60-летию запуска первого ИСЗ 2

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- БОБЫЛЕВ В.В. Тесные сближения звезд с Солнечной системой 2
- РОДКИН М.В. Спонтанные массовые социальные катаклизмы и гелиомагнитная активность 3
- ХАВРОШКИН О.Б., СТАРОВОРОВ А.В. Космическая пушка для исследования Луны 6
- ХЛЫСТОВ А.И., КЛИГЕ Р.К., СИМКИН В.С. Глобальное потепление и его возможные причины 1

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

- МАЛКОВ О.Ю., КОВАЛЁВА Д.А., КАЙГОРОДОВ П.В. База данных двойных звезд BDB 1

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- РУБЛЁВА Ф.Б. Планетарий и астрономическое образование 1

ПЛАНЕТАРИИ

- БОЛОГОВ И.О., ДАНИЛОВА Ю.Н. Курганский планетарий: дорога к звездам 1

ЭКСПЕДИЦИИ

- ЯЗЕВ С.А. Великое американское затмение 1

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- СОЛОМОНОВ Ю.В., ГЕРАСЮТИН С.А. “Призраки” во Вселенной 6
- ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: март – апрель 2018 г. 1
- ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: май – июнь 2018 г. 2
- ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: июль – август 2018 г. 3
- ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: ноябрь – декабрь 2018 г. 5
- ЩИВЬЕВ В.И. Небесный календарь: январь – февраль 2019 г. 6

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Сейсмичность Земли во втором полугодии 2017 года 3
- СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., КОЛОМИЕЦ М.В. Сейсмичность Земли в первом полугодии 2018 года 6

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- БАРЕНБАУМ А.А. Космос во всем его многообразии 1

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

- Астрономия**
- Астрономический обзор нового поколения 2
- В Галактике обнаружены сложные молекулы 2
- Вода появилась сразу после рождения Земли 4

Вода текла на Марсе в эпоху динозавров	3	Туманность Вуаль	2
Галактика NGC 3981	6	Уточнение сведений о квазарах	1
“Доун”: пятна на Церере	3	“Хаябуса-2” сфотографировала астероид Рюгу	4
Изменения на Церере	4	Шторм на Юпитере	2
Испытания обсерватории Уэбба	4	Экзопланеты: новые открытия	3
Карты Плутона	1	“Юнона”: Юпитер крупным планом	5
КТХ: галактическое скопление	5	Яркий болид	2
Межзвездный астероид	2		
Метановые ливни на Титане	2	Космонавтика	
Модель ядра кометы Чурюмова–Герасименко	3	Запуск и посадка на Марс АМС “Инсайт”	5
На Энцеладе найдена органика	6	Запуск китайской космической обсерватории	1
Нейтронная звезда в Туманности Андромеды	4	Запуск открывателя экзопланет	5
Необычный объект в Главном поясе астероидов	1	Международный договор о строительстве лунной станции	1
“Новые горизонты” летит к тройному астероиду	3	Найден способ уборки космического мусора	6
Новые интересные объекты на Луне	6	Памяти Ю.А. Гагарина	4
Новая гипотеза о происхождении астероидов	1	Планы испытания американских ракеты и корабля	2
Новая карта льда на Луне	6	Полет к астероиду	1
Новый обзорный снимок Марса	3	“Розетта”: архив данных	6
Обнаружение гравитационных волн	1	Российский прибор продолжает работу на Марсе	4
Открытие новых спутников Юпитера	6	Соглашение о постройке орбитального космодрома	2
Открытия после “Кассини”	3	Станция “Тяньгун-1” завершила полет	3
Первый снимок “новорожденной” планеты	6	Студенческий спутник решил научную задачу	3
Пылевая буря на Марсе	6	Сюрприз с “Розетты”	1
Пыльные Плеяды	2	Успешные запуски компании “SpaceX”	3
Поиск экзопланет в обитаемых зонах	3	“Хаябуса-2”: исследование астероида	6
Прощай, “Кассини”!	1	“ЭкзоМарс” приступила к работе	3
“Радиоастрон”: находка водяного мазера	4	“ЭкзоМарс-2020”: испытания парашютной системы	4
Рождение черной дыры	5	Эксперименты по проекту “Sirius”	2
Самая древняя спиральная галактика	2	54–55-я основные экспедиции на МКС	2
Самая древняя галактика	5		
Сверхпузыри газа вокруг галактик	4	Геофизика	
Система адаптивной оптики	1	Гигантский айсберг, отделившийся от Антарктиды	2
Скопление галактик очень большой массы	3	Прогноз изменчивости естественных синоптических периодов в 2018 г.	1
Сложные структуры туманности “Сатурн”	1		
Тайны галактического гало	2	Новые книги	
Трехмерная карта магнитного поля Юпитера	6	Как получали имена созвездия	1
Трехмерная модель солнечной ударной волны	4	Интересное о галактиках	2
		Профессия космонавт	6

Информация

“Хаябуса-2”: первые исследования астероида Рюгу

15 января 2019 г. японская межпланетная станция “Хаябуса-2” (запущена 3 декабря 2014 г.; ЗиВ, 2015, № 2, с. 15) сблизилась с поверхностью астероида (162173) Рюгу и произвела первый “выстрел” в него снарядом (скорость 2 км/с) для исследования геологии небесного тела. Рюгу оказался покрыт не толстым слоем из мелкой пыли, а крупными камнями и галькой размером более сантиметра. Поэтому специалистам пришлось провести дополнительные проверки всех систем станции с точки зрения безопасности и для оценки того, сможет ли “Хаябуса-2” вообще захватить хотя бы какие-то порции грунта.

Напомним, что станция достигла цели своего полета 28 июня 2018 г.: началось длительное торможение и затем приближение к поверхности астероида. Получив первые снимки и данные о рельефе его поверхности и недр, “Хаябуса-2” начала готовиться к процедуре забора грунта (ЗиВ, 2018, № 4, с. 15; 2018, № 6, с. 68–70). Первые шаги по реализации главной задачи миссии (в том числе репетиция сближения с Рюгу) начались 3 октября 2018 г. с посадки на него небольшого спускаемого аппарата “MASCOT” (Mobile Asteroid Surface Scout – мобильный разведчик поверхности астероида; разработан германским Центром авиации и космонавтики (DLR) при содействии французского Национального центра космических исследований (CNES), определившего состав грунта и проводившего видеосъемку). Продолжение репетиции посадки пришлось отодвинуть на середину 2019 г. из-за неожиданного открытия. Оказалось, что астероид усеян крупными камнями, потенциально способными повредить конструкцию станции при ее сближении с поверхностью для сбора проб.

Для чего станции нужна ровная поверхность? Это связано с относительно необычной процедурой забора грунта – уникальной для АМС “Хаябуса-2”: у нее нет манипулятора, способного поднять пробы грунта с поверхности астероида. Станция должна пролететь на высоте 500 метров над Рюгу и “выстрелить” в поверхность пенетратором SCI – ударным цельнометаллическим снарядом массой 5 кг; в результате взрыва в космос улетят частички грунта. После этого станция совершит еще один виток вокруг Рюгу и соберет выброшенную пыль и мелкую гальку с помощью специальной ловушки. Вначале ученые рассчитывали получить несколько десятков грамм реголита, однако этой породы на Рюгу не было обнаружено. Пришлось в наземной лаборатории провести серию дополнительных экспериментов с аналогами, имитирующими поверхность Рюгу. Как надеются ученые, АМС “Хаябуса-2” должна привести на Землю первые абсолютно чистые образцы первичной материи Солнечной системы.

Пресс-релиз JAXA,
18 января 2019 г.

Индекс 70336

Земля и Вселенная, 1/2019

Заведующая редакцией *Л.В. Рябцева*

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

Оператор ПК *Н.Н. Токарева*

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

По вопросам публикации материалов:

(495)276-77-28 (доб. 42-31), e-mail: zevs@naukaran.com

По вопросам сотрудничества:

(495)276-77-35 (доб. 43-01 или 42-91),
e-mail: journals@naukaran.com.

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом
Совета министров СССР по печати 28 июня 1991 г.
Свидетельство о регистрации № 2119

www.naukabooks.ru/zhurnali/katalog/zemlja-i-vselennaja/

Все права защищены.

Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

*Ответственность за точность и содержание рекламных
материалов несут рекламодатели.*

12+

Сдано в набор 27.12.2018 г. Подписано к печати 11.02.2019 г.
Дата выхода в свет 28.02.2019 г. Формат 70 × 100¹/₁₆
Цифровая печать Усл.печ.л. 9.75 Уч.-изд.л. 10.0 Бум.л. 7.5
Тираж 1000 экз. Зак. 855 Цена свободная

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

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

АкадемКнига

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

Для оценки крупных библиотек выезжаем на дом

Принимаем заказы

Формируем библиотеки

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

E-mail: spaseglin@mail.ru

Справки по телефону:

8 (495) 624-7219



ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУКА

NAUKA
PUBLISHERS

НОВИНКИ И АКЦИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



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



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



vk.com/naukapublishers

ИЗДАТЕЛЬСТВО

НАУКА

НАУКА
PUBLISHERS

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

Типографии ФГУП "Издательство "Наука"
www.tnauka.ru

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



- ◆ Удобное месторасположение
- ◆ Тиражи от 20 экземпляров

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

Москва

Санкт-Петербург

Новосибирск

Уважаемые авторы!

Приглашаем вас принять участие в Конкурсе молодых авторов

Конкурс учрежден Издательством «Наука» для привлечения молодых авторов
Заявки и работы для участия в Конкурсе принимаются с 9 января по 31 июля 2019 года

К участию в конкурсе принимаются оригинальные,
не публиковавшиеся ранее, не участвующие в других
конкурсах статьи по трем блокам:

- астрономия, космонавтика, экология, геофизика, геодезия
- энергетика, биоэнергетика
- физика, химия, биология

«Наука»
Индекс 70336

По итогам Конкурса награждаются три победителя:



Сертификат на издание научной
или научно-популярной книги



Сертификат на подготовку
оригинал-макета научной
или научно-популярной книги



Сертификат на редактирование научной
или научно-популярной книги

Подать заявку и узнать подробности
о Конкурсе вы можете на сайте

ys.naukapublishers.ru