

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

№4 (328) ИЮЛЬ-АВГУСТ 2019

астрофизика
космонавтика
планетология

ISSN 0044-3948

РЕСУРСЫ БЛИЖНЕГО КОСМОСА, ИЛИ ЗАЧЕМ НАМ ЛУНА?

МАЛЫЕ КРАТЕРЫ И КАМНИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

НЕРАЗГАДАННЫЕ ТАЙНЫ ЛУНЫ



ИСТОРИЯ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ
ЛУНЫ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

ОБ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ
ПЛАНЫ И БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ





ПРАВИТЕЛЬСТВО
МОСКВЫ



МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА



РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК



Организация
Объединения «Клуб по
вопросам образования,
культуры и культуры»



Международный год
Периодической
таблицы химических
элементов

ВСЕРОССИЙСКИЙ ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ НАУКА + МОСКВА 11-13 ОКТЯБРЯ



ТЕМА 2019 ГОДА

150 ЛЕТ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ
ТАБЛИЦЕ ХИМИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ

-  МГУ
-  ЦВК ЭКСПОЦЕНТР
-  РАН
-  ЗАРЯДЬЕ
-  МЦКО
МОСКОВСКИЙ ЦЕНТР
КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ
-  **90 ПЛОЩАДОК**
ПО ГОРОДУ НА БАЗЕ ВУЗОВ,
МУЗЕЕВ, НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ,
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

0+
ВХОД
СВОБОДНЫЙ

FESTIVALNAUKI.RU

РЕКЛАМА

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ



ПАРТНЕРЫ



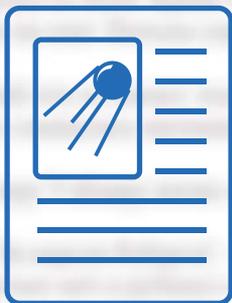


Издательство “Наука” оказывает услуги:

- 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



НАУКА

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 И ВСЕЛЕННАЯ

№ 4(328) ИЮЛЬ-АВГУСТ, 2019

ISSN 0044-3948

космонавтика
астрономия
геофизика

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:

Пространственная локализация
быстрого радиовсплеска [15];
Миссия “Берешит”: неудачная
посадка и успех популяризации [35];
“OSIRIS-REx” исследует
астероид Бенну [51];
Экипаж “SIRIUS-19” завершил
четырёхмесячный эксперимент [76];
Обнаружен метан на Марсе? [81];
“Хаябуса-2”: образцы
с астероида Рюгу [85];
Вторая индийская станция –
на пути к Луне [89];
NASA отправит винтокрылый
аппарат на Титан [101]

Новые книги

Левитан Е.П. “Сказочная Вселенная”
(волшебная энциклопедия
для детей о космосе) [100]

На стр. 1 обложки:

Обитаемая лунная база
в представлении художника

В НОМЕРЕ:

- | | |
|---|----------|
| Колонка главного редактора | 3 |
| ШЕВЧЕНКО В.В. Как Море Восточное оказалось на западе (история обратной стороны Луны продолжается) | 5 |
| МИТРОФАНОВ И.Г., ЗЕЛЁНЫЙ Л.М. Об освоении Луны. Планы и ближайшие перспективы | 16 |
| ЛЕОНОВ В.А. Ресурсы ближнего космоса, или зачем нам Луна? | 38 |
| ИВАНОВ М.А. Неразгаданные тайны Луны | 52 |
| БАЗИЛЕВСКИЙ А.Т. Что мы видим на поверхности Луны? | 64 |
| Служба Солнца | |
| ИШКОВ В.Н. Солнце в феврале – марте 2019 г. | 77 |
| Люди науки | |
| Юбилей Алины Иосифовны Еремеевой | 82 |
| In memoriam | |
| Николай Семёнович Кардашёв | 84 |
| Роальд Саввович Кремнёв | 86 |
| История науки | |
| ШУБИН П.С. На заре лунной гонки... | 90 |
| Новые книги | |
| ЛЕВИТАН Е.П. “Сказочная Вселенная” (волшебная энциклопедия для детей о космосе) | 100 |
| Фантастика | |
| АРБИТМАН Р. Распиленная Луна доктора Каца | 102 |

© 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. Zelenyi; Deputy Editor O.V. Zakutnaya; Deputy Editor O.Yu. Malkov

Редакционная коллегия:

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

IN THIS ISSUE:

Editorial 3

SHEVCHENKO V.V. How Mare Orientale has Appeared on the West (History of the Dark Side of the Moon Continued) 5

MITROFANOV I.G., ZELENYI L.M. On the Exploration of the Moon. Plans and Nearest Prospects 16

LEONOV V.A. Resources of the Near Space, or Why Do We Need the Moon? 38

IVANOV M.A. Unsolved Mysteries of the Moon 52

BAZILEVSKY A.T. What Do We See on the Moon Surface? 64

Solar Monitoring Service

ISHKOV V.N. The Sun in February – March 2019 77

People of Science

Anniversary of Alina Iosifovna Eremeyeva 82

In memoriam

Nikolay Semenovich Kardashev 84

Roald Savvovich Kremnev 86

History of Science

SHUBIN P.S. At the Dawn of Lunar Race... 90

New Books

E.P. Levitan's Book "Fairy-Tale Universe" (Magic Encyclopedia for Kids about Space) 100

Science Fiction

ARBITMAN R. The Sawn Moon of Doctor Katz 102

Колонка главного редактора

Дорогие читатели!

Вы держите в руках номер, почти полностью посвященный Луне. Поводом для этого стал 50-летний юбилей первой высадки человека на поверхности нашего естественного спутника. Хотя программа “Аполлон” (и вообще пилотируемые полеты далее земной орбиты) пока не получила развития, исследования Луны с помощью автоматических аппаратов продолжались и стали особенно интенсивными уже в новом тысячелетии. Луна преподнесла немало сюрпризов ученым, которые, надо сказать, в какой-то момент уже полагали, что этот объект Солнечной системы уже довольно изучен и ничего совершенно нового ни о нем, ни с его помощью узнать не удастся. Но диалектика, которую мы “учили не по Гегелю”, а по учебнику философии для вузов, говорит нам, что все развивается по спирали. На новом витке этой спирали уже в XXI веке стало ясно, насколько мы ошибались и сколько еще “открытий чудных”, о которых Вы узнаете из статей этого выпуска, преподнесет нам новый этап исследований Луны.

Во время подготовки этого выпуска произошли два события. Как часто бывает в жизни, печаль соседствует с радостью. В начале августа ушел из жизни академик Николай Семёнович Кардашёв, выдающийся астрофизик и руководитель проекта “Радиоастрон” (“Спектр-Р”). Космический аппарат “Спектр-Р”, ключевой для этого проекта, был первым в ряду обсерваторий серии “Спектр”, о которой я кратко рассказывал в предшествующем выпуске журнала.

Николаю Семёновичу посвящен опубликованный в этом выпуске некролог, но, конечно, это – лишь малая толика его вклада в космическую науку.



Второе событие – в середине июля состоялся долгожданный запуск космической астрофизической обсерватории “Спектр-РГ”, второго аппарата серии “Спектр”.

Этот старт, первоначально намеченный на середину 1990-х годов, по разным причинам неоднократно переносили, как говорят ракетчики, “вправо”, но в середине лета, 13 июля 2019 года, он наконец-то состоялся.

Проект “Спектр-РГ” в своем нынешнем облике готовился к запуску более десяти лет (если считать от самого появления идеи серии “Спектр”, то более 30 лет). Этот срок не так уж и велик по мировым меркам, но на фоне общего тяжелого состояния нашей ракетно-космической отрасли череда задержек и переносов, казалось, так и не приведёт к запуску. Памятен был и трагический опыт проекта “Фобос-Грунт”.

В этой колонке мне хотелось бы вернуться немного назад и вспомнить недели и дни, которые предшествовали запуску. Первоначально старт планировался на 21 июня, но был перенесен: вначале на резервную дату 22 июня, а потом уже и на 12 июля. Однако утром 12 июля стало известно о новом переносе на последнюю резервную дату – 13 июля. Для этого были объективные причины, о которых много говорили в СМИ, и, конечно, состояние



Запуск космической астрофизической обсерватории "Спектр-РГ" 13 июля 2019 г. с помощью РН "Протон-М" с РБ ДМ-03. Космодром Байконур. Фото КЦ "Южный" / ЦЭНКИ

участников проекта было очень напряженным. Отмена запуска и в этот день грозила уже многомесячными задержками и сложными и дорогими дополнительными работами для подготовки к новому старту.

В этот день, 13 июля, я был на космодроме вместе с Государственной комиссией по проекту. А в Институте космических исследований РАН – главной организации по научной полезной нагрузке аппарата "Спектр-РГ" – несмотря на выходной (суббота) были организованы телетрансляция и семинар. Участники проекта коротко рассказали о задачах СРГ и его долгой истории, а затем все присутствовавшие смогли с волнением наблюдать за самим запуском, который транслировался в прямом эфире телестудией "Роскосмоса".

Несмотря на все сложности, выведение аппарата на траекторию полета в точку либрации L2, где ему предстоит проводить научные наблюдения, прошло идеально. Надо поблагодарить специалистов Центра эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры, Центра им. М.В. Хруничева и Ракетно-космической корпорации "Энергия" им. С.П. Королева, которые на 45-градусной жаре сумели вовремя подготовить ракету к запуску.

Перелет аппарата к "месту работы" займет порядка трех месяцев. К настоящему моменту (конец июля) были проведены коррекции траектории, откинута крышка телескопов, получены первые изображения и начаты калибровки и юстировки научных приборов.

Надеемся, что в следующих выпусках журнала мы сможем подробнее рассказать об этом проекте и о первых научных результатах двух установленных на космическом аппарате телескопов: российского и германского.

Не загадывая, скажем, что мы надеемся на долгую и плодотворную работу уже с научными данными обсерватории и на то, что этот запуск станет переломной точкой в развитии нашей космической отрасли в целом. В следующем году ожидается старт российской-европейской миссии "Экзо-Марс-2020", еще через год – первого аппарата российской лунной программы. А наш журнал постарается оперативно информировать вас о самых важных и интересных научных результатах, которые они принесут.

*Главный редактор журнала
"Земля и Вселенная"
академик Лев Матвеевич Зелёный*

КАК МОРЕ ВОСТОЧНОЕ ОКАЗАЛОСЬ НА ЗАПАДЕ (история обратной стороны Луны продолжается)



В.В. ШЕВЧЕНКО,

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

DOI: 10.7868/50044394819040017

Исследования невидимого с Земли полушария Луны, начатые в 1959 г. при запусках первых космических лунников, были продолжены в 1965 г. с использованием новой серии космических аппаратов. Автоматические межпланетные станции “Зонд” предназначались для изучения Венеры и Марса. Одна из первых АМС этого типа, “Зонд-3” была направлена к Луне для отработки новой съёмочной аппаратуры. В процессе облета земного спутника были получены изображения обратной стороны, оставшиеся за пределами съёмок, выполненных в 1959 г. В результате этого эксперимента появились возможности составления карты и глобуса Луны, покрывающих уже почти 90% всей лунной поверхности.

НАЧАЛО ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ “ЗОНД”

До середины 1960-х гг. восточная часть обратной стороны Луны оставалась неизвестной. В 1962–1965 гг. в ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва), руководимом академиком

С.П. Королёвым, было разработано новое поколение унифицированных автоматических межпланетных станций серии ЗМВ для исследования Солнечной системы, в частности для полетов к Венере и Марсу. На стадии отработки новых аппаратов один из них (первая станция этой серии стартовала 11 ноября 1963 г.), получивший название



*Макет АМС "Зонд-3"
в Государственном музее истории
космонавтики им. К.Э. Циолковского (Калуга)*

"Зонд-3", был направлен в дальний космос с предварительным облетом Луны с целью получения и передачи на Землю новых снимков ее обратной стороны.

20 июля 1965 г. АМС "Зонд-3" пролетела на минимальном расстоянии 9220 км от лунной поверхности и передала на Землю 25 снимков восточного сектора обратной стороны Луны, полученных с помощью новой, более совершенной фототелевизионной системы (ЗиВ, 1965, № 4). Использовалась специальная камера с фокусным расстоянием 106,4 мм, светосилой 1:8 и специальная 25-мм фотопленка, защищенная от воздействия космической радиации. Экспозиции равнялись 1/100 и 1/300 с.

К этому времени установились прочные научные связи между Отделом физики Луны и планет, руководимым известным астрономом, доктором физико-математических наук

Ю.Н. Липским, и ОКБ-1 С.П. Королёва. В кооперации с ЦНИИГАиК создавались лунные карты на районы будущих посадок автоматических станций, обсуждались места для высадки космонавтов. Ю.Н. Липский занимал официальную должность научного консультанта ОКБ-1. Поэтому вопрос о том, кому поручить научную обработку материалов новой космической съемки Луны, перед С.П. Королёвым не стоял. Как только с борта АМС "Зонд-3" были переданы первые изображения, Сергей Павлович вызвал Юрия Наумовича с группой сотрудников для оперативной обработки поступающих данных.

Научная группа была размещена рядом с кабинетом С.П. Королёва (в кабинете его заместителя и давнего соратника, одного из пионеров ракетостроения, М.К. Тихонравова; ЗиВ, 1980, № 5; 2000, № 4). В течение лета были получены первые результаты и подготовлены первые публикации. Вскоре по предложению С.П. Королёва было подготовлено правительственное решение о создании на основе полученных данных второй части "Атласа обратной стороны Луны" и серии лунных карт и глобусов, обеспечивающих продолжение и развитие лунной программы исследований. Руководителем всего комплекса работ был назначен Ю.Н. Липский (ЗиВ, 2009, № 6).

В ГАИШ МГУ была разработана методика привязки снимков невидимого полушария по опорным пунктам видимой стороны, составлены фотокарта и каталог более 3000 новых образований. В результате обобщения результатов съемок АМС "Луна-3" (октябрь 1959 г.; ЗиВ, 2009, № 4) и "Зонд-3" было окончательно установлено асимметричное строение лунного шара, так как базальтовые излияния, образующие лунные моря, расположены преимущественно на видимой стороне. На обратной стороне были выявлены

крупные кольцевые депрессии диаметром 400–600 км и более, не заполненные лавой. Одному из таких крупных образований диаметром более 400 км и глубиной 3300 м впоследствии было присвоено название Королёв, в честь Главного конструктора ракетно-космических систем.

В январе 1966 г. С.П. Королёв неожиданно ушел из жизни в самый разгар работ над материалами съёмок “Зонда-3” (его внимание к научным исследованиям Луны было постоянным и весьма активным). Многие организационные вопросы и вопросы, связанные с материальной и финансовой поддержкой работ, проводимых Ю.Н. Липским и его коллегами, решались при действенном вмешательстве С.П. Королёва (их последний телефонный разговор состоялся в последний рабочий день Главного конструктора). Сергей Павлович предупредил, что ложится на несколько дней в больницу и пообещал по возвращении сразу же обсудить состояние работ.

После смерти С.П. Королёва создавалась сложная ситуация с выполнением комплекса работ, руководимых Ю.Н. Липским (ЗиВ, 2000, № 2). Новое руководство ОКБ-1 не интересовалось научной стороной проблемы. Тесное сотрудничество разработчиков лунной космической программы с исследователями Луны было прервано.

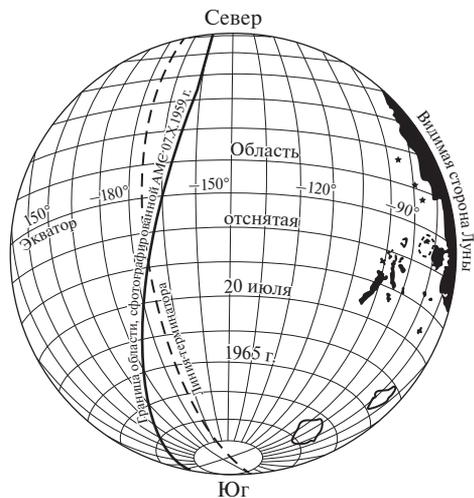


Схема обратной стороны Луны с указанием территорий, сфотографированных АМС “Луна-3” 7 октября 1959 г. и АМС “Зонд-3” 20 июля 1965 г.

В этот трудный период кооперация ученых из Москвы, Киева, Харькова и Ленинграда, созданная под руководством Ю.Н. Липского, получила активную поддержку со стороны другого пионера и корифея космических исследований в нашей стране, Главного конструктора ракетных двигателей академика В.П. Глушко (ЗиВ, 1998, № 5; 2008, № 4; 2018, № 6). Будучи не только выдающимся создателем самых мощных в мире ракетных двигателей, но и не менее выдающимся ученым со стратегическим складом

Фрагмент изображения обратной стороны Луны, переданного с борта АМС “Зонд-3”. В левой части, вблизи терминатора, расположена крупная кольцевая депрессия, названная впоследствии именем С.П. Королёва





Обложка Атласа обратной стороны Луны (часть II). Издательство "Наука", 1967 г.

мышления, Валентин Петрович прекрасно понимал всю важность фундаментальных научных исследований для определения целей и задач космических проектов.

Все последующие годы, вплоть до самой смерти Ю.Н. Липского, их связывали тесные, плодотворные отношения. Когда В.П. Глушко в должности Генерального конструктора возглавил НПО "Энергия" (1974–1989), возобновились работы по лунной тематике. В комплексном проекте создания обитаемой лунной базы В.П. Глушко поручил Ю.Н. Липскому и его сотрудникам астрономическое обеспечение всех работ, в частности выбор места будущего базирования.

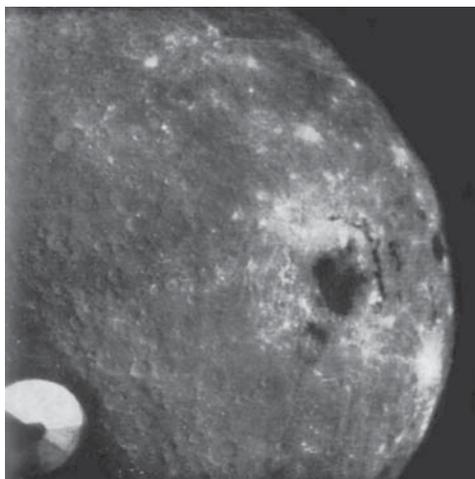
Благодаря поддержке В.П. Глушко в 1967 г. была успешно завершена подготовка второй части "Атласа обратной стороны Луны", первой в мире Полной карты Луны и полного глобуса Луны.

Авторский коллектив "Атласа обратной стороны Луны" (часть 2) во главе с Ю.Н. Липским посвятил это издание памяти С.П. Королёва.

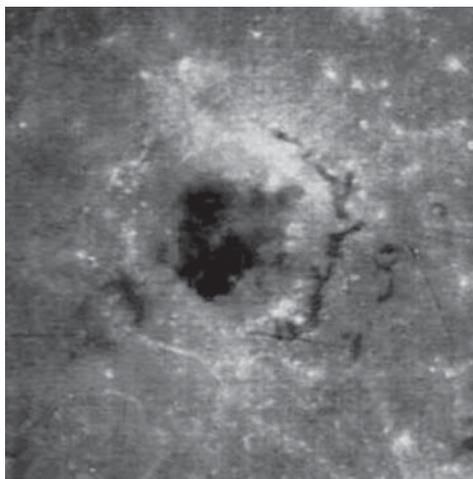
МОРЕ ВОСТОЧНОЕ, КОТОРОЕ ОКАЗАЛОСЬ НА ЗАПАДЕ

Возникшая путаница со странами света на Луне объяснялась тем, что в докосмическую эпоху карты, снимки и другие справочные материалы при использовании имели телескопическую ориентацию. Исследователям было привычнее рассматривать все графические лунные материалы так, как если бы они наблюдались через телескоп – "юг наверху, север внизу, восток справа, запад слева". Море Восточное расположено примерно на границе видимого полушария. При благоприятной либрации наблюдатели могли на самом краю видимого диска различать окраинные структуры этого кольцевого образования. Поскольку при традиционной ориентации в телескоп эти детали просматривались на условном "востоке", практически невидимое с Земли формирование получило название Моря Восточного.

В 1961 г. Международным астрономическим союзом было принято решение о перемене в лунных исследованиях сторон света "восток–запад" местами, поскольку такая ориентация соответствует ситуации современных наблюдений лунного шара из космоса. Так Море Восточное оказалось на западной окраине видимого с Земли полушария Луны. Но космические съемки, выполненные с борта АМС "Зонд-3", опять показали, что название Моря Восточного соответствует его положению на поверхности лунного шара. На видимом диске Луны, наблюдаемом из космоса со стороны обратного полушария, Море Восточное располагается у восточного края диска.



Снимок обратного полушария Луны, полученный АМС "Зонд-3", на котором Море Восточное располагается у восточного края видимого диска (справа)



Участок лунной поверхности на одном из снимков, полученных АМС "Зонд-3", на котором просматривается в деталях структура внешних колец Моря Восточного

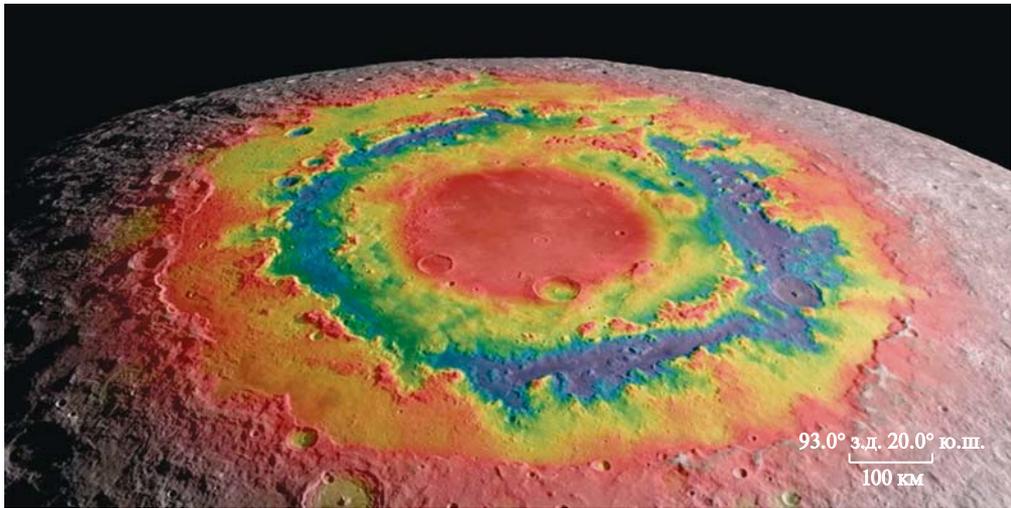
Море Восточное – одна из самых поразительных крупномасштабных деталей на поверхности Луны. Как оказалось, изучение всей структуры Моря Восточного открыло перед исследователями новые детали процессов возникновения ударных кольцевых образований на спутнике Земли. Центральная котловина, диаметром 960 км, образовалась из-за столкновения с астероидом более трех миллиардов лет назад. Удар вызвал волновые движения в лунной коре, благодаря которым и возникли три внешние концентрические окружности возвышенностей. Расплавленная лава из лунных недр заполнила место соударения, образовав темную гладкую поверхность, а также области между внешними кольцевыми структурами горного типа.

Исследователи давно пытались разгадать причину образования столь необычного ландшафтного явления на поверхности земного спутника. Но окончательное решение сформировалось уже в наше время, спустя почти полвека после первых снимков Моря Восточ-

ного, полученных АМС "Зонд-3". Начатая в 2011 г. программа NASA "GRAIL" по изучению гравитационного поля и внутреннего строения Луны позволила построить подробные гравитационные карты Моря Восточного и его окрестностей (научная программа завершилась в конце мая 2012 г.; ЗиВ, 2012, № 2, с. 35–36; 2012, № 6, с. 34).

Моделирование, проведенное на основании подробных гравитационных карт, показало, что Море Восточное было образовано падением объекта диаметром около 64 км, летевшего со скоростью примерно 14 км/с. Специалисты смогли понять, как верхние слои лунной коры восстановились после удара: теплые и пластичные породы из недр Луны текли по направлению к точке удара. Этот внутренний поток образовал скалы высотой несколько километров, которые и составляют внешние два кольца.

Планетологи считают, что на Земле, Марсе и других объектах Солнечной системы имеется много подобных объектов, однако из-за более активных



Фрагмент гравитационной карты области Моря Восточного, построенной по данным, полученным в процессе осуществления программы "GRAIL" по изучению гравитационного поля и внутреннего строения Луны. 2011–2012 гг. По данным NASA

геологических процессов, сейчас уже трудно понять их историю. Луна в этом смысле – уникальная астрономическая лаборатория, сохранившая память о древних событиях в истории Солнечной системы.

НЕСОСТОЯВШЕЕСЯ ОТКРЫТИЕ

Первые изображения наиболее крупной в Солнечной системе кольцевой структуры, известной теперь как бассейн "Южный полюс – Эйткен", были получены АМС "Луна-3" во время первого фотографирования обратной стороны Луны в 1959 г. Но качество снимков и полнолунные для этой территории условия освещения не позволили исследователям тогда уверенно интерпретировать характер наблюдаемого образования. Плановое положение этой структуры, наблюдавшейся по четырем фотографическим изображениям на краю видимого диска, определялось центральным потемнением с поперечником примерно 1500 км и координа-

тами центра 179° в.д. и 50° ю.ш. На карте, которая была составлена в 1960 г. по фотографиям, полученным 7 октября 1959 г. АМС "Луна-3", образование было обозначено как "Море Мечты".

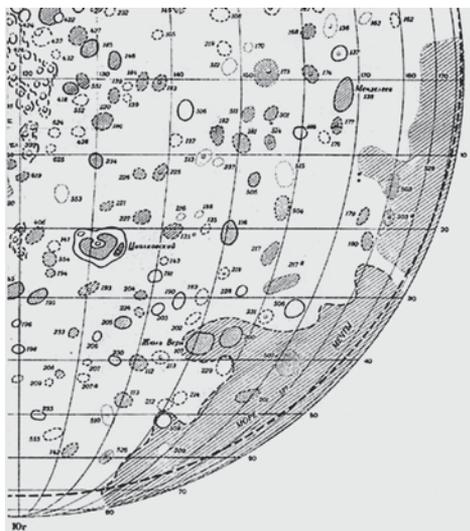
Современные параметры бассейна были определены по снимкам, переданным с АМС "Галилео" (ЗиВ, 2004, № 3), а также по снимкам и результатам лазерной альтиметрии, полученным с АМС "Клементина". Согласно этим данным, общий диаметр кольцевой структуры составляет около 3500 км. Размер центральной части кольцевой структуры бассейна достигает 1400 км. По современным определениям, селенографические координаты центра этого самого большого во всей Солнечной системе кольцевого образования составляют 180° долготы и 50° ю.ш.

Можно заключить, что предварительная идентификация бассейна Ю.Н. Липским и его сотрудниками в 1959 г. была вполне надежной. В первых описаниях западной части структуры отмечалось, что ее поверхность включает многочисленные кратеры и кратерные моря. Это

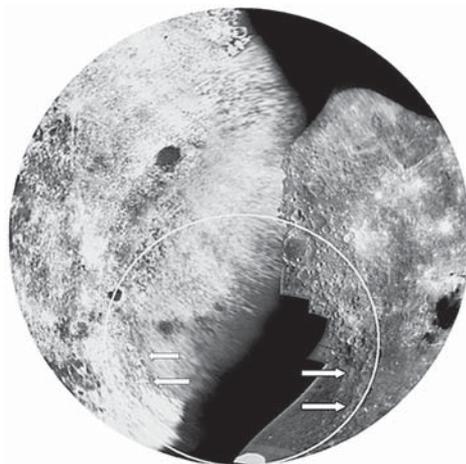
также полностью совпадает с современным представлением о характере дна бассейна “Южный полюс – Эйткен” (ЗиВ, 2014, № 2).

Приведу еще один любопытный пример морфологического анализа рассматриваемой области. Известный канадский исследователь Ф. Дж. Стук через несколько лет после съемок обратной стороны Луны АМС “Зонд-3” попробовал путем проекции изображений на сферический экран совместить снимки, полученные в 1959 и 1965 гг. Результат получился очень впечатляющим. Следы кольцевой структуры просматриваются в обоих случаях. Особенно это заметно на снимках, полученных АМС “Зонд-3”, благодаря боковому освещению горных цепей.

Однако на появившихся во второй половине 1960-х гг. снимках американских АМС “Лунар Орбитер” планетологи не смогли обнаружить признаки очертаний гигантского бассейна. В результате этого границы всего образования были уменьшены и название “Море Мечты” закреплено только за небольшой темной структурой (диаметром около 270 км) в северо-западной части бассейна. На последующих съемках структура “Южный полюс – Эйткен” просматривается во всех подробностях, что привлекает к этому образованию особое внимание. Уникальной особенностью кольцевого образования является отличие от центрально-круговой симметрии в расположении внутренних колец бассейна, что может указывать на движение гипотетического ударника по траектории (или орбите), почти нормально ориентированной к плоскости эклиптики. В сочетании с выявленным очень малым соотношением “глубина – диаметр” в первоначальной структуре бассейна, это обстоятельство позволяет выдвинуть гипотезу о падении гигантской кометы,



Схематическая часть первой карты обратной стороны Луны, построенной по снимкам, полученным АМС “Луна-3” (1959 г.), на котором в виде темного образования, обозначенного как “Море Мечты”, просматривается крупнейшая в Солнечной системе кольцевая структура



Изображение обратной стороны Луны, полученное совмещением на сферическом экране снимков с АМС “Луна-3” и “Зонд-3” (в кружке кольцевая структура указана стрелками). По данным Ф. Дж. Стук

сформировавшем бассейн “Южный полюс – Эйткен”.

Последующие более подробные съемки, сделанные АМС “Зонд-5, -6, -7, -8”, полностью подтвердили предварительные данные о данной кольцевой структуре. Об этом будет рассказано в дальнейшем.

ПЕРВЫЕ ПОЛНЫЕ ГЛОБУС И КАРТА ЛУНЫ

С учетом снимков, полученных первыми фотоаппаратами обратной стороны Луны – автоматическими космическими станциями “Луна-3” и “Зонд-3”, исследователям стали доступны примерно 90% территории лунного шара.

Это позволило впервые в мире построить полный глобус Луны и полную карту Луны, отображающих оба лунных полушария – видимое с Земли и обратное. Глобус Луны стал очень популярным наглядным пособием в учебном процессе, при научно-популярных мероприятиях и в различных формах пропаганды современных достижений космических исследований. Следует отметить, что многие космические проекты по изучению Луны в первом приближении рассматривались также с использованием лунного глобуса. Лунные глобусы появились в кабинетах многих руководителей космической отрасли.

Увеличенные копии лунного глобуса демонстрировались на различных выставках, в музеях и планетариях. Один



Ученые и преподаватели ГАИШ МГУ у первого полного глобуса Луны: М.У. Сагитов, Ю.П. Псковский, Ю.Н. Липский и Н.Б. Григорьева. 1967 г.



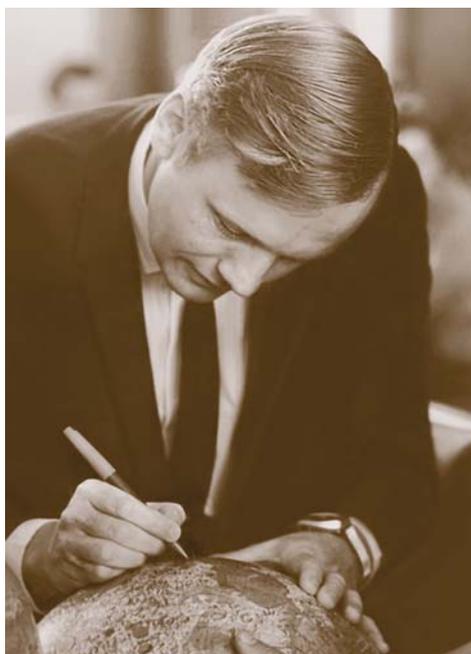
Генеральный конструктор В.П. Глушко и генерал А.К. Керимов (слева) при обсуждении лунных проектов. А.К. Керимов многие годы был председателем Госкомиссии по летным испытаниям пилотируемых космических кораблей. В течение 25 лет он принимал окончательное решение о запуске всех космических кораблей с космонавтами. Лунные глобусы использовались высшими руководителями космической отрасли на начальном этапе обсуждения новых проектов. 1970-е гг.

из таких больших глобусов украшал отечественную экспозицию на всемирной выставке в Монреале в 1967 г. Когда в 1970 г. Московский государственный университет посетил первый человек, побывавший на Луне – Н. Армстронг, он оставил свой автограф на лунном глобусе, который теперь хранится в музее ГАИШ МГУ.

Полная карта Луны, первое издание которой вышло в свет в 1967 г., имела масштаб 1:5 000 000 (в одном сантиметре карты умещается 50 км лунной территории), она была издана на 9 листах. Все последующие, более подробные издания полной карты Луны сохраняли этот формат.

Первая полная карта Луны была подготовлена под научным руководством Ю.Н. Липского совместно ГАИШ МГУ и Топографо-геодезической службой СССР. Для данной карты была специально разработана так называемая произвольная цилиндрическая проекция, построенная при условии, что искажения углов не превосходили $\pm 5^\circ$ в области широт $\pm 50^\circ$. Площади образований на крайних параллелях $\pm 60^\circ$ увеличены на карте в два раза, в то время как, например, в проекции Меркатора эти детали были бы увеличены в 4 раза. Полярные области на карте изображены в равноугольной азимутальной проекции. На двух листах карты (7 и 8) был приведен практически полный список всех лунных наименований форм рельефа в русской и латинской транскрипции. Редактором изданий первых полных карт и глобусов с 1966 г. являлась сотрудник Отдела исследований Луны и планет ГАИШ МГУ Ж.Ф. Родионова (ЗиВ, 2015, № 2).

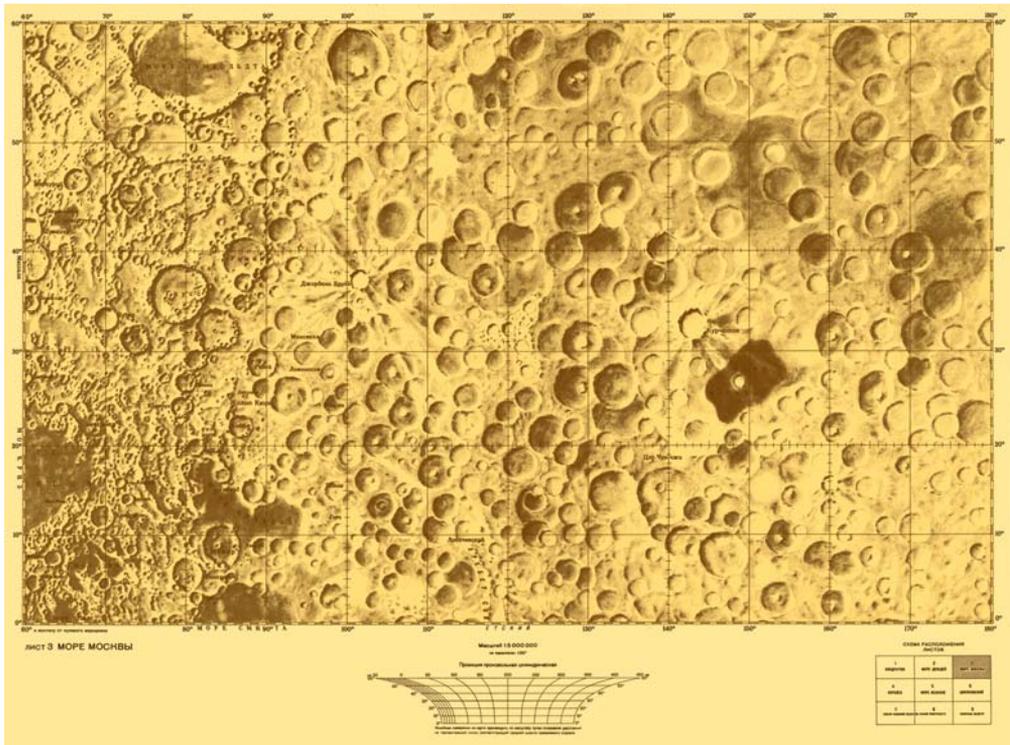
Первая полная карта Луны позволила ввести в научный оборот информацию о всей поверхности Луны. На листах карты была хорошо передана разница двух основных типов поверхности: материкового (занимает 83%



Американский астронавт Нейл Армстронг ставит автограф на лунном глобусе на изображении Моря Спокойствия, где совершил посадку КК "Аполлон-11", выделяя особо две даты – день своего выхода на лунную поверхность и день посещения МГУ. 1970 г.



Автограф, оставленный американским астронавтом Нейлом Армстронгом на лунном глобусе во время посещения астронавтом Московского университета. 1970 г.



Лист №3 первого издания полной карты Луны (60–180° в.д.), 1967 г. На территории, относящейся к обратному полушарию, выделяется темная область Моря Москвы. К северо-западу изображен кратер Джордано Бруно – центр крупной системы светлых лучей

всей поверхности, характеризуемого высоким альбедо, значительными неровностями и большим количеством кратеров) и морского типа (составляет 17% поверхности, отличающегося низким альбедо, пониженным, относительно ровным рельефом и меньшим количеством крупных кратеров). В общей сложности на листах полной карты Луны было показано свыше 10 тыс. образований.

Яркостные особенности лунной поверхности на карте были переданы вариациями тона цветовой отмывки. Для этого предварительно составлялся макет границ областей различного альбедо. Сведения о яркостных особенностях поверхности значительно повышают информативность карты. В настоящее

время установлено, что степень отражающей способности лунного материала определяет химический состав пород. Величина альбедо лунной поверхности может использоваться в качестве предварительного указания на тип пород, имеющих преимущественное распространение в том или ином районе. Кратеры с лучевыми системами, представляющими собой длинные, светлые, радиально исходящие из кратера полосы, также были показаны на карте, хотя эти образования можно увидеть лишь при отвесно падающих лучах Солнца.

Первая полная карта Луны с момента своего появления сразу стала широко применяться для решения важных научных задач: получения количественных показателей, например, площадей

Космонавт П.Р. Попович преподносит полную карту Луны президенту Югославии И.Б. Тито во время своего визита в эту страну. 1967 г.



морей, бассейнов и кратеров, проведения районирования по одному или нескольким признакам, выявления пространственных закономерностей, а также для анализа распределения по поверхности характерных форм рельефа.

Созданная в Отделе исследований Луны и планет ГАИШ МГУ карта получила широкое распространение в ка-

честве наглядного примера выдающихся на тот момент достижений отечественной космической науки и техники. Не один раз эта карта служила достойным подарком на разных уровнях международного сотрудничества нашей страны с другими государствами.

О прогрессе в создании лунных карт и глобусов на мировом уровне будет рассказано в дальнейшем.

Информация

Пространственная локализация быстрого радиовсплеска

Используя массив из десяти 4,5-м антенн в радиоастрономической обсерватории в Оуэнс-Вэлли (США), астрономы Калифорнийского технологического института второй раз за всю историю наблюдений локализовали источник неповторяющегося быстрого радиовсплеска FRB190523, находящегося в галактике PSO J207+72 (созвездие Малой Медведицы) на расстоянии 7,9 млрд св. лет от Земли. Ранее ученые считали, что быстрые радиовсплески могут возникать только в молодых карликовых галактиках, где находится большое количество магнитаров – нейтронных звезд с мощными магнитными полями. Однако новые данные показывают, что эту модель следует пересмотреть.

Быстрые радиовсплески (Fast Radio Bursts, FRB) представляют собой единичные и, гораздо реже, повторяющиеся радиоимпульсы неизвестной природы длительностью в несколько миллисекунд. Типичная энергия всплесков, по оценкам ученых, эквивалентна выбросу в космос энергии, испускаемой Солнцем в течение нескольких десятков тысяч лет. С момента первого обнаружения, в 2007 г., было зафиксировано 86 таких событий, однако ранее локализовать источник удавалось лишь в одном случае – быстрого радиовсплеска FRB121102, сигналы от которого в 2012 г. и 2015–2017 гг. приходили к нам из карликовой галактики с активным звездообразованием в 3 млрд св. лет от нас. Источник FRB121102 считается нейтронной звездой.

Второй одиночный радиовсплеск, FRB180924, международная группа ученых обнаружила и локализовала 27 июня 2019 г.; он произошел в массивной галактике DES J214425.25-405400.8 размером с Млечный Путь, в 13 тыс. св. лет от ее центра, удаленной от нас на 3,6 млрд св. лет.

Журнал "Nature", 2 июля 2019 г.

ОБ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ. ПЛАНЫ И БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ



И.Г. МИТРОФАНОВ,

доктор физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394819040029



Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,

академик
Институт космических исследований РАН

«...Теперь уже никто не сомневается, что человек сможет достигнуть других миров. Это позволит не только радикально умножить богатство наших знаний о Вселенной, но даст возможность использовать сокровища других миров для улучшения жизни на Земле. На повестке дня – освоение ближайшей к нам планеты – загадочной Луны».

Академик М.В. Келдыш

В предлагаемой публикации мы продолжаем обсуждение темы освоения Луны, начатое в первой части статьи “Об освоении Луны” (ЗиВ, 2019, № 4). В статье обсуждаются научные и технологические исследования, которые будут проведены на первом этапе российской лунной программы, основанной на использовании автоматических космических аппаратов, и представлено их краткое описание.

ЛУНА ВНОВЬ НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ

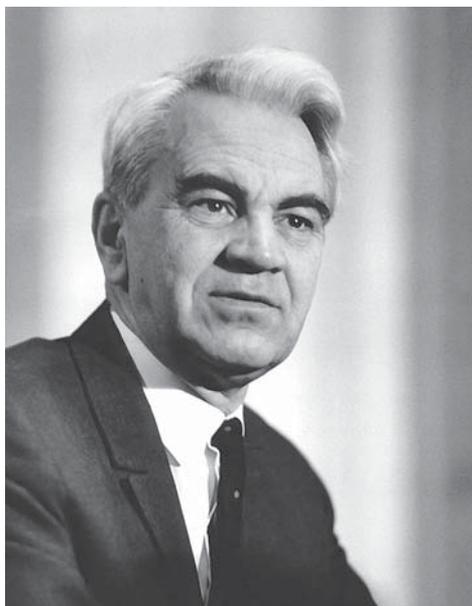
Вынесенные в эпитаф слова академика М.В. Келдыша – одного из основателей отечественной космонавтики (ЗиВ, 1991, № 3; 2011, № 1) – были написаны

более 50 лет тому назад: в год, когда страна отмечала десятилетие со дня запуска первого искусственного спутника Земли, ознаменовавшего начало космической эры. Оптимизм президента Академии наук был вполне обоснован: 7 октября 1959 г. с помощью

автоматической межпланетной станции (АМС) “Луна-3” впервые было получено изображение обратной стороны Луны, 3 февраля 1966 г. АМС “Луна-9” впервые совершила мягкую посадку на лунную поверхность, а на 1969 год был намечен первый экспериментальный пуск отечественной сверхтяжелой ракеты “Н-1”, предназначенной для будущей лунной пилотируемой экспедиции (ЗиВ, 1993, №№ 4, 5).

Но в последующие десятилетия ожидания главного ученого страны не оправдались. Несмотря на успешную реализацию исследований в 1970–1976 гг. с помощью автоматических самоходных аппаратов “Луноход-1” и “Луноход-2”, доставку на Землю лунного грунта тремя космическими комплексами “Луна-16”, “Луна-20” и “Луна-24”, реализация отечественной лунной программы была остановлена. После успешных высадок в 1969–1972 гг. на Луну американских астронавтов (ЗиВ, 2009, № 4) “политический стимул” был утрачен, а результаты выполненных научных исследований в то время не оказались достаточно весомыми для ее продолжения.

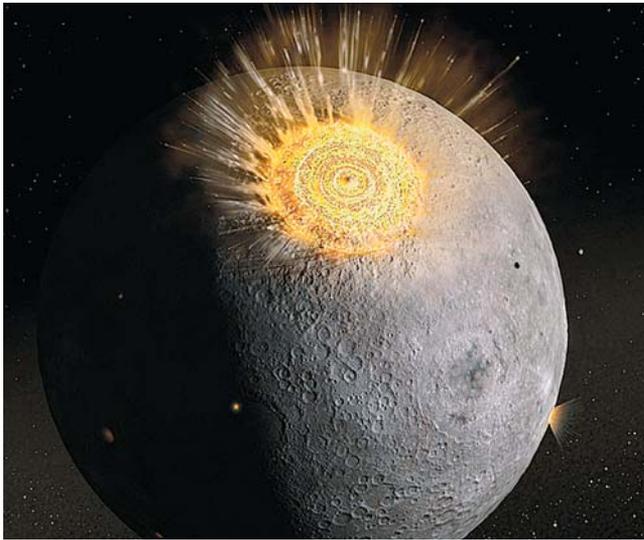
Однако в прошедшие с той поры годы ситуация существенно изменилась. В первой части статьи были приведены результаты исследований, выполненных за это время; они помогли открыть облик “новой Луны” – Луны XXI века. Пророческое высказывание М.В. Келдыша, пусть и с задержкой на 50 лет, начинает сбываться. Тогда, в 1967 году, оно было основано на провидческой интуиции выдающегося ученого. Сегодня необходимость освоения Луны обосновывается накопленными научными знаниями о нашем естествен-



ном спутнике и оценками потенциальной практической пользы от его освоения. Именно поэтому предсказание Келдыша выбрано в качестве эпиграфа к этой части статьи. Во втором десятилетии XXI века Луна вновь оказалась “на повестке дня”.

НАУКА – О ЛУНЕ, НА ЛУНЕ И С ЛУНЫ

Наука о Луне. Основными задачами в научных исследованиях на полюсах Луны станут вечная мерзлота и полярная экзосфера. Самым актуальным вопросом является происхождение воды в полярных районах: либо эта вода образовалась в реголите из водорода солнечного ветра (солнечная вода), либо эта вода была доставлена на Луну кометами (кометная вода; ЗиВ, 2019, № 1). Известно, что отношение долей дейтерия и водорода (D/H) в солнечном ветре составляет менее 7×10^{-6} . В кометах различных семейств наблюдаются разные величины для этого соотношения $(1,4-6,5) \times 10^{-4}$, поэтому прямые



Воображаемая картина столкновения малого небесного тела с Луной, произошедшего около 4 млрд лет тому назад. Испарившиеся при ударе летучие соединения образовали временную атмосферу Луны, которая частично сконденсировалась на холодной поверхности в окрестности лунных полюсов, а частично испарилась в открытый космос. Рисунок Daniel D. Durda (<https://www.lpi.usra.edu/exploration/multimedia/EarthMoonBasinForming.pdf>)

измерения содержания доли дейтерия в лунной полярной воде позволят установить ее кометное или солнечное происхождение, или оценить процентное соотношение первой и второй. Также следует учесть, что при столкновениях с кометой иней от короткоживущей атмосферы должен откладываться в “холодных ловушках” отдельными слоями, поэтому анализ состава воды на разной глубине позволит определить изотопный состав воды небесных тел, упавших на Луну за сотни миллионов лет. Можно надеяться, что изучение слоистого характера лунной “вечной мерзлоты” также позволит восстановить хронологию бомбардировок кометами и астероидами двойной планетной системы Земля–Луна, оценить их масштаб и интенсивность. С другой стороны, изучение доли льдов “солнечной воды” в приповерхностных слоях реголита позволит определить интенсивность потока солнечного ветра в прошлом, обнаружить признаки и хронологию возможных гигантских eruptивных событий на Солнце.

Лунная летопись солнечной активности важна для понимания эволюции природной среды на Земле, так как

два небесных тела в двойной планетной системе Земля–Луна в равной степени подвергались воздействию потоков солнечного излучения и ветра, одновременно испытывали интенсивные бомбардировки кометами и астероидами. На Земле следы космических катастроф не могли сохраниться вследствие протекания активных геологических процессов. На Луне “летопись” о них хранится на полюсах.

Лунная вечная мерзлота представляет собой естественный депозитарий, где в реголите могут храниться органические соединения. Они образовались в межзвездных газопылевых и молекулярных облаках, попали в вещество комет и астероидов и были доставлены на Луну этими небесными телами. Учитывая тот факт, что Земля также подвергалась аналогичной бомбардировке, состав космического вещества в лунных льдах подобен составу вещества, когда-то доставленного из космоса на Землю.

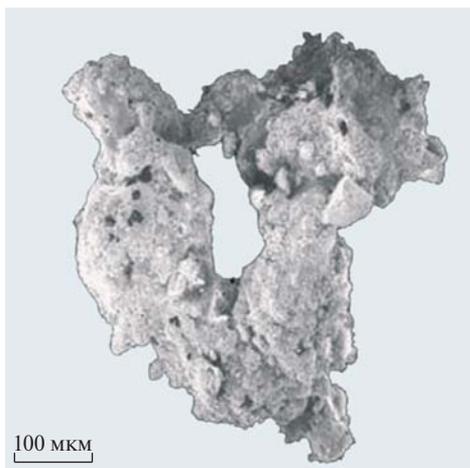
Главный вопрос современного естествознания – происхождение земной жизни. Если в веществе на полюсах Луны будут обнаружены предбиологические соединения, то аналогичные

должны были попасть в первичный океан ранней Земли; они могли дать старт процессу возникновения первичных форм земной жизни¹. Наиболее интригующей возможностью является обнаружение в лунной вечной мерзлоте космических “спор” жизни – в этом случае гипотеза панспермии станет экспериментально подтвержденной.

На первом этапе исследования полярного реголита будут проводиться в ходе экспериментов на борту автоматических посадочных аппаратов: они позволят определить основные порообразующие элементы полярного вещества, содержание в нем воды и летучих. В дальнейшем образцы будут доставлены на Землю для детального анализа, так как современные лаборатории обладают гораздо большим набором инструментов и методов изучения состава вещества, поиска и отождествления содержащихся в нем в минимальных концентрациях сложных молекул и соединений, нежели любой прибор на борту космического аппарата. На этом этапе планируется изучить компоненты космического вещества с предельно низкими концентрациями, выполнить поиск и отождествление сложных высокомолекулярных структур и предбиологических соединений.

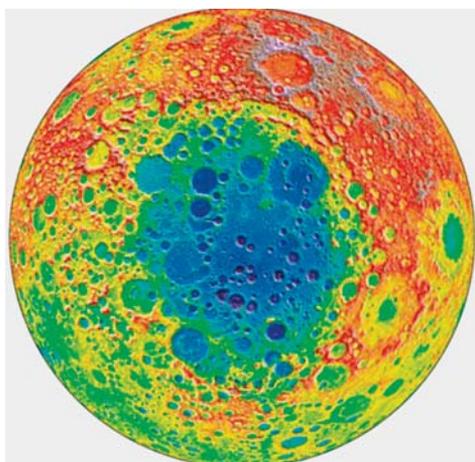
Важным объектом исследований на первом этапе также станет полярная экзосфера. Термин “экзосфера” означает тонкую оболочку плазмы, нейтральных атомов и пылинок над лунной поверхностью. Эта оболочка возникает вследствие взаимодействия поверхности Луны с потоком солнечного ветра, с галактическими космическими лучами и энергичными частица-

ми от взрывных процессов в активных областях на нашем светиле. Свойства экзосферы на полюсах должны существенно отличаться от ее свойств в окрестности лунного экватора и на умеренных широтах. На полюсах потоки плазмы и частиц от Солнца движутся практически по касательной к поверхности, и характер их взаимодействия с реголитом меняется при разных условиях освещенности. Нагретое солнечными лучами вещество реголита может быть местом образования молекул “солнечной воды” и локальным источником пылевых частиц экзосферы (ЗиВ, 2019, № 4). Напротив, в реголите затененных районов может происходить конденсация частиц экзосферы. В полярных районах нагретые и холодные участки располагаются на небольшом удалении друг от друга, и в течение лунного дня условия их освещенности и затенения существенно меняются; поэтому процессы взаимодействия полярной экзосферы с ее поверхностью должны носить сложный локальный характер, изучение которого важно как для понимания процессов образования вечной мерзлоты



Фотография частицы лунной пыли с микронным разрешением. NASA

¹ Митрофанов И.Г. Поиски внеземной жизни в Солнечной системе: статус и перспективы // *Астрономический журнал*, 2017. Т. 4 (94). С. 315–322.



Гигантский ударный кратер "Южный полюс-Эйткин" на южной области обратной стороны Луны. Синий и красный цвета соответствуют понижению (и повышению) поверхности относительно идеальной сферы. Центральная область кратера имеет средний уровень глубины – около 13 км. Фото NASA

и экзосферы, так и для проектирования элементов инфраструктуры на лунной поверхности.

Особое место в исследованиях лунной экзосферы займет изучение ее пылевой компоненты. Лунная пыль состоит из частиц лунного реголита, отколовшихся вследствие его бомбардировки энергичными заряженными частицами космического происхождения (ЗиВ, 2017, № 3). Под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца пылинки приобретают электрический заряд и вследствие электростатических сил могут "левитируют" (парить) над заряженной освещенной поверхностью. Так как вблизи полюсов условия освещенности могут меняться, на близких расстояниях потоки "левитирующей" пыли в полярной экзосфере Луны должны иметь быстропеременный характер. Известно, что поверхности пылинок имеют очень сложную форму и высокую химическую активность,

поэтому изучение свойств лунной пыли и ее поведения в экзосфере необходимо для обеспечения безопасности будущих пилотируемых экспедиций.

Южный полюс Луны находится на границе гигантского ударного кратера Южный полюс-Эйткин² (диаметр – около 2500 км, глубина – около 13 км). Этот кратер образовался вследствие столкновения молодой Луны с крупным небесным телом около 4 млрд лет назад, в период гигантской космической бомбардировки внутренней области ранней Солнечной системы. На поверхности этого кратера может присутствовать древнее вещество лунной мантии³. Исследование состава вещества Луны на границе кратера, вблизи Южного полюса, позволит построить модель гигантского столкновения астероида с лунной поверхностью и выяснит особенности изотопного и элементного состава вещества в лунной мантии.

Особый интерес представляют измерения локальной намагниченности. Известно, что на современной Луне отсутствует дипольное магнитное поле, подобное земному. Однако локальные магнитные поля наблюдаются во многих районах на нашем естественном спутнике, таким районом – с самой большой намагниченностью – является кольцевая граница кратера Южный полюс-Эйткин (ЗиВ, 2014, № 2). Эти измерения позволят выяснить связь намагниченности с процессом образования

² Garrick-Bethell I., Zuber M.T. Elliptical structure of the lunar South Pole-Aitken basin // *Icarus*. 2009, V. 2 (204). P. 399–408.

³ О характере и составе поверхностного и приповерхностного слоя пород кратера Южный полюс – Эйткин см. подробнее: Moriarty D.P., Pieters C.M. The Character of South Pole-Aitken Basin: Patterns of Surface and Subsurface Composition // *Journal of Geophysical Research: Planets*, 2018. V. 3 (123). P. 729–774 (doi: 10.1002/2017JE005364).

ударного кратера и также проследить характер взаимодействия магнитных неоднородностей лунного поля с собственным магнитным полем натекающей плазмы солнечного ветра.

Луна обладает сейсмической активностью, и природа этой активности пока не ясна. Сейсмические волны могут возбуждаться столкновениями с астероидами, они также могут быть связаны с потрескиванием внутренних слоев вследствие лунных приливов и/или разрядки внутренних напряжений. На Луне происходят относительно сильные “лунотрясения” силой до 5 баллов⁴. Изучение сейсмических явлений с помощью приборов, установленных вблизи полюсов, также позволит “просветить” сейсмическими волнами внутренние слои и выяснить характер их неоднородностей и разрывов.

На полюсах присутствуют постоянно затененные участки поверхности. Измерения теплового потока через поверхность этих участков позволит оценить мощность внутренних источников энергии Луны, уточнить состав и строение нашего естественного спутника.

Дополнительно к основному, орбитальному и вращательному движению, наш естественный спутник, являясь компонентом двойной планетной системы Земля–Луна, также совершает прецессию и нутацию в условиях

регулярных приливных возмущений, под воздействием взаимной гравитации. Характер этих движений отражает особенности внутреннего строения Луны. Размещение на лунных полюсах лазерных отражателей позволит измерить вариации расстояния между отражателями и наземной лазерной установкой с высокой точностью (до миллиметров) и на основе анализа полученных данных построить динамическую модель собственного движения Земли и Луны. Анализ этих параметров, в свою очередь, позволит уточнить внутреннее строение и характер эволюции двойной планетной системы Земля–Луна.

Наука на Луне. Важнейшей частью исследований на Луне станут биологические исследования. Лунная сила тяжести в 6 раз меньше земной, на Луне отсутствует сильное магнитное поле и велика

Лунная сила тяжести в 6 раз меньше земной, на Луне отсутствует сильное магнитное поле и велика радиация. Вопросы рождения, развития и жизнедеятельности земных организмов и растений на Луне будут основополагающими в этих исследованиях

радиация. Вопросы рождения, развития и жизнедеятельности земных организмов и растений на Луне будут основополагающими в этих исследованиях. Лунная биология, ботаника и зоология станут источником фундаментальных знаний по астробиологии. Будет выяснено, в какой мере земная форма жизни связана с физическими условиями нашей планеты и какие изменения могут

произойти в пониженной гравитации и в отсутствие магнетизма. Примитивные бактерии, растения и сложные живые организмы после продолжительного пребывания в лунных условиях будут возвращаться на Землю для детальных исследований на микромолекулярном и генетическом уровнях.

Безусловно, важнейшей частью науки на Луне станут медико-биологические исследования человека. Без этих знаний невозможно конструировать

⁴Khan A., Pommier A. et al. The lunar moho and the internal structure of the Moon: A geophysical perspective // Tectonophysics, 2013. V. 609. P. 331–352 (doi: 10.1016/j.tecto.2013.02.024); Goins N.R., Dainty A.M. et al. Seismic energy release of the Moon // Journal of Geophysical Research, 1981. V. B1 (86). P. 378–388 (doi: 10.1029/JB086iB01p00378).



"Воображаемая" картина строительства обитаемого лунного модуля в верхнем слое из лунного реголита для защиты от космической радиации. Рисунок ESA

и разрабатывать космические комплексы для марсианских экспедиций, осуществлять пилотируемые полеты к астероидам и к дальним рубежам Солнечной системы. В лунных экспедициях будут испытаны средства защиты человеческого организма от эффектов продолжительного пребывания в дальнем космосе. В целом можно утверждать, что в процессе исследований на Луне будет выяснен фундаментальный вопрос о принципиальной возможности существования внеземных колоний человеческой цивилизации.

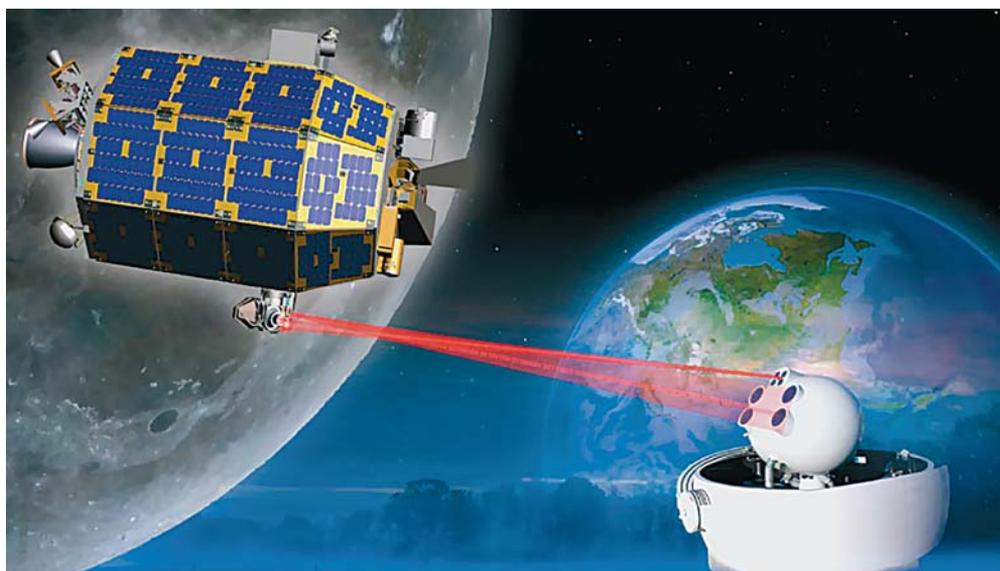
К медико-биологическим исследованиям непосредственно примыкает изучение лунного радиационного фона и защиты от него. Известно, что космическая радиация оказывает отрицательное воздействие на здоровье, физическое состояние и работоспособность человека – при том, что многие конкретные проявления воздействия радиации до сих пор остаются недостаточно изученными или даже неизвестными (ЗиВ, 2019, № 3). Так, относительно недавно было установлено, что продолжительное воздействие энергичных тяжелых заряженных частиц на животных может привести к ухудшению

памяти и понижению способностей приобретения навыков и знаний⁵. Наиболее эффективным способом защиты обитаемых модулей от космических лучей является их покрытие толстым слоем лунного реголита. Однако кроме потоков галактических космических лучей и энергичных частиц от солнеч-

ных протонных событий в приповерхностном слое Луны также возникает вторичное нейтронное и гамма-излучение от воздействия энергичных частиц указанных потоков на вещество. Поэтому детальные радиационные исследования (наряду с численным моделированием конкретных вариантов радиационной защиты) станут научной основой для создания на Луне радиационно безопасных обитаемых модулей для пилотируемых экспедиций.

Значительная часть исследований на Луне будет связана с инженерными науками. Во-первых, будут разрабатываться технологии использования лунных ресурсов для создания лунной космической инфраструктуры, производства воды, кислорода и водорода для систем жизнеобеспечения обитаемых модулей и лунной базы и для заправки реактивных двигателей космических аппаратов.

⁵ Красавин Е.А. С новой концепцией риска // Еженедельник Объединенного института ядерных исследований. Дубна. 25 декабря 2017 г. <http://jinrmag.jinr.ru/2017/51/kr51.htm> (дата обращения 28.06.2018); см. также: видео доклада члена-корреспондента РАН директора Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ Е.А. Красавина "Радиационный риск при пилотируемых полетах в дальний космос" на заседании Совета РАН по космосу. URL: https://www.youtube.com/watch?time_continue=23&v=hxn055ZhnOo (дата обращения 28 июня 2018 г.).



Эксперимент NASA по лазерному каналу связи с Луной, проведенный 18 октября 2013 г. с борта искусственного спутника Луны "LADEE". Фото NASA

Во-вторых, обсуждается возможность изготовления конструктивных элементов лунной инфраструктуры или деталей космических аппаратов на основе 3D-печати. Успешные эксперименты в этих двух направлениях смогут обеспечить технологический прорыв в космонавтике – пропадет необходимость в доставке с Земли на Луну значительных грузов, что, в свою очередь, приведет к уменьшению затрат на освоение нашего естественного спутника.

В-третьих, важной областью лунных научно-инженерных исследований станут вопросы защиты космонавтов и лунной техники от воздействия лунной пыли. Под влиянием тяжелых заряженных частиц космических лучей лунные пылинки приобретают сложную микроскопическую структуру поверхности, на которой присутствуют химически активные свободные радикалы. Вследствие этого пылинки имеют высокую абразивность (разрушают поверхности, с которыми они взаимодейст-

вуют – складки скафандров, детали механизмов) и химическую активность. Они обладают сильной токсичностью, налипают на скафандр и элементы конструкции. Проблему защиты усложняет электростатическая левитация пылинок – даже при искусственной фиксации частиц верхнего слоя поверхности в районе размещения лунной базы пылинки будут осаждаться на ней.

Большое внимание в физико-технических лунных исследованиях будет уделено разработке межпланетной лазерной связи. Активная лунная деятельность потребует использования высокоинформативного канала связи между Землей и Луной, реализация которого на основе радиоволн потребует использования антенн большого диаметра и значительных энергетических затрат. Первые опыты по устройству лунного канала лазерной связи были проведены учеными NASA 18 октября 2013 г. в рамках проекта "LLCD": скорость передачи данных по лазерно-

му лучу с борта искусственного спутника Луны “LADEE” (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer – Исследователь лунной атмосферы и пылевого окружения) составила 622 Мбит/с (ЗиВ, 2014, № 1, с. 106–107)⁶. В перспективе планируется провести летные испытания лазерного канала передачи в межпланетном проекте NASA “Psyche” (“Психея”; запуск АМС к астероиду Психея запланирован на октябрь 2023 г.). Предполагается достичь скорости передачи информации на Землю около 260 Мбит/с на расстояниях от 0,1 до 2,5 а.е. Эта величина превышает информативность каналов цифрового телевидения. Очевидно, что создание лазерного канала связи Земля–Луна обеспечит практические потребности лунных пилотируемых экспедиций, создаст условия для использования на Луне телеуправляемых автоматов.

Наука с Луны. Окрестность полюсов Луны представляется идеальной внеземной площадкой для размещения астрономической обсерватории. Известно, что установка астрономических телескопов на космические аппараты привела в середине прошлого века, по образному выражению члена-корреспондента АН СССР И.С. Шкловского⁷, ко “второй революции в астрономии”.

⁶NASA Laser Communication System Sets Record with Data Transmissions to and from Moon. URL: <https://www.nasa.gov/press/2013/october/nasa-laser-communication-system-sets-record-with-data-transmissions-to-and-from/#.XOgYUxYzaro> (дата обращения 14.06.2019).

⁷Шкловский И.С. Вторая революция в астрономии подходит к концу // Вопросы философии, 1979. № 9. С. 54–69.

Внеатмосферные астрономические наблюдения позволили открыть и провести исследования прежде неизвестных космических объектов, и также изучить ранее известные астрономические источники в прежде недоступных диапазонах электромагнитного излучения (ИК-, УФ-рентгеновские и гамма-лучи).

Значительный прогресс был также достигнут в таких традиционных для астрономии спектральных диапазонах, как видимый свет и радиоволны. В первом случае вывод телескопа в космос “снимает” проблему рассеяния света в атмосфере, во втором – позволяет создать космический интерферометр с рекордным угловым разрешением благодаря базе космического масштаба. Однако обсерватории на

космических аппаратах обладают существенным недостатком – они имеют ограниченное время функционирования и практически не допускают ремонт или дооснащение. Космический аппарат расходует топливо на поддержание орбиты и ориентации, его бортовые системы имеют конечное время жизни. Так, например, уникальная американская космическая гамма-обсерватория NASA им. А. Комптона (“Compton”, CGRO; ЗиВ, 1991, № 6, с. 60) была в 2000 г. вынуждено “снята” с околоземной орбиты вследствие вполне банальной неисправности – отключения одного из бортовых гироскопов⁸. Начальная стоимость уникальной космической оптической обсерватории

⁸Compton Gamma Ray Observatory safely returns to Earth. 4 June 2000. URL: <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/deorbit/return.html> (дата обращения 14.06.2019).

Окрестность полюсов Луны представляется идеальной внеземной площадкой для размещения астрономической обсерватории. Установка астрономических телескопов на космические аппараты привела в середине прошлого века ко “второй революции в астрономии”

NASA им. Э. Хаббла (“Хаббл”, ЗиВ, 1990, № 4, с. 46; 1992, № 1; 2005, № 6; 2010, № 6) была равна 4,7 млрд долларов, последующие затраты на пять пилотируемых экспедиций кораблей “Спейс Шаттл” (“Space Shuttle”) для ее ремонта и дооснащения (ЗиВ, 1994, № 4; 2000, № 5, с. 62–64; 2002, № 4, с. 37) составили 5,8 млрд долларов⁹. Размещение космических астрономических телескопов на лунной поверхности предоставит возможности их регулярного обслуживания и дооснащения и сделает время существования лунной астрономической обсерватории практически неограниченным.

Размещение радиоантенн на постоянно затененной от Земли поверхности Луны впервые позволит провести исследования космических источников в сверхдлинноволновом диапазоне. Радиофон Земли в этом диапазоне превышает поток от всех источников космического происхождения¹⁰. Размещение радиоантенн на постоянно затененной от Земли поверхности Луны впервые позволит провести исследования космических источников в длинноволновом диапазоне.

Первая попытка зарегистрировать радиофон космоса с обратной стороны Луны была предпринята в январе 2019 г. в рамках лунного проекта Китая “Чанъе-4” (ЗиВ, 2019, № 1, с. 86–88).

⁹James Webb Space Telescope (JWST) Independent Comprehensive Review Panel (ICRP). Final Report. 29 October 2010. URL: https://www.nasa.gov/pdf/499224main_JWST-ICRP_Report-FINAL.pdf (дата обращения 28.06.2018); *Overbye D.* Refurbishments Complete, Astronauts Let Go of Hubble // The New York Times 19 may 2009. URL: https://www.nytimes.com/2009/05/20/science/space/20hubble.html?_r=2&ref=science (дата обращения 28.06.2018).

¹⁰*Silk J.* Put telescopes on the far side of the Moon // Nature, 2018. V. 553(7686). P. 6 (doi: 10.1038/d41586-017-08941-8).



Предполагаемый проект радиотелескопа, работающего на обратной стороне Луны. Рисунок NASA



Проект лунного полигона, который предполагается создать в приполярном районе Луны на основе взаимодействия автоматических космических аппаратов. Рисунок "НПО им. С.А. Лавочкина"

Результаты этих исследований пока не известны, однако очевидно, что исследователям еще предстоит пройти долгий и сложный путь – от измерения фона до изучения отдельных астрономических радиисточников.

Наконец, в состав полярной обсерватории могут быть включены станции наблюдений Солнца и Земли. Разместив такие станции на постоянно освещенной вершине полярного холма, можно обеспечить непрерывный мониторинг метеорологических процессов и регистрацию крупных техногенных явлений на Земле, а также прогноз эруптивных процессов на Солнце.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОЛЬЗА ОТ ЛУННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пилотируемые полеты за пределы околоземной орбиты. Луна является ближайшим рубежом освоения дальнего

космоса. Согласно плану Роскосмоса и NASA, регулярные пилотируемые полеты в окололунное космическое пространство и на Луну должны начаться в третьем десятилетии текущего века. Согласно прогнозам Роскосмоса на долгосрочную перспективу, посадки космических аппаратов на Луну будут проводиться в заранее подготовленный район "лунного полигона" в окрестности Южного полюса, который должен иметь благоприятные природные условия освещенности и иметь полезные лунные ресурсы. В этом районе будет размещена космическая инфраструктура, включающая бытовую модуль с радиационной защитой, систему энергоснабжения, мобильные средства и научно-исследовательский комплекс. В дальнейшем "лунный полигон" будет постепенно расширяться и превратится в "лунную базу" для экспедиций

посещения¹¹. NASA, со своей стороны, предлагает странам-участницам орбитальной станции МКС принять участие в работах по созданию окололунной пилотируемой станции LOP-G¹².

Опыт лунной космонавтики позволит начать разработку пилотируемых комплексов для экспедиции на Марс. Многие элементы этих комплексов – такие, как двигательные установки, системы жизнеобеспечения, управления и коммуникаций будут испытываться и отрабатываться на Луне. Медико-биологические вопросы длительных космических полетов за пределами земной магнитосферы также будут изучены в рамках лунной программы. Лунные экспедиции предоставят возможность исследовать вопросы “космического здравоохранения” и профилактической защиты от неблагоприятных явлений, причем будут обеспечены условия непрерывного мониторинга состояния космонавтов в ходе всей экспедиции и также возможности

экстренного, в случае необходимости, возвращения на Землю.

Освоение лунных ресурсов. Вещество Луны содержит практически все элементы, которые присутствуют в земной коре. Многие из этих элементов представляют собой такие важные природные ресурсы для электронной и химической промышленности, как титан, металлы платиновой группы, редкоземельные металлы, золото, медь, никель¹⁵. Уже сейчас эксперты указывают на истощение в обозримой перспективе этих ресурсов на Земле, и поэтому наличие космических средств для их разведки и добычи на Луне станет важным условием развития техники и создания новых технологий. Вполне возможно, что в долгосрочной перспективе на Луне будут построены промышленные установки по первичной переработке лунных ресурсов, что позволит значительно уменьшить массу доставляемых на Землю грузов. Перенос на Луну энергоемких производств по переработке лунного вещества с потенциально вредными экологическими эффектами для земной среды создаст благотворное воздействие на нашу “голубую планету”.

Весьма интересной областью применения лунных ресурсов может стать их применение *in situ* для обеспечения нужд лунной космонавтики и полетов в дальний космос. Добыча и использование лунных ресурсов также вполне может стать привлекательными отраслями для частного бизнеса. Эта перспектива ставит перед космическим сообществом вопросы юридического обоснования коммерческого использования продуктов лунной деятельности. В “Договоре о принципах деятельности государств по исследованию и использованию кос-

¹¹ Черепко И. Российская лунная база должна будет вместить 12 человек. “Роскосмос” определяет облик перспективной инфраструктуры на спутнике Земли // Известия, 21 июня 2016. URL: <https://iz.ru/news/618876> (дата обращения: 28.06.2018); Там же. Россия начнет колонизацию Луны в 2030 году // Известия, 8 мая 2014. URL: <https://iz.ru/news/570482> (дата обращения 28.06.2018).

¹² NASA’s Lunar Outpost will Extend Human Presence in Deep Space. 2 May 2018. URL: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-s-lunar-outpost-will-extend-human-presence-in-deep-space> (дата обращения 28.06.2018); Gateway Memorandum for the Record a statement from NASA regarding partnerships and development of the Lunar Orbital Platform-Gateway, published May 2, 2018. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/gateway_domestic_and_international_benefits-memo.pdf (дата обращения 29.06.2018).

¹⁵ Воздвиженская А. Недра внутреннего стогорания. Золото станет самым дорогим металлом на Земле через 20 лет // Российская газета, 2 апреля 2015 г.



Начальный этап освоения Луны на основе разработки и реализации проектов с АМС “Луна-25” – “Луна-27”. Последовательность запусков российских проектов. Рисунок ИКИ РАН

мического пространства, включая Луну и другие небесные тела”, подписанном 27 января 1967 г., лунные ресурсы определены как общечеловеческое достояние. С другой стороны, принятый в ноябре 2015 г. национальный закон США “О конкурентоспособности коммерческих запусков в космос” разрешает гражданам США свободно заниматься разработкой планет и астероидов, владеть и распоряжаться полученными ресурсами, в том числе водой и минералами¹⁴. В сентябре 2017 г. Гаагская рабочая группа при Международном институте воздушного и космического права Лейденского уни-

¹⁴ Попова С.М. Закон США о коммерческом космосе 2015 г. и вопросы модернизации международного космического права // Исследования космоса, 2016. Т. 1. С. 51–65 (doi: 10.72562453–8817.2016.1.20590. URL: http://e-notabene.ru/ik/article_20590.html (дата обращения: 30.06.2018).

верситета (Нидерланды) опубликовала проект “Основных положений международного режима добычи и коммерческого использования полезных ископаемых в космосе”¹⁵. Отечественные эксперты отмечают¹⁶, что при формальном декла-

¹⁵ Draft building blocks for the developments of an international framework on space resource activities. URL: <https://www.universiteitleiden.nl/binaries/content/assets/rechtsgeleerdheid/instituut-voor-publiekrecht/lucht-en-ruimterecht/space-resources/draft-building-blocks.pdf> (дата обращения 30.06.2018).

¹⁶ Конюхова А.С. Опубликованы основные положения для разработки правового режима деятельности по добыче полезных ископаемых в космосе. 30 апреля 2018 г. // Проект “Право и авиация”. URL: <http://avialaw.blog/blog/mezhdunarodnoe-pravo/osnovnyepolozheniya-dlya-razrabotki-pravovogo-rezhima-deyatelnosti-po> (дата обращения 30.06.2018).

рировании верности принципам международного права представленные в этом проекте положения о преимущественном праве на добычу ресурсов, о юрисдикции и контроле в отношении космических продуктов, а также о ресурсных правах участников космической деятельности” входят в противоречие с положениями “Договора по космосу” 1967 года.

Освоение космоса в условиях рыночной экономики. Очевидно, что изучение и освоение космоса потребует значительных финансовых затрат, направленных на создание новой космической техники. При этом практически невозможно предусмотреть все возможные трудности и неудачи, следовать жесткому плану-графику законтрактованных работ и заранее согласованным условиям финансирования: этот процесс должен быть обеспечен эффективным механизмом оперативного управления. При разработке новой техники излишняя заформализованность принятия оперативных решений зачастую приводит к полной остановке работ. В качестве примера можно привести проекты “Луна-25” – “Луна-27” (ЗиВ, 2014, № 3). Планируемые сроки их стартов перенесены на более поздние сроки относительно первоначально намеченных дат на 6–7 лет. Только часть этих задержек можно списать на санкции или непредвиденные технические трудности – другая часть, по мнению авторов этой статьи, вызвана несоответствием между требованиями рыночного законодательства и особенностями инновационных разработок новой космической техники. Можно предположить, что академик С.П. Королёв, оказавшись в современных условиях, не смог бы подготовить и осуществить исторический полет Ю.А. Гагарина всего через три с половиной года после запуска первого спутника. Наличие механизма эффективного управления инновационной деятельностью в сочетании

с жестким контролем за расходованием финансовых средств является необходимым условием развития научно-исследовательского сегмента отечественной космонавтики, и в частности реализации лунной программы. Заинтересованность государства в исследовании и освоении Луны должна неизбежно привести к созданию такого механизма.

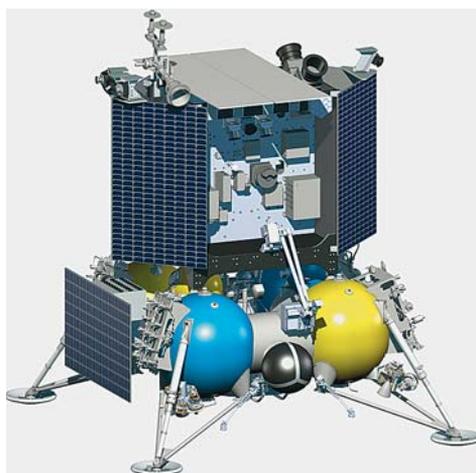
Защита от милитаризации Луны и окололунной космической среды. Продолжают оставаться неурегулированными вопросы размещения в космосе оружия, применения силы (или угрозы ее применения) против космических объектов. В “Договоре” 1967 г. запрещается размещение в космосе ядерного оружия или иных видов оружия массового поражения, но не воспрещается размещать там иные виды вооружений. Многочисленные инициативы – сначала СССР, затем Российской Федерации и ее партнеров по международному процессу не привели к заключению всеобъемлющего договора, препятствующего милитаризации космоса. Подготавливались, но не были подписаны проекты договора о запрещении применения силы в космическом пространстве и из космоса в отношении Земли (1983 г.) и о запрете на размещение в космосе оружия любого вида и на применение силы (или угрозы силой) в отношении космических объектов (2008 г.). Выдвигался ряд аналогичных инициатив в рамках ООН.

Кроме того, из недавней истории международных отношений известны случаи, когда стороны подписанного международного договора отказывались от ранее принятых обязательств в ситуациях, когда такой отказ позволял получить значительные односторонние преимущества. Очевидно, что основным средством предотвращения односторонних отказов от ранее принятых обязательств в оборонной сфере

является сохранение паритета договаривающихся сторон в отношении реагирования на последствия, наступающие в случае такого одностороннего отказа. Это означает, что для сохранения мирного статуса Луны лунная программа России должна обеспечивать нашей стране паритет с другими державами, также входящими в “лунный клуб”, по всем ключевым средствам и технологиям лунной космонавтики.

ПРОЕКТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА РОССИЙСКОЙ ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ

Можно с большой долей уверенности утверждать, что возобновившиеся в XXI веке лунные исследования теперь уже никогда не закончатся, так как их развитие будут стимулировать не политические амбиции конкурирующих стран, а цели: изучение, освоение и практическое использование возможностей “седьмого космического континента”. Этап активных научных исследований будет сопровождаться созданием лунной инфраструктуры, за полетами автоматов последуют



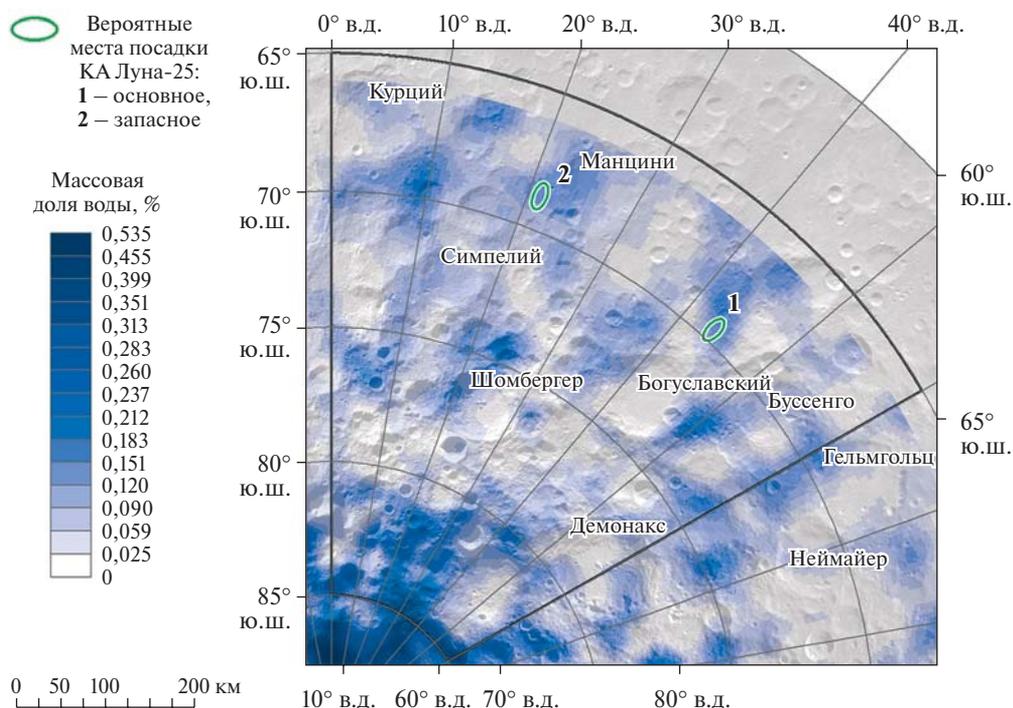
Общий вид АМС “Луна-25” (проект “Луна-Глоб”).
Рисунок “НПО им. С.А. Лавочкина”

пилотируемые экспедиции; на Луне начнется строительство постоянно действующей инфраструктуры.

Постепенно лунная космонавтика разделится на три взаимосвязанных сегмента: транспортное обеспечение перелетов по трассе Земля–Луна–Земля, лунные научно-исследовательские станции и лунные промышленные комплексы. Космонавтика, связанная с освоением Луны, станет технологическим полигоном для разработки и осуществления пилотируемой экспедиции на Марс. Первый, начальный этап отечественной лунной программы запланирован в ныне действующей “Федеральной космической программе на 2016–2025 гг.”. Нумерация автоматических аппаратов на начальном этапе российской лунной программы продолжает последовательность номеров отечественных лунных станций прошлого века: последняя из них – “Луна-24” – в 1976 г. успешно доставила на Землю образцы лунного грунта из Моря Кризисов, добытого с глубины около 2 метров.

На 2021 г. намечен запуск АМС “Луна-25”, которая должна совершить посадку в окрестности Южного полюса, к северу от кратера Богуславский, с координатами центра $69^{\circ}54'$ ю.ш. и $43^{\circ}54'$ в.д. Южный полюс выбран потому, что в его окрестности наблюдается большее число районов “вечной мерзлоты”, по сравнению с полярными районами вокруг Северного полюса. Кроме этого, Южный полюс дает возможность проводить астрономические наблюдения центра нашей Галактики, представляющего собой наиболее интересную область нашей звездной системы.

Бортовая научная аппаратура должна провести исследования состава полярного реголита и полярной плазменно-пылевой экзосферы. В состав комплекса научной аппаратуры входит телевизионная аппаратура СТС для съемки района посадки, активный гамма-спект-

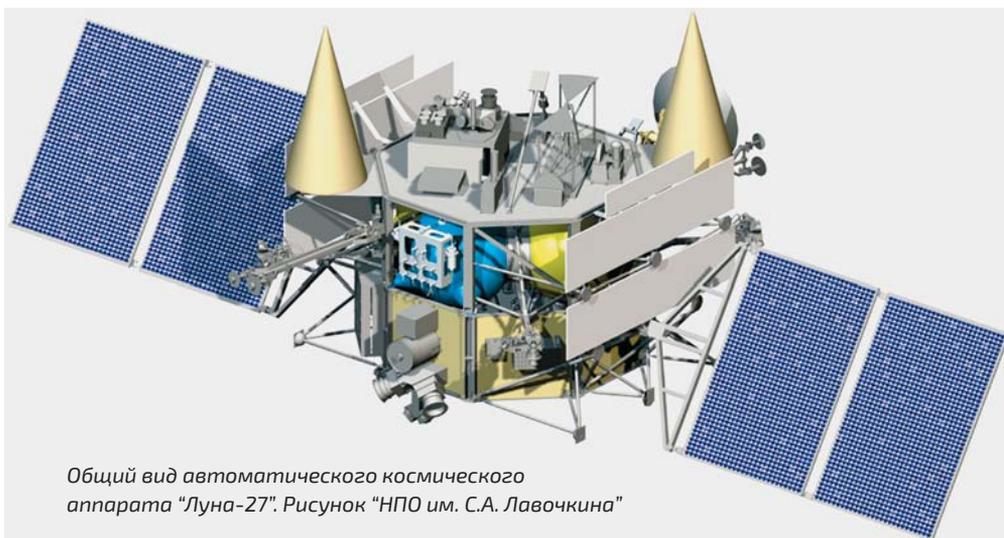


Карта основного района посадки АМС "Луна-25". Рисунок ИКИ РАН

рометр АДРОН для изучения элементного состава вещества приповерхностного слоя толщиной около 60 см на основе метода импульсного нейтронного зондирования; прибор АРИЕС для измерения потоков заряженных и нейтральных частиц полярной экзосферы и прибор ПМЛ для исследования лунной пыли. С помощью ИК-спектрометра ЛИС-ТВ-РПМ будут проводиться спектрометрические исследования наличия воды в лунном грунте; на основе анализа данных прибора ЛАЗМА планируется выполнить масс-спектрометрический анализ образцов лунного полярного реголита, загруженного в него с помощью руки-манипулятора. Важнейшей задачей миссии станет отработка технологии посадки на лунный полюс и работы бортовых систем в полярных условиях. Планируемый

район посадки космического аппарата "Луна-25" выбран, исходя из требований безопасности при касании с поверхностью, с учетом условий постоянной радиосвязи с Землей и продолжительности светлого времени лунных суток. По данным, полученным с помощью нейтронного телескопа ЛЕНД, в веществе реголита этого района наблюдается повышенное содержание воды, что позволит начать изучение лунной вечной мерзлоты уже в этой, первой полярной экспедиции на Луну.

В последующие годы на окололунную полярную орбиту будет запущен космический аппарат "Луна-26", с помощью научной аппаратуры которого будет проведен глобальный обзор лунной поверхности, выполнена съемка наиболее перспективных полярных районов для дальнейших исследований,



Общий вид автоматического космического аппарата "Луна-27". Рисунок "НПО им. С.А. Лавочкина"

а также исследованы свойства окололунного космического пространства.

На основе анализа данных, полученных в ходе выполнения проектов "Луна-25" и "Луна-26", будет спланирована программа исследований следующего полярного посадочного аппарата – "Луна-27". Район посадки этого аппарата будет выбран с учетом проведения на нем дальнейших исследований с использованием перспективных посадочных аппаратов, включая пилотируемые экспедиции. В перспективе в этом районе будет создан "лунный

полигон" – начальный элемент российской лунной базы. На борту "Луны-27" будет установлено глубинное грунтозаборное устройство, которое доставит образцы грунта с глубины около метра для их анализа на борту. Важным технологическим экспериментом проекта "Луна-27" станет высокоточная посадка аппарата в заданный район с точностью до 1 км с возможностью маневрирования для ухода от опасности.

Завершающим проектом первого этапа лунной программы станет проект "Луна-Грунт", который выполнит доставку образцов полярного реголита на Землю для их анализа в ведущих физико-химических и биохимических научных центрах.

Эти проекты обеспечат в конце следующего десятилетия переход ко второму этапу программы, в ходе которого будет осуществ-



Общий вид автоматического космического аппарата "Луна-27". Рисунок "НПО им. С.А. Лавочкина"

лена первая пилотируемая экспедиция в окрестность Южного полюса. В настоящее время идет разработка нового отечественного пилотируемого космического корабля “Федерация”, который должен в перспективе стать основным транспортным средством для полетов экипажей по трассе Земля–Луна–Земля и на окололунной орбите. Также идет проработка концепции взлетно-посадочного лунного корабля, который должен обеспечить доставку экипажа на поверхность Луны и его возвращение на окололунную орбиту к возвращаемому кораблю, для перелета к Земле.

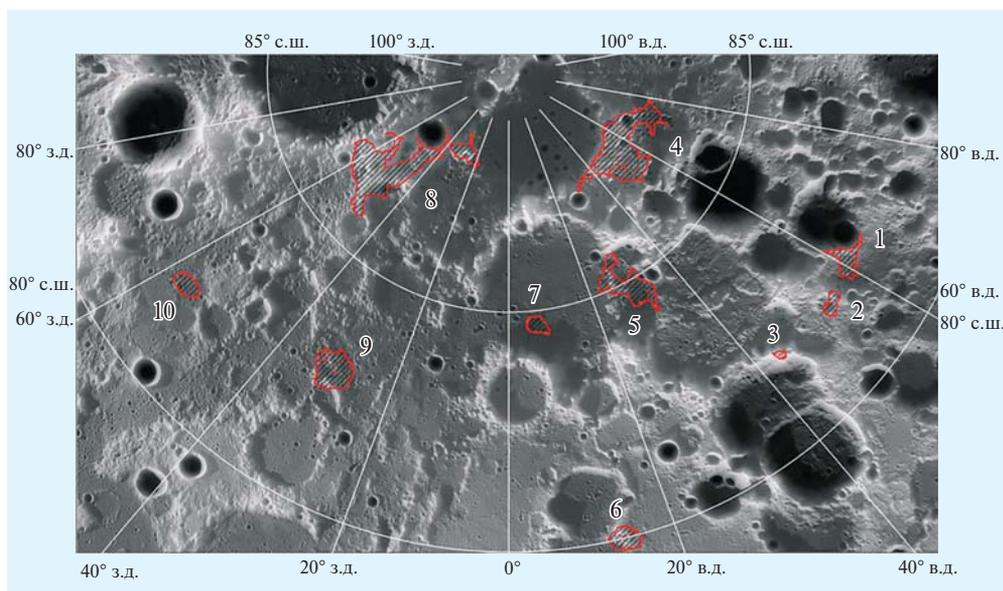
В ходе выполнения лунных пилотируемых проектов будут использоваться сверхтяжелые ракетносители, разработка которых проводится в настоящее время. В исследованиях второго этапа также будут участвовать автоматические аппараты, задачей которых станет обеспечение программы исследований пилотируемых экспедиций. Эти аппараты будут созданы на основе

накопленного опыта летных испытаний в проектах первого этапа освоения Луны.

Планы первого и второго этапов лунной программы России были разработаны совместно организациями госкорпорации “Роскосмос” и институтами Российской академии наук. Важной особенностью этих проектов является преемственность, позволяющая в процессе реализации создавать и испытывать все более сложные системы и технологии, и при этом на каждом новом шаге проводить пионерские научные исследования физических условий на лунных полюсах.

Важно отметить, что в ходе реализации намеченной программы создаются благоприятные условия для сотрудничества с космическими агентствами других стран. Так, обсуждаются вопросы участия в первых трех проектах “Луна-25” – “Луна-27” Европейского космического агентства (ESA), ведутся переговоры о совместной реализации

Карта перспективных областей в окрестности Южного полюса для последующего освоения Луны. Рисунок ИКИ РАН





Пилотируемый космический корабль "Федерация", который будет использоваться для полетов на Луну. Рисунок РКК "Энергия" им. С.П. Королёва/Roscosmos Media

проекта по доставке лунного полярного реголита. Также намечается сотрудничество в исследованиях Луны с Национальной космической администрацией Китая (CNSA).

В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО НАЧНЕТ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ

В ближайшие годы наша страна приступит к реализации отечественной лунной программы. Анализ планов ведущих космических агентств позволяет сделать вывод, что актуальность лунных исследований становится общепризнанной, и проекты по изучению и освоению Луны станут основным направлением развития дальней космонавтики в XXI веке. Сравнительно недавно президент США Д. Трамп поручил NASA выполнить первый в текущем веке пилотируемый полет на Луну уже в 2024 г. и выделил на эту программу значитель-

ные средства¹⁷. По сообщению агентства "Синьхуа", в следующем десятилетии Китай также приступит к созданию автоматической полярной лунной станции, на которую впоследствии будет направлена пилотируемая экспедиция. Для этой цели в Китае разрабатывается сверхтяжелый ракетоноситель, способный вывести на околоземную орбиту полезную нагрузку массой от 50 до 140 т¹⁸.

¹⁷ Roulette J. Trump administration calls for putting Americans back on moon by 2024. URL: <https://www.reuters.com/article/us-space-exploration-moon/trump-administration-calls-for-putting-americans-back-on-moon-by-2024-idUSKCN1R72NW> (дата обращения 13.06.2019); Foust J. NASA seeks additional \$1.6 billion for 2024 Moon plan. URL: <https://spacenews.com/nasa-seeks-additional-1-6-billion-for-2024-moon-plan/> (дата обращения: 13.06.2019).

¹⁸ Китай углубляет лунные исследования. URL: http://russian.news.cn/2019-01/12/c_137738754.ht (дата обращения 13.06.2019).

Несмотря на то, что стратегическим направлением развития дальней космонавтики обычно называют реализацию пилотируемой экспедиции на Марс, Луна станет необходимым этапом в подготовке такой экспедиции. Дело даже не в том, что опыт лунных полетов позволит создать марсианские космические комплексы – вероятно, самый главный вопрос, на который помогут ответить лунные медико-биологические исследования, состоит в выяснении эффектов от продолжительного воздействия на человеческий организм космической радиации и гипомагнитной среды. Эти исследования будут сопровождаться экспериментами по ботанике и зоологии, по астробиологии и космической агротехнике.

Благодаря лунным проектам фундаментальная наука обогатится новыми знаниями о Луне, о космохимии комет, астероидов и межпланетной среды, а также получит уникальные возможности для развития лунной астрономии. Бизнес-сообщество получит доступ к лунным полезным ископаемым, сможет создать “коммерческий” сегмент лунной космонавтики, включающий создание и обслуживание лунной инфраструктуры, выработку топлива и средств жизнеобеспечения, развивать лунный туризм. И, наконец, последнее по смыслу, но не по значению – активное участие России в лунных иссле-

дованиях не позволит какой-либо одной стране получить односторонние преимущества на основе милитаризации Луны и окололунного космического пространства. Безопасность России в XXI в. будет основана, в частности, на имеющихся средствах гарантированного доступа к лунным космическим рубежам.

Наши соотечественники осознают себя гражданами великой страны, мы воспитаны в убеждении, что наш народ вносит решающий вклад в освоение космоса. Поэтому, составляя нашу космическую программу, выстраивая наши космические планы, мы должны соответствовать космическому мироощущению наших граждан. Развитие отечественной космонавтики соответствует духу русского космизма, практическим потребностям научного прогресса и промышленного развития, задачам нашей обороны и безопасности.

Работа над статьей финансировалась из средств научной темы ИКИ РАН “Освоение”.

Авторы выражают благодарность профессору РАН М.Л. Литваку, сотрудникам ИКИ РАН А.Б. Санину и В.И. Третьякову за полезные обсуждения многих вопросов, которым посвящена предлагаемая статья. Авторы также признательны Д.В. Калашникову за помощь в подготовке и редактировании статьи.

Информация

Миссия “Берешит”: неудачная посадка и успех популяризации

22 февраля 2019 г. с помощью ракеты-носителя “Falcon-9” в качестве попутной нагрузки к индонезийскому телекоммуникационному спутнику “Nusantara Satu” (PSN-6) к Луне стартовала первая частная АМС “Берешит” (“Bereshet”). Аппарат создан частной израильской компанией “Spacel” – одной из участниц конкурса “Google Lunar XPrize”, который проводили фонд “XPrize” и компания “Google”. По условиям конкурса, космический аппарат, построенный на деньги частных инвесторов, должен был осуществить мягкую посадку на Луну, переместиться на ее поверхность не ме-



Запуск АМС "Берешит" (Израиль) с помощью ракеты-носителя "Falcon-9" с космодрома Канаверал 22 февраля 2019 г. Фото NASA

Адельсон, еще 283 тыс. долл. было собрано с помощью краудфандинга. Всего на разработку, изготовление и запуск аппарата ушло чуть менее 100 млн долл. Участники "Spacell" решили не просто отправить на Луну посадочный аппарат, но превратить его создание в широкую просветительскую кампанию по популяризации астрономии и космонавтики в Израиле. По их собственному признанию, главной была задача увлечь одаренных израильских школьников мечтой о космосе, привлечь молодежь к освоению космического пространства.

АМС "Берешит" ("В начале" – первые слова в Библии из Книги Бытия на иврите) изготовлен концерном IAI "Israel Aerospace Industries", который занимается разработкой космической техники, он вложил в проект собственные 9,5 млн долл. "Берешит" представляла собой платформу (посадочный аппарат) с четырьмя "ногами"-опорами для посадки на поверхность Луны – высотой 1,5 м и диаметром от опоры до опоры – 2,3 м. Поскольку конкурс "Google Lunar XPrize" закончился, то от "броска" на 500 м решили отказаться.

Масса заправленного аппарата составила 585 кг, из которых 425 кг приходилось на топливо. В целом научная "начинка" аппарата оказалась весьма скромной: 8-мегапиксельная (2488 × 3312) цветная фотокамера (всего на станции их установлено шесть), магнитометр и предоставленный Центром космических полетов им. Р. Годдарда (NASA) лазерный уголковый отражатель. По плану магнитометр должен был измерять остаточную намагниченность горных пород в месте посадки в северной части Моря Ясности, где находится одна из лунных магнитных аномалий. Главными задачами миссии были инженерная и демонстрационная – мягко посадить космический аппарат на поверхность Луны.



АМС "Берешит" перед стартом. Фото IAI/NASA

нее чем на 500 м и передать не менее 500 Мбайт информации, в том числе фотоснимки и видео. В качестве приза "Google" обещала выплатить победителю конкурса 25 млн долл.

Конкурс стартовал в 2007 г. и в 2018 г. завершился без победителя: ни одна из команд-участниц не уложилась в заявленные сроки. Однако компания "Spacell" продолжила работу над своим проектом: ей удалось найти спонсоров и заручиться государственной поддержкой. В частности, около 40 млн долл. предоставил южно-африканский меценат Моррис Кан, 24 млн долл. – миллиардер Шелдон

После запуска АМС "Берешит" оказалась на переходной эллиптической орбите высотой перигея 258 км, высотой апогея 60 тыс. км и орбитальным периодом 19 ч. 24 февраля была проведена первая коррекция орбиты, "поднявшая" перигей до 599 км. 5 марта с расстояния 37 600 км от Земли станция передала первую фотографию в Центр управления полетом. Далее она совершила ряд маневров, постепенно "поднимающих" апоцентр

После запуска АМС "Берешит" оказалась на переходной эллиптической орбите высотой перигея 258 км, высотой апогея 60 тыс. км и орбитальным периодом 19 ч. 24 февраля была проведена первая коррекция орбиты, "поднявшая" перигей до 599 км. 5 марта с расстояния 37 600 км от Земли станция передала первую фотографию в Центр управления полетом. Далее она совершила ряд маневров, постепенно "поднимающих" апоцентр

орбиты, а 4 апреля, после 6-минутного включения двигателей, успешно вышла на окололунную орбиту высотой 500 × 10 тыс. км и периодом обращения 14 ч. С высоты 470 км станция сделала два снимка обратной стороны Луны. К 10 апреля орбиту удалось снизить до 15 км в перигентре и до 197 км в апоцентре. 11 апреля, вскоре после лунного рассвета, "Берешит" должна была мягко опуститься на лунную поверхность.

Но на последнем этапе спуска начались проблемы. На высоте 14 км произошел сбой одного из инерционных блоков системы ориентации. Пытаясь устранить проблему, операторы миссии отправили на борт команду перезапуска системы. Это решение, как оказалось, по цепочке причин и следствий привело к выключению главного двигателя. Когда двигатель удалось запустить снова, было уже поздно – на высоте всего в 149 м связь с аппаратом оборвалась. В этот момент вертикальная посадочная скорость (скорость снижения) составляла 134,3 м/с, горизонтальная скорость – 946,7 м/с. Примерно через секунду "Берешит" врезалась в лунную поверхность и разбилась в северо-восточной части Моря Ясности. Последняя фотография была передана с высоты 7,5 км от поверхности Луны.

Это был не первый сбой в течение полета. Во время перелета к Луне возникали проблемы со звездными датчиками; из-за спонтанной перезагрузки бортового компьютера пришлось пропустить один из маневров коррекции орбиты. С инерционными блоками этого типа ранее уже случались проблемы – в частности, по схожей причине о поверхность Марса в 2016 г. разбился европейский посадочный аппарат "Скиапарелли" миссии "ЭкзоМарс – 2016" (Роскосмос/ЕКА). Опыт работы в космосе нарабатывается тяжело, ценой неудач и аварий, однако израильтяне не теряют оптимизма.

Премьер-министр Израиля Биньямин Нетаньяху пообещал, что государство примет участие во второй попытке отправить автоматическую станцию на Луну. Меценат Моррис Кан объявил о решении построить новую АМС "Берешит-2", которая должна совершить то, что не удалось ее предшественнице. «Мы собираемся запустить "Берешит-2". Государство Израиль участвовало в запуске первого космического аппарата и будет участвовать в запуске второго. Я надеюсь, что в этот раз все пройдет успешно. В таком случае мы действительно станем четвертой страной в мире, которая совершит посадку на Луну», – сказал Б. Нетаньяху на заседании правительства.

Кроме этого, как выяснилось относительно недавно, вполне возможно, что на поверхность Луны была доставлена без повреждений (частично или даже полностью) "Лунная библиотека" ("Lunar Library"). Это 25 дисков из никеля (каждый толщиной в 40 мк), на которых выгравированы изображения 30 млн страниц – памятники литературы, искусства, исторические документы и другая информация на различных языках – которые должны представлять все многообразие культурного и исторического наследия человечества. "Лунная библиотека" была создана некоммерческой организацией "The Arch Mission Foundation" (США).

Итак, несмотря на неудачу миссии, по крайней мере одну задачу – привлечь внимание к освоению космического пространства – ее создателям все же удалось выполнить.



Снимок, полученный АМС "Берешит" 11 апреля 2019 г. с высоты 21 км над поверхностью Луны. Фото IAI/NASA

В.И. Ананьева, ИКИ РАН

По информации сайта компании "Spacell", канала "Israel To The Moon@TeamSpacell", сайта Planetary.org

РЕСУРСЫ БЛИЖНЕГО КОСМОСА, ИЛИ ЗАЧЕМ НАМ ЛУНА?



В.А. ЛЕОНОВ,

кандидат физико-математических наук

Институт астрономии РАН

DOI: 10.7868/50044394819040030

Луна – ближайшее к Земле тело Солнечной системы, которое сопровождало нашу планету на протяжении всей ее эволюции. Появление телескопов позволило составить подробные карты поверхности Луны, развитие космонавтики дало возможность запечатлеть ее обратную сторону, изучить состав лунного грунта, а также получить данные о ее сейсмической активности.

В настоящее время в связи с развитием технологий Луна уже рассматривается не только как объект для фундаментальных исследований, но и как объект для начального этапа освоения инопланетных ресурсов. Космические агентства многих стран начинают планировать свои миссии с учетом строительства постоянных баз на Луне, которые в обозримом будущем могут стать центрами для дальнейшего распространения земной цивилизации в космическом пространстве.

В статье отражены этапы изучения нашего спутника, рассмотрены вопросы целесообразности ее индустриализации, а также обозначен ряд проблем, которые необходимо решить перед началом “лунной экспансии”.

ЛУНА КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Луна... этот загадочный спутник Земли наши предки наблюдали с незапамятных времен. Первобытные люди его обожествляли и поклонялись ему,

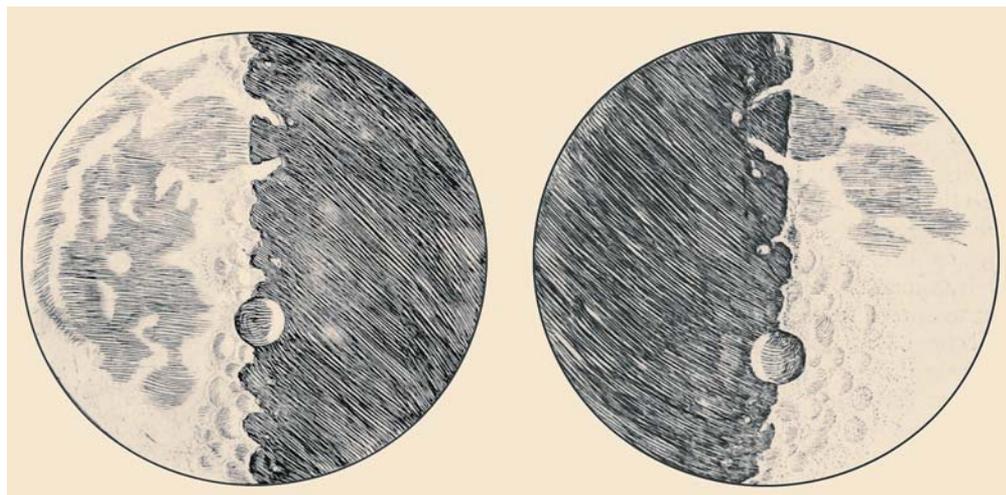
связывая с ним всевозможные легенды и поверья. Второй по яркости после Солнца объект на небе вдохновлял поэтов и писателей, художников и музыкантов, ученых и мыслителей. В глубокой древности Луна привлекала внимание людей как эффективный

и довольно точный прибор для измерения времени по смене ее фаз, а в странах Арабского Востока она способствовала ночной активности и торговле во время полнолуния ввиду того, что неплохо освещала Землю, но не нагревала ее так, как это делало Солнце. В Израиле и некоторых мусульманских странах до сих пор используется лунно-солнечный календарь, благодаря которому любая важная календарная дата всегда приходится не только на один и тот же сезон года, но и на одну и ту же лунную фазу. Чтобы год лунного календаря по средней продолжительности соответствовал солнечному, каждые 2–3 года к нему добавляют тринадцатый лунный месяц. В нашей стране лунный календарь активно используют огородники и садоводы, а также люди, в чьей жизни астрология играет важную роль, помогая, по их мнению, выбрать подходящий день для начала тех или иных дел. Однако пути астрономии и астрологии разошлись еще в XV в., когда “Альмагест” Птолемея был переведен с греческого на латынь, то есть на язык европейской науки (ЗиВ, 2012, № 4).

По мере развития земной цивилизации, а также с совершенствованием методов исследований изменялись представления о Луне. Еще в Древней Греции, которая считается прародительницей научного познания, Гиппарх во II в. до н.э. получил размеры этого небесного тела, рассчитал расстояние до него и отметил ряд особенностей его движения.

Интерес к Луне с течением времени не угасал ни среди астрологов, ни среди астрономов, и, когда в начале XVII в. в странах Западной Европы появилось такое изобретение, как телескоп, Галилео Галилей выбрал Луну первым объектом для исследования. Еще до него чертежи конструкции телескопа, причем двухлинзового, нарисовал Леонардо да Винчи. Однако именно Галилей занимался активным усовершенствованием этого инструмента, что позволило ему сделать ряд открытий. С помощью телескопов астрономы смогли различить детали лунной поверхности и составить ее карты, а увеличение изображения дало основания полагать, что на Луне

Зарисовки Луны, сделанные Галилео Галилеем. 1609 г.





Н. Ньепс и Л. Дагер подписывают контракт о сотрудничестве в применении технологии фотографии. 1829 г. Рисунок

нет атмосферы. Такое заключение сделали посредством внимательного наблюдения покрытия звезд Луной: если бы у нашего спутника имелась атмосфера, они погасали бы постепенно, однако этого не было.

Еще одним важным этапом в изучении Луны стало появление практической фотографии. Прошло совсем немного времени с того момента, как Нисефор Ньепс и Луи Дагер в самом начале XIX в. показали миру возможности гелиографии – фотопроцесса, позволяющего получать негативное изображение и его тиражировать. Астрономы быстро поняли, какие перед ними открываются возможности, и фотографические наблюдения стали активно вытеснять визуальные, зачастую субъективные. В течение столетия было получено много изображений лунной поверхности, и на рубеже

XIX–XX вв. был составлен детальный “Фотографический атлас Луны”.

Мировая общественность, и особенно ее творческая часть, очень быстро подхватила тему исследования Луны, чему способствовали новые знания из самых разных областей науки и техники. Вооружившись полученными специально для этого математическими расчетами, Жюль Верн

в 1865 г. опубликовал свой роман “С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут”, более известный под названием “Из пушки на Луну”. В нем герои оказались на Луне отнюдь не неким сказочным образом, как, например, герои Эдгара По, а на основе научно обоснованных – хотя и по меркам того времени, но все-таки объективных технологий. Эта книга по праву считается родоначальницей научной фантастики, на долгие

Иллюстрация к книге Ж. Верна “Из пушки на Луну”. Издание XIX в.



годы определившей вектор мыслительной деятельности многих выдающихся ученых и деятелей литературы и искусства. Так, Герберт Уэллс в своем романе “Первые люди на Луне” активно развивал тему полета на Луну, а известный французский режиссер Жорж Мельес в 1902 г. по мотивам романа Жюль Верна снял первый в истории кинематографа научно-фантастический фильм, причем со спецэффектами. Нетрудно представить, какую он имел популярность.

Основоположник теоретической космонавтики, изобретатель и космист К.Э. Циолковский тоже был приверженцем идеи скорого посещения людьми спутника нашей планеты и в 1887 г. написал свою первую научно-фантастическую повесть “На Луне”, в которой детально описал впечатление оказавшегося на ней человека, специфику всевозможных физических явлений. Не была учтена разве что сильная космическая радиация. Именно Константин Эдуардович смог детально описать существование человека на орбитальных станциях, рассмотреть медико-биологические проблемы межпланетных полетов и даже дать научный анализ социального значения космической деятельности человека в целом. Многие его труды просто на эпоху обогнали свое время (ЗиВ, 1972, № 5; 2007, № 5; 2015, № 4).

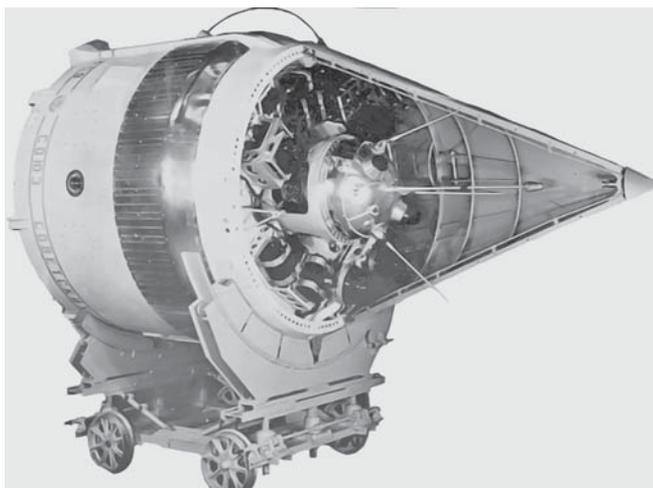
Прошло всего полстолетия после первых выстрелов К.Э. Циолковского, и в стране, которой он посвятил все свои труды, был запущен первый искусственный спутник Земли. Основоположник практической космонавтики и один из крупнейших конструкторов космической техники прошлого

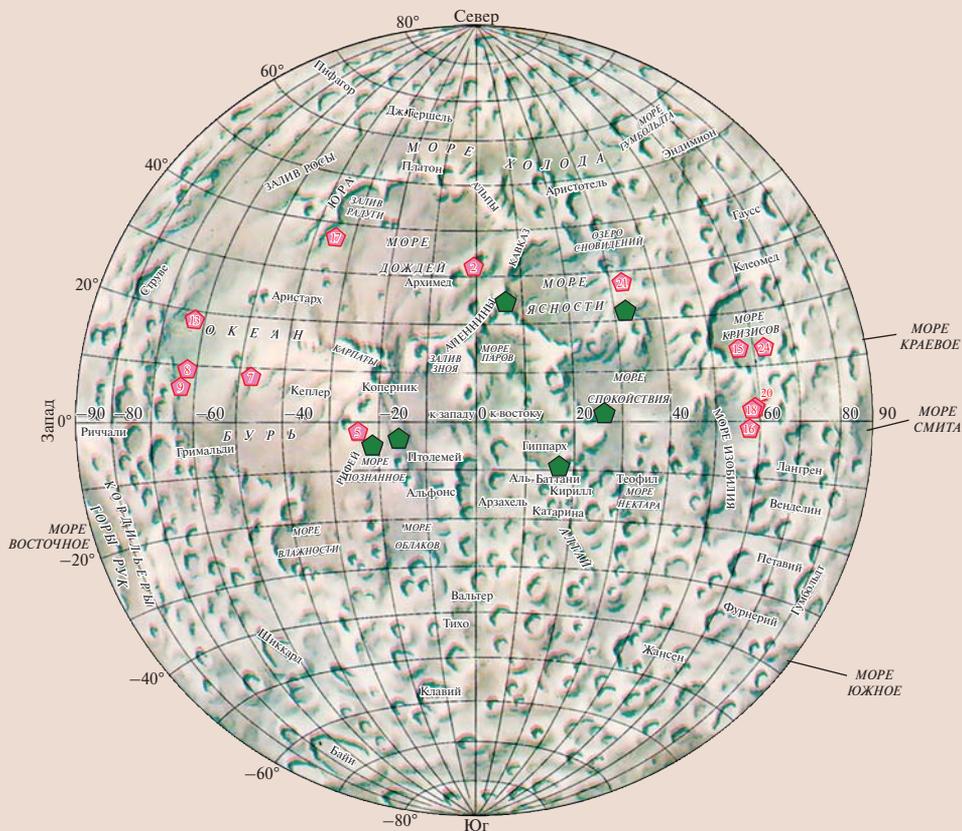
столетия – Сергей Павлович Королёв – осуществил мечту человечества – в октябре 1957 г. был запущен в космос спутник, а спустя несколько лет – и первый космонавт. Началась эра освоения космоса.

ЛУННАЯ ГОНКА

Под влиянием идей и трудов К.Э. Циолковского, а также в связи с созданием мощных ракет, появилась возможность запуска космических аппаратов к ближайшей цели – Луне. С.П. Королёв в начале 1958 г. инициировал вопрос о подготовке такого проекта, но сначала для полета без экипажа. 20 марта 1958 г. принято постановление Совета министров СССР о разработке трехступенчатой ракеты-носителя на базе МБР Р-7 и запусков в конце 1958 г. с ее помощью с полигона Тюратам (ныне космодром Байконур) автоматической станции “Объект Е” в двух вариантах – для попадания в Луну и для облета Луны. Пришлось спешить, так как за океаном шла подготовка к осуществлению такой

*Автоматическая станция “Луна-1”
на 3-й ступени ракеты-носителя “Восток-Л”.
Конец 1958 г.*





Карта мест посадок космических аппаратов на Луну. М1:40 млн.
 Красными пятиугольниками отмечены места прилунения и номера советских АМС,
 зелеными – места высадки американских астронавтов по программе "Аполлон".
 1976 г. ГАИШ МГУ

же программы. 15 мая 1958 г. ракетное командование США предложило запустить экспериментальные космические аппараты для проверки связи на больших расстояниях и фотографирования поверхности Луны. В этой гонке наша страна опередила Америку, успешно посыл к Луне 2 января 1959 г. первый аппарат – АМС “Луна-1”, в октябре того же года “Луна-3” сфотографировала обратную сторону этого небесного тела (ЗиВ, 2009, № 4). США смогли выполнить те же этапы полетов к Луне спустя 5 лет по программе “Рейнджер”. Для того, чтобы не потерять имиджа ведущей мировой державы, США поставили цель – доставить человека на Луну, NASA разработало программу “Аполлон”. В СССР тоже

была программа осуществления лунной экспедиции (ЗиВ, 2009, № 5), но, к сожалению, она так и не была реализована – первыми на Луне побывали американцы в июле 1969 г., получив весьма ценную научную информацию с помощью установленной на лунной поверхности аппаратуры. Советская лунная программа не осуществилась в полной мере ввиду многих причин: разногласий между С.П. Королёвым и главным конструктором ракетных двигателей В.П. Глушко, смены руководства страны, безвременной смерти Главного конструктора, неготовности сверхтяжелой ракеты-носителя Н-1. Правда, не меньше проблем было и у главного конкурента СССР – США.

Ввязавшись поначалу в “лунную гонку” и совершив в общей сложности шесть успешных экспедиций по программе “Аполлон”, США решили не продолжать и даже не стали предпринимать полеты к Луне в течение более 20 лет, лишь в январе 1998 г. АМС “Лунар Проспектор” вышла на орбиту вокруг Луны (ЗиВ, 2001, № 1). Советский Союз продолжал исследования Луны до 1976 г., затем тоже прекратил их на три десятилетия. Длительная космическая гонка между двумя космическими державами, ставшая важной частью идеологического и технологического противостояния, сильно поспособствовала развитию науки, техники и обороны.

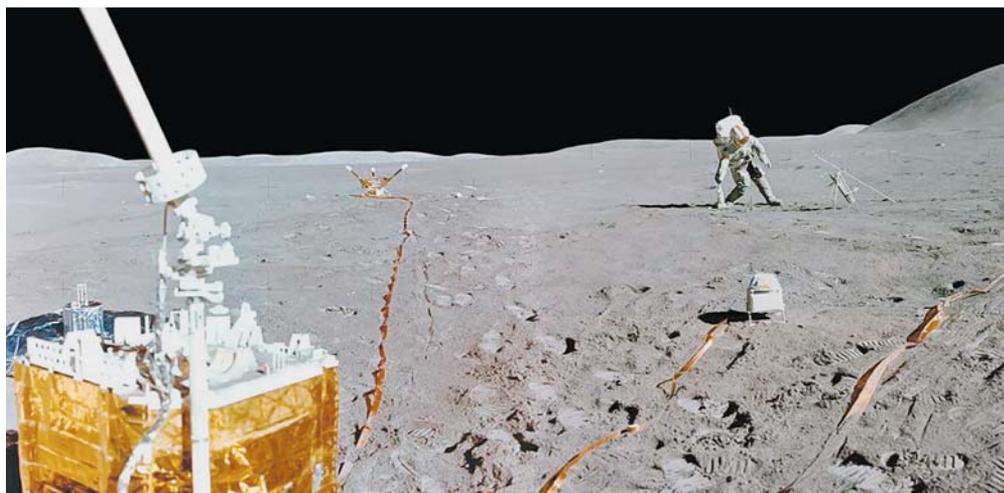
ЛУНА И ЕЕ РЕСУРСЫ

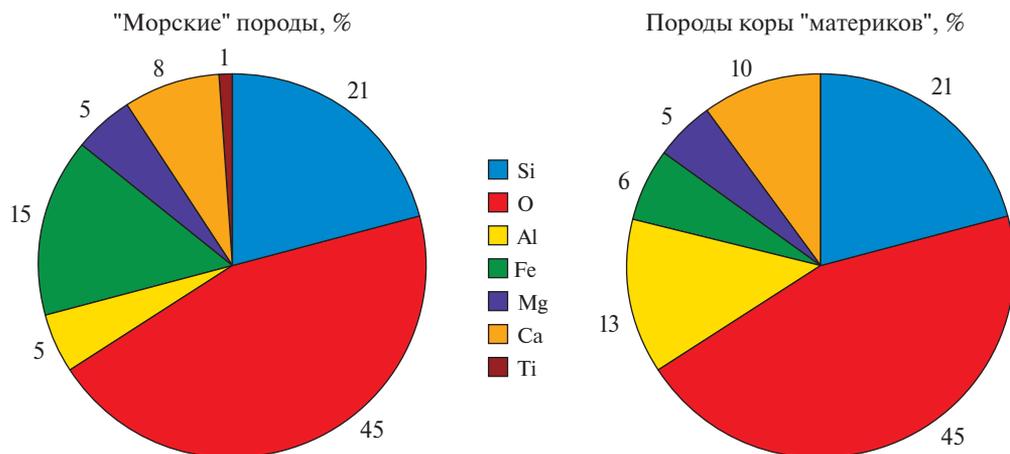
Долгое затишье в освоении Луны было в существенной мере обусловлено тем, что это небесное тело не представляло интереса для администрации NASA. В начале нынешнего века в связи с истощением земных ресур-

сов был поднят вопрос о том, можно ли разрабатывать на Луне полезные ископаемые, например редкоземельные элементы и изотоп гелий-3 (ЗиВ, 2005, № 6; 2011, № 4). Сейчас же ситуация меняется, и перспективы освоения Луны зависят исключительно от финансирования столь дорогостоящих проектов.

Длительные исследования в области управляемого термоядерного синтеза, который отличается от традиционной ядерной энергетики тем, что в нем происходят управляемые реакции (дейтерий + тритий или дейтерий + гелий-3), пока не привели к желаемым результатам, но это не значит, что задача не будет разрешена в скором времени. Пока маркетологи в NASA подсчитали, что запасов этого сырья на Луне не менее 1 млрд тонн. В энергетическом плане их хватит, чтобы обеспечить энергией все человечество на ближайшие несколько тысяч лет. Соединенным Штатам на год вполне хватит 2–3 десятков тонн гелия-3,

Командир космического корабля “Аполлон-15” Дэвид Скотт устанавливает научную аппаратуру на лунную поверхность вблизи горного массива Апеннин. У него в руках бур для отбора проб лунной породы, слева, на переднем плане, виден спектрометр, на втором плане – сейсмометр и магнитометр. 30 июля 1971 г. Фото NASA





Химический состав лунных пород морских и материковых районов Луны в процентах. Кислород, кремний, алюминий и магний – типичные составные элементы силикатных пород, из которых в основном и состоит ее кора

а стоимость его добычи/доставки составит не более 30 млрд долл. Сейчас США тратят более 40 млрд долл. в год на традиционные энергоносители. Насколько выгодна добыча гелия-3 на Луне и не нарушит ли она экологическую обстановку на нашем спутнике, покажет время.

Кроме энергоресурсов на Луне есть и огромные запасы платины, меди и никеля, которые иссякнут на Земле уже в этом столетии (ЗиВ, 2014, № 2). Электроника без них вряд ли сможет обойтись, если не появятся альтернативные технологии или если люди кардинально не снизят масштабы потребления.

Еще один важный момент заключается в том, что если чего-то нет на Луне, то это можно на нее доставить, а потом переправить на Землю. Так, рыночная стоимость некоторых астероидов оценивается в 1 трлн долл., а доставить даже крохотный астероид на поверхность Луны очень сложно, но в будущем это станет осуществимо.

Правда, Луна и так покрыта слоем реголита, который представляет собой мелкодисперсный порошок – пыль из остатков упавших на нее астероидов и кометных ядер, перемешанных с коренной лунной породой – базальтом (ЗиВ, 2017, № 3). В открытом космосе можно перехватывать кометы, содержащие до 80% водяного льда, и обеспечить снабжение лунных колоний водой (ежегодно мимо Земли – на расстоянии не далее 1,5 млн км от нее – пролетает до 40 тыс. небольших комет размером от 3 до 30 м).

Для строительства лунных баз тоже есть сырье. Кремний можно использовать для изготовления солнечных батарей, титан и алюминий отлично подходят для возведения прочных и легких металлоконструкций, кислород и водород – источники топлива. Но больше всего на Луне базальта (собственно, она из него и состоит) – вещества, которое представляет собой окислы металлов – железа, титана, магния,



Строительство российской лунной базы. Проект "ЦНИИмаш" 2006 г. Рисунок С. Савушкиной

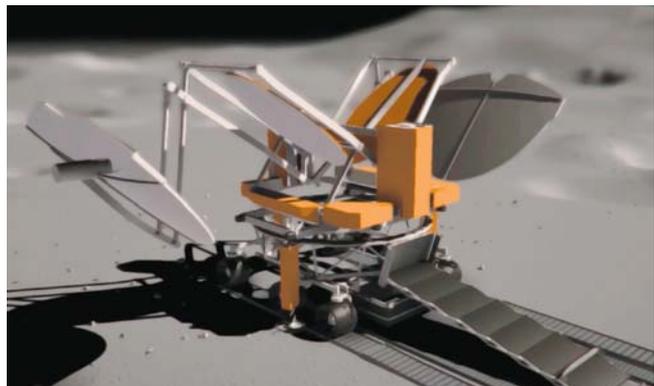
алюминия – и при этом может служить отличным строительным материалом.

Если человечество не будет рассматривать Луну исключительно как сырьевой источник, а предпримет активные шаги для строительства обитаемых баз, то помещения этих баз обязаны обеспечить защиту людей от космической радиации, метеоритной бомбардировки и при этом должны быть абсолютно герметичны. Эти условия потребуют применения строительных конструкций с большой толщиной стен и перекрытий, чтобы поглощать радиацию и понижать ее до привычного на Земле фонового уровня, а также практически исключают возможность строительства долговременных построек на поверхности Луны, не защищенных от метеоритной бомбардировки.

Строительство баз из лунного грунта может быть

выполнено задолго до отправки на Луну пилотируемых миссий, для этого потребуются автоматические солнечные 3D-принтеры, которые позволят строить сооружения с минимальным использованием доставляемых

Солнечный 3D-принтер – основной инструмент для строительства лунных станций. На иллюстрации представлен прототип лунного принтера, разработанного самарскими инженерами



с Земли материалов. Проложенные при добыче полезных ископаемых тоннели впоследствии можно переоборудовать в обитаемые зоны, а отвалы после переработки руд использовать как строительный материал верхних этажей колонии. Структура такого поселения позволит вводить в эксплуатацию этажи по мере их строительства, а главное – использовать базальт в качестве основного строительного материала.

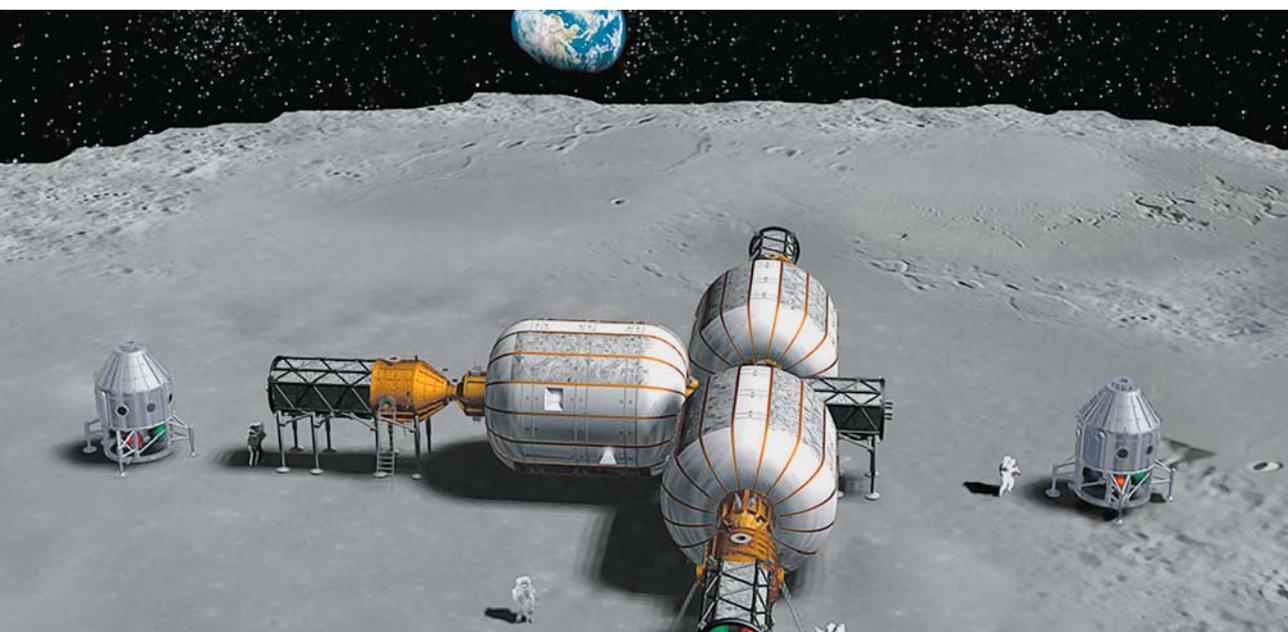
КОЛОНИЗАЦИЯ КОСМОСА – НУЖНО ЛИ НАМ ЭТО?

Добыча полезных ископаемых в космосе напрямую связана с его колонизацией. Это факт, с которым необходимо смириться. Только постоянные базы могут быть центрами для последующей космической экспансии. Эпоха великих географических открытий привела к тому, что некоторые страны Старого Света смогли захватить но-

вые земли, причем наибольшие и самые лакомые куски достались тем, кто раньше всех крайне активно и порой бесцеремонно начал этим заниматься. Тут, правда, есть важная оговорка: под “некоторыми” следует понимать те страны Европы, которые обладали флотом. Разумеется, были и ярые противники колонизации, но кто их сейчас вспомнит?

Колонизация космоса по своей сути ничем не отличается от колонизации новых земель, разница лишь в том, что корабли стали бороздить не океаны, а космическое пространство. И позволить себе роскошь запускать спутники в космос могут только достаточно развитые страны, имеющие свою космонавтику. Главное – урегулировать все правовые нормы, но об этом мы поговорим чуть ниже. Отметим лишь один интересный факт. В 2015 г. президентом США Бараком Обамой был подписан закон “О конкурентной способности в области коммерческих

Монтаж лунной базы из доставляемых с Земли готовых модулей





Совместный проект ESA и корпорации "Foster + Partners" – гостиница для туристов на поверхности Луны. Рисунок ESA

и космических запусков". Данный документ наделил американские компании правом добывать, присваивать и продавать ресурсы других небесных тел, включая астероиды. Позиция США вызвала много возражений в других странах. В 2017 г. в Люксембурге появился закон "О легализации промышленной добычи полезных ископаемых в безвоздушном пространстве частными компаниями", который дает право коммерсантам получить право собственности на полезные ископаемые, добытые на ином космическом теле. Япония, Индия и ОАЭ тоже хотят участвовать в разработке лунных ископаемых.

Нужно признать, что на данный момент многие весьма интересные космические программы в большей мере остаются научными или, того хуже, пропагандистскими, а сама колонизация космоса порой в научном сообществе не рассматривается всерьез. Да и ярых противников колонизации немало – история

повторяется, и мы это знаем. Тем не менее, практически в каждой стране, запускающей в космос спутники, ведутся с разной степенью активности разработки в этой области (ЗиВ, 2013, № 2).

В 2011 г. российский ГКНПЦ им. М.В. Хруничева объявил об амбициозной космической программе промышленного освоения Луны. По утверждениям представителей Центра для этого будут созданы специальные пилотируемые и грузовые лунные корабли, модуль орбитальной лунной станции, модуль лунной базы и космический буксир. И не исключено, что осуществление отечественной программы пилотируемых полетов на Луну, первоначально запланированной на 2025–2040 гг., будет ускорено, а первая окололунная платформа появится уже в следующем десятилетии.

Европейское космическое агентство совместно с корпорацией "Foster + Partners" Нормана Фостера планирует

построить гостиницу на поверхности Луны. Проект будет осуществлен с помощью технологии 3D-печати. О серьезности этих намерений говорит то, что в настоящее время уже почти готов проект строительства внешней оболочки обитаемого модуля, рассчитанного на четырех человек.

ЛУНА – НАШ ВТОРОЙ ДОМ?

Глобальное изменение климата, меняющегося у нас на глазах, вызывает серьезные опасения (ЗиВ, 2017, № 3). В обозримом будущем человек будет вынужден искать среду обитания, которая могла бы вместить большую часть населения и обеспечить продолжение его жизни в более стабильных условиях. С этой точки зрения, Луна имеет наибольшее число достоинств – она достаточно велика, чтобы иметь заметную силу тяжести на ее поверхности. На Луне нет вулканизма; землетрясения бывают, но не несут в себе такой огромной разрушительной силы, как на Земле, ввиду отсутствия на поверхности нашего спутника воздушных и водных океанов. Нет климатических нестабильностей, а также расплавленной мантии в недрах. Это – ближайшее к Земле космическое тело, благодаря чему колониям на Луне будет легче снизить транспортные издержки и оказать колониям на Луне экстренную помощь. Луна все время ориентирована к Земле одной стороной, что может оказаться очень полезным во многих отношениях, в частности для транспортного сообщения, например для космического лифта (ЗиВ, 2012, № 4, с. 63).

Важнейшая проблема, связанная с жизнедеятельностью человека на Луне, которую предстоит решить медикам – последствия гравитации. Смоделировать условия пониженной гравитации невозможно ни на Земле, ни на орбитальной станции, получить результаты экспериментов можно только оказавшись на Луне

НА ЧЕМ ДОБРАТЬСЯ?

Современная ракетная техника служит транспортным средством для доставки различных аппаратов в космос и основной космических исследований, но она совершенно не способна обеспечить колонизацию космоса с большим грузопотоком и при этом гарантировать безопасность колоний. В стратегическом плане самое перспективное средство выхода в космос – строительство космического лифта Земля – Луна. Технические предпосылки для этого имеются. Такой лифт может обеспечить грузопоток, необходимый для колонизации Луны. Преимущество тросовой

лифтовой системы перед традиционными ракетными средствами доставки полезных грузов на Луну заключается в отказе от средств мягкой посадки на безатмосферную Луну, а также в возможности рекуперации энергии спуска полезного груза.

Если позволят технологии (а основная проблема на данный момент – это изготовление сверхдлинных нанотрубок), то, по предварительным расчетам, стоимость проекта будет сравнима с несколькими пилотируемыми миссиями на Луну. Но при этом сам лифт будет многоразовым.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Однако пока идеи освоения Луны требуют огромных затрат. Если группировка коммерческих спутников – это сегмент самофинансируемой (в том числе и частными фирмами) космонавтики,



Спутник "Асгардия-1" в космосе. Рисунок с сайта <https://asgardia.space/>

которую можно считать примером успешного освоения космоса, то в вопросе освоения Луны должна быть четкая правительственная поддержка.

Частные компании разрабатывают собственные ракетные системы: успешно запущен ряд спутников с помощью ракет-носителей серии "Фалькон" ("Falcon-1", "Falcon-9" и "Falcon Heavy") компании "SpaceX". Последняя ракета-носитель – одна из самых мощных в мире на сегодняшний день. Но тут всегда надо помнить, откуда взялись технологии у Илона Маска (ЗиВ, 2018, № 3). В России же стратегический горизонт большинства частных инвесторов порой ограничен футбольными клубами. Однако есть и те, кто не только имеет серьезные амбициозные планы в области космонавтики, но и, обладая внушительными капиталами, старается претворять свои идеи в жизнь.

Несколько лет назад российский олигарх И. Ашурбейли заявил о создании первого в истории человечества государства в космосе под названием Асгардия. В 2017 г. был запущен спутник "Асгардия-1" с правовой информацией о новом космическом

государстве на борту, а также обо всех его "жителях", коих на момент запуска было уже полтора миллиона. В качестве места обитания будущих переселенцев выбрана орбита Земли, возможна также экспансия в направлении Луны. Цель создания такого государства – мирное использование космических ресурсов, планетарная защита и создание своеобразного перевалочного пункта на трассах межпланетных перелетов. Переселение асгардианцев на орбиту Земли планируется начать в ближайшие два-три десятилетия.

Весьма прибыльное дело – космический туризм, особенно когда за дело берутся профессионалы. Разумеется, туристические услуги не могут стать основой финансирования строительства лунных баз – это всего лишь дополнительный источник дохода. Обеспечить полноценное частное финансирование космонавтике может только промышленная деятельность.

Если масштабных государственных и международных программ не будет, то Луна останется такой же недостижимой, как большая земля для Робинзона, застрявшего на маленьком острове.

Космические полеты – очень затратная статья в бюджете любой страны, но научно-технический и экономический потенциал человечества вполне позволяет создавать базы на других планетах. Это не будет требовать каких-то запредельных трат, но цена инопланетных поселений и отдача от них в глобальном масштабе будут несопоставимы.

ЮРИДИЧЕСКИЙ СТАТУС ЛУНЫ

Как же обстоят дела с Луной в юридическом аспекте? Тут тоже все не так просто. В настоящее время сохраняет силу “Договор о космосе” (Outer Space Treaty) от 1967 г., который, провозглашая принцип исключительно мирного использования космоса, объявляет космическое пространство интернациональным и не подразумевает чьего бы то ни было суверенитета над ним. Вот некоторые основополагающие моменты этого договора:

*Околорунная обитаемая платформа.
Проект NASA*



Статья 1. Космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, открыто для исследования и использования всеми государствами без какой бы то ни было дискриминации на основе равенства и в соответствии с международным правом, при свободном доступе во все районы небесных тел;

Статья 2. Космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, не подлежит национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами.

На самом же деле, поскольку в Договоре не прописано никаких четких сценариев освоения и эксплуатации космоса, запретов на фактический “захват” осваиваемых в космосе территорий нет. Поэтому любое государство или частное лицо не ограничены в выборе мест посадки на Луне и эксплуатации ее ресурсов.

Составленное же в 1979 г. в ООН “Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах” не было ратифицировано ни одной космической державой (единственным государством, подписавшим его, стала Франция). Это говорит о том, что сохраняющаяся неопределенность в космическом праве кому-то сегодня удобна, хотя и грозит возникновением конфликтных ситуаций в будущем. Справедливости ради нужно отметить, что некоторые законы, например “Конвенция о космической ответственности” (Space Liability Convention) или “Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство” (Registration Convention),

все-таки выполняются странами, их подписавшими.

С другой стороны, несовершенство существующей космической правовой базы дает огромные преимущества державам, уже располагающим необходимыми технологиями для начала эксплуатации самых доступных ресурсов в космосе. На Луне особенно перспективными считаются вершины некоторых гор около полюсов, над которыми практически не заходит Солнце (что выгодно для солнечной энергетики), области центра лунного диска (для размещения станции лунного лифта) и области над лавовыми трубами (это – готовые пустоты для строительства обитаемых помещений), а также некоторые районы на полюсах, где обнаружены запасы воды.

Активная колонизация ближайших к Земле планет и Луны – дело отдаленного будущего. Полувековое присутствие в космическом пространстве

приведет через несколько десятилетий к реальной индустриализации космоса. Исследования в области создания баз на Луне уже в текущем столетии станут одними из перспективных разработок человечества. Вопрос будет сводиться к одному – кто будет первым?

Список рекомендуемой литературы

1. Рускол Е.Л. Происхождение Луны. М.: Наука, 1975. 188 с.
2. Галкин И.Н., Шварев В.В. Строение Луны. М.: Знание, 1977. 64 с.
3. Рингвуд А.Е. Происхождение Земли и Луны. М.: Недра, 1982. 293 с.
4. Мишин В.П. Почему мы не слетали на Луну? М.: Знание, 1990. 64 с.
5. Бронштэн В.А. Как движется Луна. М.: Наука, 1990. 208 с.
6. Шевченко В.В. Лунная база. М.: Знание, 1991. 64 с.
7. Войцеховский А.И. Тайны Луны. М.: Вече, 2006. 416 с.
8. Дубкова С.И. Книга о Луне. М.: Белый город, 2008. 200 с.
9. Сурдин В.Г. и др. Путешествия к Луне. М.: Физматлит, 2009. 524 с.

Информация

“OSIRIS-REx” исследует астероид Бенну

12 июня 2019 г. АМС “OSIRIS-REx” (США) стала обращаться вокруг астероида Бенну на высоте всего 680 м (она находится на его орбите, начиная с 3 декабря 2018 г.; ЗиВ, 2018, № 1, с. 105). В течение двух недель станция исследовала частицы, выбрасываемые в космос. После этого орбита была поднята до 1300 м над поверхностью астероида. В это время с помощью лазерного высотомера OLA выполнялись наблюдения для создания полной карты поверхности; фотокамера PolyCam передавала снимки астероида, выполненные с высоким разрешением. С помощью теплового эмиссионного спектрометра OTEIS строили глобальную инфракрасную карту астероида, а с помощью рентгеновского спектрометра REXIS – глобальную рентгеновскую карту.

Эти инструменты помогут ученым выбрать лучшее место для взятия образца с поверхности Бенну, с точки зрения ценности образцов и безопасности операции. На высоте всего 225 м над поверхностью астероида станция сможет “распознать” объекты размером до 2 см; препятствиями могут стать камни и валуны. Также надо найти ровную площадку. В случае, если ее поверхность будет слишком наклонена, то рычаг для сбора проб не сможет справиться с выполнением поставленной задачи.

Пресс-релиз NASA, 13 июня 2019 г.

НЕРАЗГАДАННЫЕ ТАЙНЫ ЛУНЫ



М.А. ИВАНОВ,

доктор геолого-минералогических наук

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

DOI: 10.7868/S0044394819040042

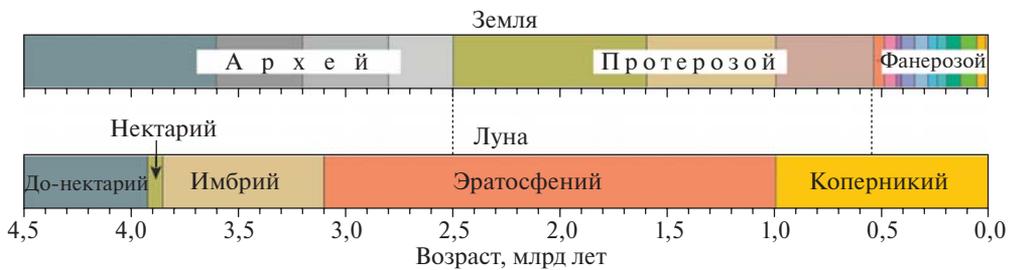
В статье дается краткий обзор наиболее важных вопросов лунной геологии, которые имеют непосредственное отношение к общей проблеме эволюции планет. Эти вопросы связаны с лунной хронологией, ее вулканической активностью и внутренним строением. Несмотря на огромный прогресс в изучении Луны, многие аспекты этих вопросов все еще остаются далекими от решения.

ЛУНА – КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ РАННЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ПЛАНЕТ

Луна – ближайшее к нам планетное тело, которое изучается уже на протяжении столетий. Долгое время основным инструментом познания в этой области оставался телескоп, а главным объектом исследования – лунная поверхность, ее форма и оптические свойства. После наступления космической эры технические возможности изучения Луны возросли в колоссальной степени, и в настоящее время накоплен огромный и качественно новый

фактический материал о морфологии поверхности Луны, ее топографии и спектральных характеристиках; составлены глобальные карты геофизических полей (например, гравитационного). Уникальный каменный материал был собран на Луне и доставлен на Землю astronautами экспедиций по программе “Аполлон”, а также с помощью советских автоматических аппаратов серии “Луна” (ЗиВ, 1977, № 3; 2003, № 4; 2009, № 6).

Полученные данные позволяют добавить к области исследования не только поверхность, но и внутреннее строение Луны и обратиться к изучению проблемы



Сопоставление земной и лунной хронологий. Подавляющее большинство “морских” поверхностей Луны имеют возраст, соответствующий Архейскому периоду геологической истории Земли

фундаментальной важности: как эволюционировали планеты земной группы и какой этап их эволюции может иллюстрировать Луна?

Геологическая проблема эволюции планетных тел очень сложна и включает множество составных частей, которые могут быть как универсальными (распространяющимися на все планеты), так и специфичными для каждой из них. К универсальным аспектам проблемы относятся, прежде всего, хронология планет, их вулканизм и внутреннее строение; они отражают процессы обмена масс и энергий между планетами и окружающим космосом. Например, хронология геологических событий на планетах определяется, главным образом, по числу ударных кратеров на единицу площади, что напрямую связано потоком космических тел (его интенсивностью), бомбардирующих поверхность планет. Результаты проявления вулканизма, а также внутреннее строение планет позволяют судить о потерях планетами запаса тепла.

Все эти проблемы полнее всего изучены на Земле (однако это лишь один элемент общей картины). Луна как полноправное планетное тело (хотя формально она – и спутник) представляет собой еще один пример эволюции планет и позволяет изучить ее ранние этапы. Несмотря на то что Луна изучена

в большей степени, чем планеты земного типа (Меркурий, Венера, Марс), множество вопросов ее геологии остаются нерешенными¹; это затрудняет детализацию геологической истории Луны и выяснение ее места в общей проблеме эволюции планет.

ЛУННАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Вопрос *возможного диапазона* возраста лунной поверхности имеет важнейшее значение для понимания способов формирования и путей эволюции не только Луны, но и всех других планет. Дело в том, что главным показателем возраста поверхности планетного тела является кратерная “летопись” (то есть плотность и морфология кратеров). Ударные кратеры образуются при столкновении космических тел с поверхностью планет, а собственно планетные процессы (эрозия, вулканизм, сейсмическая активность) “стирают” кратеры и обновляют поверхность планет. Из этого простого соотношения следует: чем выше плотность кратеров – тем древнее поверхность. Но насколько?

¹ National Research Council. The Scientific Context for Exploration of the Moon: Final Report. // Washington. DC: The National Academies Press, 2007.

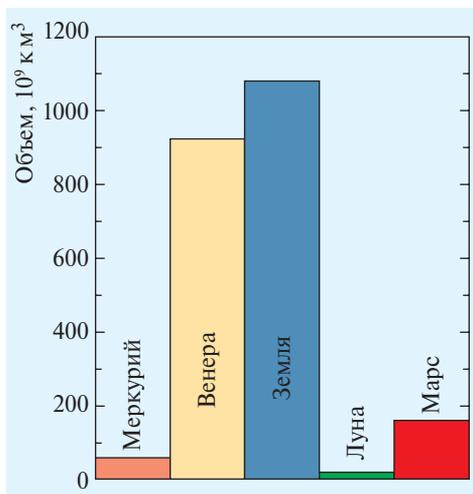


Диаграмма сравнения объемов планет земной группы, иллюстрирующая существование группы крупных (Земля, Венера) и малых планет (Меркурий, Луна). Марс занимает промежуточное положение

В свою очередь, образование ударных кратеров – главный геологический процесс в Солнечной системе, распространяющийся на все ее тела с твердой поверхностью – планеты, карликовые планеты, астероиды и кометы. В проблеме хронологии Солнечной системы исследование Луны играет ключевую роль, так как это единственное планетное тело, образцы которого непосредственно связанные с теми или иными типами пород (например, с выбросами из бассейна Моря Дождей) были доставлены на Землю, а их абсолютный возраст был точно измерен в земных лабораториях. Информация об исходном местоположении лунных образцов, доставленных на Землю, принципиально отличает их от другого типа внеземного вещества – метеоритов, локализация которых не может быть точно установлена.

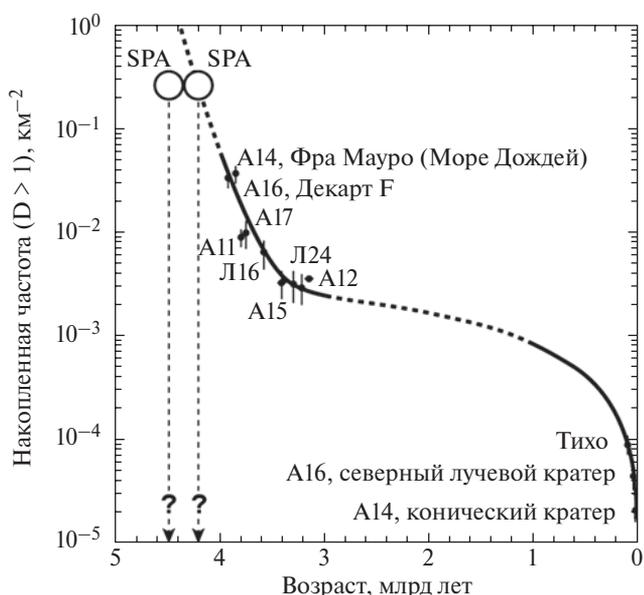
Знание места, из которого были взяты образцы лунных пород, установленная связь их с тем или иным веществом

ным комплексом и радиоизотопные датировки позволили связать частотно-размерное распределение ударных кратеров Луны и абсолютный возраст. Эта связь и позволяет ответить на вопрос: насколько древний (или молодой) тот или иной участок поверхности, в зависимости от плотности кратеров. Форма кривых частотно-размерного распределения кратеров на других планетах подобна лунной. Это достоверно установленный и очень важный факт; он позволяет экстраполировать соотношения между частотно-размерным соотношением кратеров и абсолютным возрастом, установленные на Луне, на другие планеты и оценивать абсолютный возраст их поверхности.

Проблема калибровки частотно-размерного распределения кратеров на Луне по абсолютному возрасту, однако, далека от решения: в частности, некалиброванным, а интерполированным остается длительный промежуток (между 3 и 1 млрд лет), а также участок для наиболее древних кратеров – более 4 млрд лет. Оба “участка неопределенности” важны для понимания лунной хронологии, но часть древней популяции, кроме того, играет важную роль в гипотезе позднего всплеска ударной бомбардировки. В ней утверждается, что в период от 3,8 до 4 млрд лет назад система Луна–Земля пережила относительно короткое, но значительное усиление интенсивности метеоритной бомбардировки, вызванной крупными объектами². Этот всплеск мог быть спровоцирован изменениями положения орбит планет-гигантов и связанными с ними перераспределениями потоков кратерообразующих тел.

²Tera F., Papanastassiou D.A., Wasserburg G.J. Isotopic evidence for a terminal lunar cataclysm // Earth Planet. Sci. Letters, 1974. V. 22. P. 1–21.

Диаграмма лунной хронологической кривой, показывающей соотношение между плотностью ударных кратеров (более 1 км) и абсолютными радиоизотопными возрастными лунных пород, отобранных в местах посадок КК "Аполлон" (А) и АМС "Луна" (Л). Абсолютный возраст ударного бассейна Южный полюс–Эйткен (SPA) играет важную роль в определении конфигурации кривой для возрастов более 4 млрд лет. (По данным Hiesinger H. et al., How old are young lunar craters? // *Journal Geophysical Res.*, 2012. V. 117. DOI: 10.1029/2011JE003935)



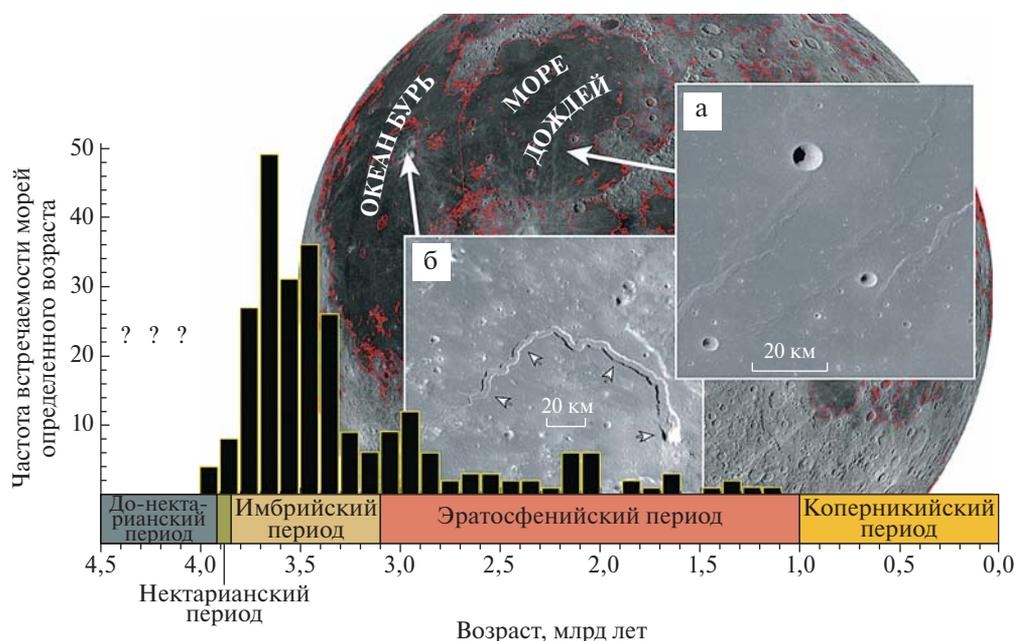
Решающим в проверке этой гипотезы станет определение абсолютного возраста формирования крупнейшего и древнейшего лунного бассейна Южный полюс – Эйткен (South Pole – Aitken, SPA; см. статью В.В. Шевченко в этом номере). Этот бассейн, по модельным представлениям, образовался до 4 млрд лет назад (на сколько раньше – неизвестно). Если возраст бассейна находится на существующей хронологической кривой, то нет оснований говорить о внезапных изменениях потоков кратерообразующих тел в Солнечной системе. В противном случае гипотеза “позднего всплеска ударной бомбардировки” и связанные с ней модели динамической эволюции Солнечной системы станут более основательными.

ЛУННЫЙ ВУЛКАНИЗМ

Каждое планетное тело представляет собой “тепловую машину”, которая “выносит” на поверхность внутреннее

тепло с помощью того или иного механизма. Наиболее общий и яркий механизм – вулканическая активность, которая проявляется в извержениях горячего материала из недр планеты и его отложении и остывании на поверхности. Этот в целом однонаправленный процесс действует на всех планетах и продолжается до времени исчерпания запасов их внутреннего тепла.

Луна представляет собой удобный объект для изучения вулканизма в историческом аспекте, так как на протяжении почти всей ее геологической истории эффективные эрозионные процессы не действовали, и проявления вулканизма на спутнике сохраняются в первозданном виде. Это позволяет изучать тип и интенсивность происходивших вулканических процессов и оценивать их роль в общем тепловом балансе планеты. Вулканические породы формируют вторичную кору, которая образуется при плавлении мантии и “перекрывает” первичную, сформированную на ранних этапах эволюции



Хронология вулканической активности Луны: а – типичная морфология поверхности лунных морей; б – в некоторых случаях на поверхности лавовых равнин видны каналы (стрелки), образованные в результате извержений с большим расходом излияний. Мозаики снимков (разрешение – 100 м), полученные с помощью широкоугольной камеры WAC AMC “Лунный орбитальный разведчик”, фото NASA. Кажущийся пик вулканической активности на Луне приходится на интервал времени между 3,8 и 3,3 млрд лет назад. Подавляющее большинство проявлений лунного вулканизма представлено лавовым заполнением ударных бассейнов (например, Моря Дождей); по данным Hiesinger H. et al., How old are young lunar craters? // *Journal Geophysical Res.*, 2012. V. 117. DOI: 10.1029/2011JE003935

планет, во время их интенсивной метеоритной бомбардировки³.

Вулканическая активность Луны почти полностью связана с заполнением лавами топографических депрессий ударных бассейнов. Области такого заполнения хорошо видны с Земли даже невооруженным глазом: это – темные пятна на поверхности Луны, которые называются “морями”. “Морское” заполнение бассейнов представляет

собой колоссальные скопления базальтовых лав, которые покрывают около 20% поверхности Луны, а их толщина достигает нескольких километров. Как правило, базальтовые покровы образуют сплошные неструктурированные поля, но в некоторых случаях на их поверхности видны лавовые русла длиной многие десятки до сотен километров. Они свидетельствуют о высоком темпе выноса подачи расплава на поверхность; остывание больших объемов вулканического материала играло важную роль в тепловом балансе Луны.

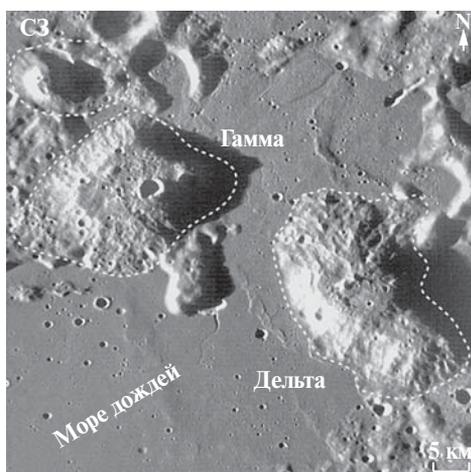
Одна из важных (и все еще нерешенных) проблем лунного вулканизма – время его начала. Тщательные

³Taylor R.S., McLennan S.M. In: Planetary crusts: Their composition, origin and evolution // Cambridge Univ. Press. Cambridge. New York. Melbourne. Madrid. Cape Town. Singapore. Sao Paulo, 2008. P. 378.

измерения частотно-размерного распределения кратеров на поверхности лунных морей показали, что видимый пик вулканической активности на Луне приходился на интервал между 3,3 и 3,8 млрд лет⁴. Снижение частоты древних вулканических проявлений (более 3,8 млрд лет назад), однако, может быть кажущимся; связано это с тем, что в этот период времени на Луне доминировало ударное кратерообразование, “стиравшее” следы вулканической активности. Заметный спад интенсивности вулканизма (после 3,3 млрд лет) не вызывает сомнений и отражает затухание поздней вулканической активности Луны. Значительное снижение интенсивности вулканизма (после 3,3 млрд лет) может свидетельствовать о том, что к этому времени Луна “истратила” основную часть запаса своего внутреннего тепла, и с тех пор эндогенная активность на этой планете была минимальной. Сопровождалось ли ослабление вулканической активности заметными изменениями состава лунных базальтов? Это еще одна из важнейших проблем, связанных с изучением вулканизма Луны.

Несмотря на то что в вулканических породах на Луне главную роль играют базальты, в коллекциях лунных вулкаников найдены образцы, соответствующие по составу и текстуре земным породам кислого состава – гранитам (или риолитам). Такие образцы свидетельствуют о существовании небазальтового лунного вулканизма, что расширяет и усложняет проблемы лунной петрологии.

Вулканическими образованиями небазальтового типа считаются крутосклон-



Группа куполов Грютойзен на Луне (Северо-Западный – СЗ, Гамма и Дельта; обведены пунктиром), форма которых свидетельствует о небазальтовом составе лав. Мозаики снимков получены с помощью широкоугольной камеры WAC AMC “Лунный орбитальный разведчик”. Фото NASA

ные купола Майран и Грютойзен в восточной части вала бассейна Моря Дождей; их объем составляет сотни кубических километров. Форма куполов указывает на их происхождение в результате излияний лав повышенной вязкости. Объем куполов и отсутствие на Луне атмосферы исключают такие механизмы, как излияния малых порций расплава или извержения магмы, насыщенной кристаллами или пузырьками газа. Высокая вязкость лав, скорее всего, связана с повышенным содержанием в них кремнезема (SiO_2). Изучение геологической ситуации, в которой находятся купола Грютойзен, позволило переместить на второй план такие способы обогащения магмы кремнеземом, как переплавление первичной анортозитовой коры или кристаллизационную дифференциацию базальтовых расплавов, и отдать предпочтение механизму переработки вещества подобного граниту. Такое вещество

⁴Hiesinger H., Head J.W., Wolf U., Jaumann R., Neukum G. Ages and stratigraphy of lunar mare basalts: A synthesis, in: Recent advances and current research issues in Lunar stratigraphy // Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 2011. V. 477. P. 1–52.



Район посадки КК “Аполлон-17” в древнем горном районе Таурус–Литтров, где были обнаружены скопления оранжевого грунта, состоящего из стекловатых шариков (предположительно пирокластического происхождения). Изображение шариков показано на врезке, в верхнем правом углу. Белыми цифрами отмечены места отбора проб оранжевого грунта. Фото NASA

должно было входить в состав лунной коры к моменту извержения куполов (около 3,8–3,9 млрд лет назад).

Ключевой проблемой небазальтового лунного вулканизма является нахождение источника гранитного вещества. Является ли оно результатом дифференциации гипотетического океана магмы, или это – проявление ее третичной коры (связанной с переработкой ее первичной и вторичной коры)? Может быть, гранитное вещество Луны имеет не вулканическое, а ударное происхождение и формировалось в период интенсивной метеоритной бомбардировки? Точное определение содержания главных и второстепенных элементов в веществе крутосклонных куполов позволило бы уточнить петрологические модели формирования лунных небазальтовых пород, что имеет непосредственное отношение к построению моделей эволюции Луны.

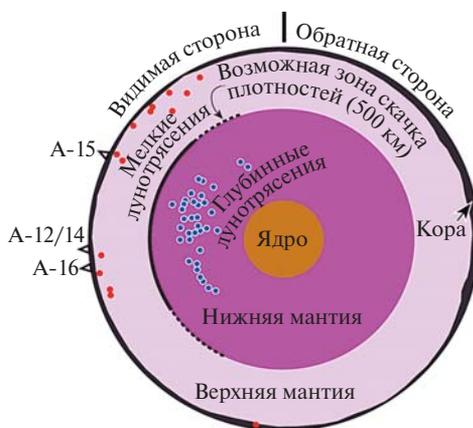
Еще одно важное “отклонение” от главной, базальтовой темы лунного

вулканизма – пирокластические отложения. Существование пирокластических покровов на Луне было установлено на основании работ, выполненных во время экспедиций по программе “Аполлон”, а образцы пирокластического материала были доставлены в 1971–1972 гг. с мест посадки КК “Аполлон-15” и “Аполлон-17”. На поверхности Луны было отмечено около сотни темных диффузных покровов, интерпретируемых как пирокластические отложения, площадь которых варьирует от 5 до 50 тыс. км². Образование пирокластического материала связано с извержениями лав, насыщенных газами. Такие отложения, помимо чисто вулканологического интереса, представляют важную проблему наличия летучих компонентов на Луне. Например, в стекловатых шариках, доставленных с мест посадки КК “Аполлон-15” и “Аполлон-17”, было установлено высокое содержание

воды (до 750 ppm)⁵. Важно, что количество воды в шариках уменьшается от центра к периферии; следовательно, вода не была захвачена извне, а ее количество в центре шариков позволяет оценить исходное содержание воды в магме.

В отличие от полярных областей, где скопления летучих компонентов могут происходить из разных источников, в том числе экзогенных (например: солнечный ветер, кометы, астероиды), летучие компоненты пирокластических отложений несомненно представляют собой продукт дегазации лунной мантии и, следовательно, являются ее важной геохимической характеристикой.

Ключевой проблемой при изучении пирокластических отложений Луны является состав ее летучих компонентов. Измеренные высокие содержания воды в стеклянных шариках с мест посадки КК “Аполлон-15” и “Аполлон-17” могли бы означать, что вода играла важную роль в формировании лунных пирокластических отложений. Если она была доминирующим агентом, то наиболее крупные из пирокластических покровов (20% из них имеют в поперечнике более 50 км) могли бы представлять собой области пониженного потока вторичных нейтронов, которые вполне мог бы зафиксировать прибор LEND, работающий с сентября 2009 г. на АМС “Лунный орбитальный разведчик” (“Lunar reconnaissance orbiter”; ЗиВ, 2009, № 6, стр. 110)⁶. Однако это не так, и пространственное распре-



Внутреннее строение Луны, составленное на основе модельных представлений. (По данным Wieczorek M.A. The interior structure of the Moon: What does geophysics have to say? // *Elements*, 2009. V. 5. P. 35–40)

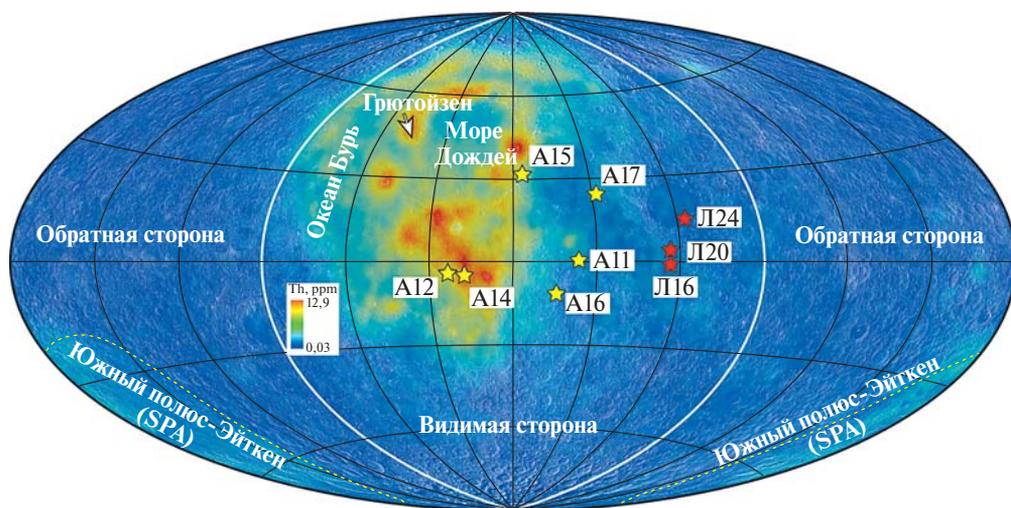
деление темных диффузных покровов, считающихся пирокластическими (за исключением некоторых случаев), не коррелирует с вариациями потока вторичных нейтронов. Отсутствие выраженной связи темных покровов с областями пониженного нейтронного альbedo указывает на то, что, вероятно, в качестве движущей силы пирокластических извержений на Луне выступали другие, не содержащие водород, летучие компоненты (например, CO₂ и/или CO). Детальные геохимические (включая изотопные) исследования пирокластического вещества позволили бы ввести важные ограничения для оценки состава и количества летучих компонентов в мантии Луны. Такие оценки будут являться ключевыми при разработке моделей формирования системы Земля–Луна.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЛУНЫ

Внутреннее строение Луны – наименее изученный вопрос, несмотря на гигантское количество информации,

⁵ Saal A.E., Hauri E.H., Lo Cascio M., Van Orman J.A., Rutherford M.C., Cooper R.F. Volatile content of lunar volcanic glasses and the presence of water in the Moon's interior // *Nature*, 2008. V. 454. P. 192–195.

⁶ Mitrofanov I.G., Bartels A., Bobrov-nitsky Y.I., et al. Lunar Exploration Neutron Detector for the NASA Lunar Reconnaissance Orbiter // *Space Sci. Rev.*, 2010. V. 150. P. 183–207.

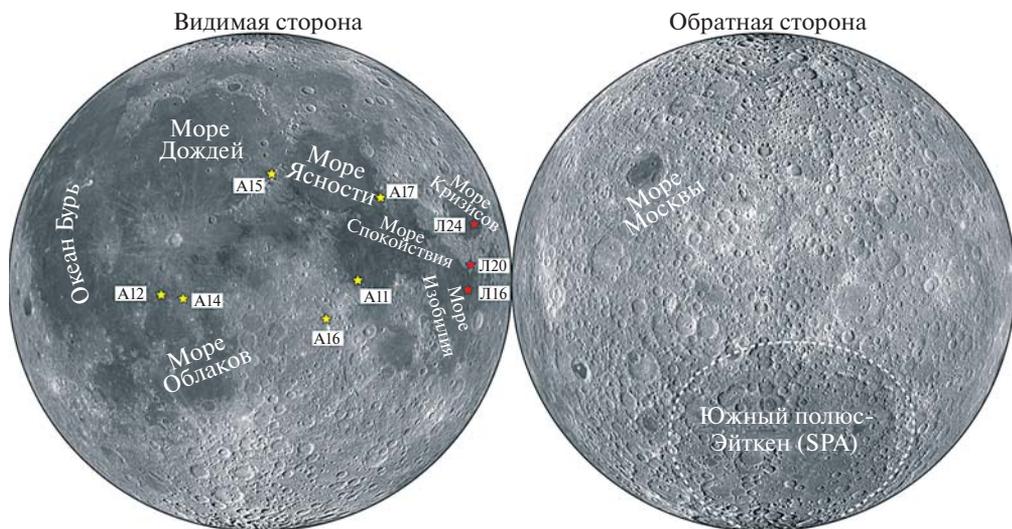


Карта распределения содержаний тория на Луне по данным, полученным с помощью АМС "Лунар Проспектор" ("Lunar Prospector"). Повышенное содержание Th характеризует центральную часть видимого полушария. На карте показаны места посадки КК "Аполлон" (А; звездочки желтого цвета) и АМС "Луна" (Л; звездочки красного цвета) и отмечены физиографические детали, упомянутые в тексте. Фото NASA

собранный о ней к сегодняшнему дню. Главным методом изучения внутреннего строения Земли является сейсмозондирование. Этот метод мог бы применяться для исследования и других планет, но был реализован только при исследовании Луны в рамках экспедиции по программе "Аполлон". Мониторинг сейсмических событий на Луне продолжался около 8 лет, за это время было зафиксировано примерно 1800 падений метеоритов, 28 приповерхностных лунотрясений (глубиной гипоцентра до 100 км и магнитудой до 5 М) и примерно 7000 чрезвычайно слабых лунотрясений на глубине примерно половины радиуса Луны. Несмотря на кажущееся обилие сейсмических событий, произошедших за время наблюдений, результаты экспериментов имеют низкое разрешение и позволяют составить только самые общие представления о том, как устроена Луна. Проблема исследования внутреннего строения Луны имеет четыре главных аспекта.

1. *Средняя толщина лунной коры и вариации ее состава.* Объем материала лунной коры, определяемый по оценкам ее средней толщины, чрезвычайно важен для понимания геологической эволюции планет, так как представляет собой результат их дифференциации. Современные представления о толщине лунной коры модельно зависимы и являются следствиями гипотез, предложенных для описания начальных стадий эволюции Луны как планетного тела (гипотеза "океана магмы", "мантийного переворота").

Фактическая мощность коры Луны – главный, но не единственный фактор, лимитирующий модели ее формирования и эволюции. Результаты гамма-спектрометрического изучения Луны позволили установить, что ее первичная кора, предшествовавшая формированию вулканического заполнения ударных бассейнов, имеет значительные вариации валового состава. В частности, в единой обширной про-



Видимая и обратная стороны Луны. Темными пятнами показано лавовое заполнение ударных бассейнов (концентрируются на видимой стороне). На обратной стороне Луны проявления вулканической активности редки. Пунктиром отмечено примерное положение вала бассейна Южный полюс–Эйткен. На карте отмечены наиболее заметные географические детали и места посадок КК “Аполлон” (желтые звездочки) и АМС “Луна” (красные звездочки). Мозаики снимков получены с помощью широкоугольной камеры WAC АМС “Лунный орбитальный разведчик”. Фото NASA

винции, охватывающей Море Дождей и Океан Бурь, наблюдается значительное повышение концентрации главных, генерирующих тепло элементов (K, Th и U). С чем связана такая концентрация? Имеет ли она ударное происхождение или представляет собой результат планетной дифференциации? Каков возраст аномалии генерирующих тепло элементов? Эти вопросы чрезвычайно важны для понимания эволюции Луны как планеты.

2. *Физическое состояние мантии.* Главным источником сведений о мантии Луны служат глубинные лунотрясения, зафиксированные во время пассивного сейсмического эксперимента в ходе экспедиций КК “Аполлон”. Возникновение таких лунотрясений лишь частично коррелирует с прохождением приливного вздутия, вызванного притяжением Земли, а их эпицентры образуют кластеры в пределах

видимого полушария Луны. Если такое распределение глубинных лунотрясений действительно имеет место, то в этом случае полушарие обратной стороны Луны сейсмически пассивно. Такой вывод был бы чрезвычайно важен для понимания строения глубоких недр Луны. Сейсмическая дихотомия, однако, может быть кажущейся, связанной с проведением сейсмических экспериментов только на видимой стороне Луны. Не исключено, что слабые глубинные лунотрясения в пределах обратного полушария Луны просто не были зафиксированы.

Важным и несомненным фактом, установленным при сейсмическом изучении Луны, стало отсутствие поперечных сейсмических волн в связи с наиболее глубокими лунотрясениями: поперечные волны отфильтровываются в зонах полного или частичного плавления, так как в жидкостях не переда-

ются сдвиговые напряжения. Следовательно, вполне вероятно, что в глубоких частях мантии Луны существуют области частично расплавленного вещества.

Еще одной важной проблемой строения мантии Луны является вопрос существования в ней зоны “скачка плотности”, которая, возможно, располагается в 500 км под ее поверхностью. Существование таких зон в земной мантии хорошо известно и связано с формированием при высоком давлении более плотных минеральных фаз, например, при превращении менее плотного оливина в его более плотную модификацию вадслеит на глубинах около 400 км. Сила тяжести Луны, однако, недостаточна для таких трансформаций на глубине 500 км и “скачок плотности” (если он действительно существует) должен быть связан с другими явлениями. Он может представлять собой, к примеру, дно гипотетического океана магмы. Низкое пространственное и временное разрешение существующих сейсмических данных не позволяют пока однозначно ответить на вопрос: существуют или отсутствуют зоны “скачка плотности” в мантии Луны.

3. *Лунное ядро.* Все планеты земной группы имеют железное ядро (или богатое железом), оно составляет примерно половину радиуса планет. Луна, вероятно, также имеет ядро, но его размеры, как представляется на сегодняшний день, существенно меньше. Данные о массе, размере и моменте инерции Луны могут быть интерпретированы так: ядро не должно превышать 460 км в диаметре (что составляет примерно четверть диаметра планеты). С этими оценками согласуются другие независимые данные: например, результаты электромагнитного зондирования недр Луны могут указывать, что верхняя граница радиуса ее ядра равна

500 км, а измерения слабого индуцированного магнитного поля (когда Луна проходит через магнитосферу Земли) согласуются с наличием у нее железосодержащего ядра диаметром около 360 км.

Некоторые из лунных образцов, доставленных на Землю, значительно намагничены и, следовательно, испытывали воздействие внешнего магнитного поля. Орбитальные измерения, выполненные в 1998–1999 гг. с помощью АМС “Лунар Проспектор” (“Lunar Prospector”; ЗиВ, 1998, № 3, с. 47–48; 2001, № 1) показали, что намагничены и обширные регионы на лунной поверхности. Таким образом, есть основания предполагать, что у Луны в геологическом прошлом было собственное магнитное поле и, следовательно, “динамо”, требующее частично или полностью расплавленного ядра. Определения возраста лунных намагниченных пород указывают, что “динамо” (если оно существовало) прекратило работать примерно 3,9 млрд лет назад, до видимого пика вулканической активности на Луне.

Представления о химическом составе лунного ядра практически ничем не ограничены и полностью модельно зависимы. Выдвинуты равновероятные гипотезы о существовании ядра, состоящего из чистого железа, или же ядра, представленного сплавом железа и серы, и даже ядра, которое состоит из высокоплотного силикатного расплава, обогащенного железом и титаном⁷.

4. *Тепловой поток.* Оценка величины теплового потока Луны является важнейшим параметром, характеризующим современное состояние “тепловой машины” этой планеты. Существующие на сегодняшний день пря-

⁷ *Wieczorek M.A.* The interior structure of the Moon: What does geophysics have to say? // *Elements*, 2009. V. 5. P. 35–40.

мые замеры потока внутреннего тепла были получены в экспедициях КК “Аполлон-15, -16 и -17” с помощью тепловых датчиков. Эксперименты по изучению потока внутреннего тепла Луны были малочисленны, ограничены видимым полушарием и не позволили составить адекватное представление о ее современном тепловом потоке. Отсутствие надежных сведений о нем не позволяет, в свою очередь, оценить распространенность основных теплогенерирующих элементов, которые играли важную роль в геологической эволюции Луны. Выявленные аномалии в распределении теплогенерирующих элементов, расположенных в коре Луны, должны “представлять” регионы, где зарегистрирован повышенный тепловой поток. Его оценка в этих областях помогла бы внести важный вклад в понимание степени разделения теплогенерирующих элементов между корой и мантией и позволила бы ввести ограничения на модели общего

теплового бюджета Луны. Кроме того, знания о тепловом состоянии лунных недр чрезвычайно важны для оценок реологических параметров (механической прочности, текучести и т.д.), которые во многом определяют сейсмические характеристики горных пород в недрах Луны и, следовательно, влияют на интерпретацию данных сейсмических экспериментов.

Решение вопросов, связанных с внутренним строением Луны, требует долговременных сейсмических наблюдений и мониторинга изменений ее формы под действием земного и солнечного притяжений. Для проведения таких исследований необходимо развертывание сети сейсмометров и уголкового отражателей, охватывающей оба полушария Луны (ЗиВ, 1999, № 3). Такая сеть позволила бы не только получать данные о внутреннем строении Луны, но и выполняла бы навигационные функции, необходимые для поддержки будущих экспедиций к этой планете.

Реклама

Издательство предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

Издательство «Наука» готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1

г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 90

Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-кт, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-1197 доб. 3321, 3371, 2241
Подробная информация на сайте www.naukapublishers.ru/history/partnership

ЧТО МЫ ВИДИМ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ?



А.Т. БАЗИЛЕВСКИЙ,

доктор геолого-минералогических наук

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

DOI: 10.7868/50044394819040054

В статье дан обзор современной информации о находящихся на Луне кратерах менее 1–2 км в диаметре и о камнях. Рассмотрены их морфология, процессы образования и разрушения, а также типичные времена существования на поверхности.

МАЛЫЕ КРАТЕРЫ И КАМНИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

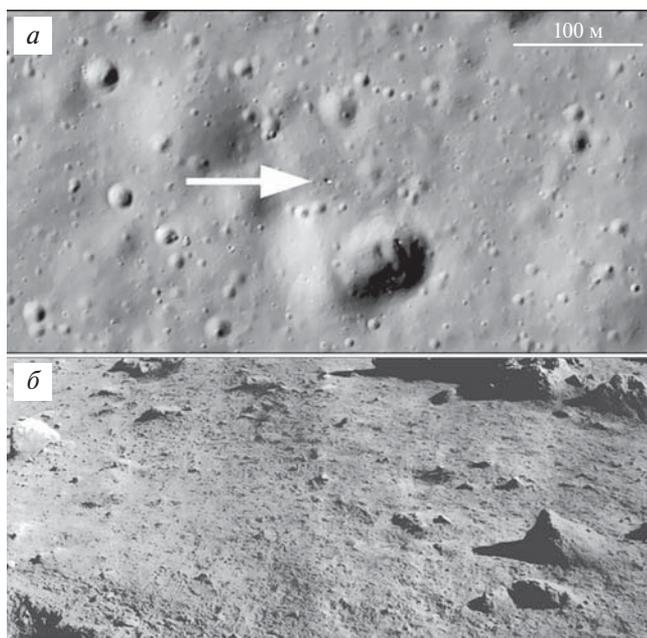
Малые кратеры диаметром менее 1–2 км и камни являются наиболее распространенными формами рельефа (микрорельефа) на поверхности Луны. В отечественной литературе их обзор был выполнен еще в 1971 г. в подборке статей сотрудников ИКИ РАН¹. С тех

пор накопилось много новых данных и особенный прорыв в изучении этих форм лунной поверхности произошел в результате съемки Луны с помощью камеры высокого разрешения американской автоматической межпланетной станцией (АМС) “Лунный орбитальный разведчик” (“Lunar reconnaissance orbiter” (ЗиВ, 2009, № 6, с. 99–102)².

¹Гуриштейн А.А., Шингарева К.Б., Конопихин А.А. и др. Кратеры и камни рассказывают историю Луны // Природа, 1971. № 11. С. 2–15.

²Robinson M.S., Brylow S.M., Tschimmel M. and 20 coauthors. Lunar reconnaissance orbiter camera (LROC) instrument overview // Space Sci. Rev., 2010. V. 150 (1–4). P. 81–124.

Место вечной стоянки самоходного аппарата "Луноход-1" (указан стрелкой) в северо-западной части Моря Дождей: а – видны многочисленные кратеры диаметром в несколько десятков метров; внутри наиболее крупного из них видны камни поперечником в несколько метров. Снимок получен в 2009 г. с помощью АМС "Лунный орбитальный разведчик" (University of Arizona/ NASA); б – россыпь камней дециметрового размера на одном из участков маршрута "Лунохода-1". Фрагмент телевизионной панорамы "Лунохода-1" (L1 D06 S03 P06g). Госкорпорация "Роскосмос" и Российская академия наук



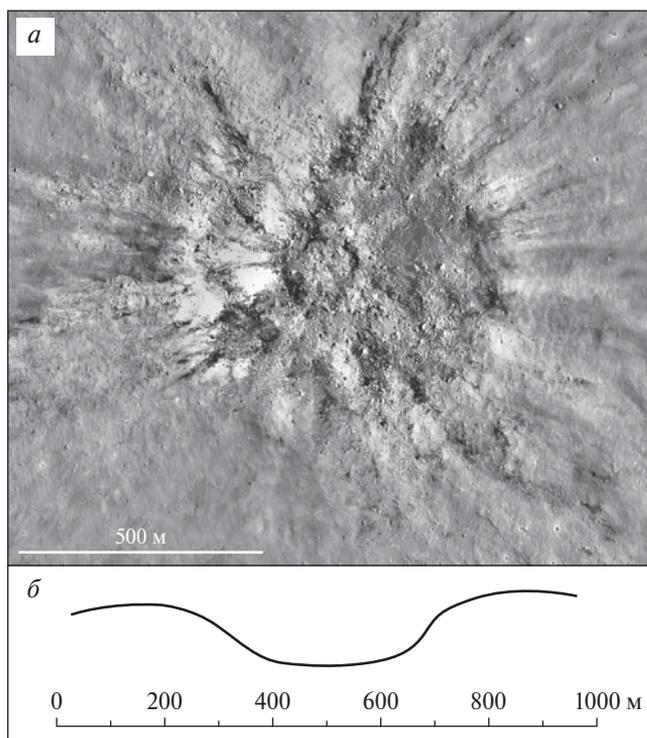
То, что мы видим на Луне – это поверхность слоя в различной степени рыхлого, дробленого ударами метеоритов, перекрывающего породы скального основания. В лунных “морях” скальные породы представлены базальтами, а на материках – ударными брекчиями (горные породы, состоящие из сцементированных обломков) и затвердевшими ударными (возникшими за счет энергии удара) расплавами³. Вещество этого рыхлого слоя называют реголитом. Его толщина, как правило, составляет несколько метров. Он накопился за несколько миллиардов лет в результате метеоритной бомбардировки поверхности спутника⁴.

³Lunar Source Book: A User Guide to the Moon. G.H. Heiken, D.T. Vaniman, V.M. French eds., Cambridge University Press, 1991. 736 p.

⁴Флоренский К.П., Базилевский А.Т., Бурба Г.А. и 9 соавторов / Очерки сравнительной планетологии. М.: Наука, 1981. 326 с.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАЛЫХ КРАТЕРОВ И КАМНЕЙ НА ЛУНЕ

Малые кратеры на поверхности Луны в подавляющем большинстве образовались в результате ударов метеоритов, и потому их называют ударными. О таком происхождении свидетельствует их случайное пространственное распределение на поверхностях одного возраста. На более древних поверхностях их, как правило, больше – если только на них не действуют какие-то дополнительные факторы разрушения, например, активное перемещение вещества поверхностного слоя под действием силы тяжести – “склоновые процессы”: обвалы, оползни, осыпание и перемещение вещества под действием силы тяжести, инициированные колебаниями температуры. Морфология малых кратеров – это, как правило, чашеобразные понижения. У наиболее “свежих” кратеров наблюдается приподнятый кольцевой вал. На нем и внутри кратера нередко



Кратер Южный Лучевой (South Ray) диаметром 700 м и глубиной 140 м в районе посадки КК "Аполлон-16" на Плато Декарта:

а – внутри кратера и на его валу видны многочисленные камни. Снимок получен в 2010 г. с помощью АМС "Лунный орбитальный разведчик" (University of Arizona/NASA);

б – топографический профиль "через" этот кратер. Фрагмент контурной карты "Apollo Over the Moon" (NASA SP-362, 1978)

видны скопления камней – выбросов обломков скального основания из образующейся воронки удара. С точки зрения морфологии свежие малые лунные кратеры очень похожи на кратеры, сформировавшиеся в результате экспериментов (высокоскоростные удары и приповерхностные взрывы)⁵.

Камни на поверхности Луны являются, в основном, выбросами из ударных кратеров, проникающих через реголит в скальное основание. Кроме того, они появляются при обрушениях крутых внутренних склонов крупных свежих кратеров и на бортах тектонических разломов.

Анализ строения малых кратеров на Луне (и на Земле) с учетом результатов

высокоскоростных ударных и взрывных экспериментов, дополненный теоретическими расчетами, позволил составить схему образования малых кратеров. Высокоскоростной удар метеорита по мишени (средняя скорость их столкновения с Луной составляет 17,5 км/с)⁶ приводит к возникновению радиально распространяющейся ударной волны и сжатию на ее "фронте" вещества мишени и "ударника". Распространение ударной волны приводит к вовлечению в радиальное движение (течение) вещества мишени. Радиальное движение вскоре преобразуется в сочетание радиального и направленного под углом кверху; последнее – приводит к образованию выбросов из кратера и подъему (вздергиванию)

⁵ Melosh H.J. Impact Cratering: A Geologic Process, Oxford University Press. New York, 1989. 245 p. Перев. на русск. яз.: МелOSH Г.-Дж. Образование ударных кратеров: геологический процесс. М.: Мир, 1994. 336 с.

⁶ Ivanov B.A. and Hartmann W.K. Exogenic dynamics, cratering and surface ages // Treatise on Geophysics, 2007. V. 10. P. 207–242.

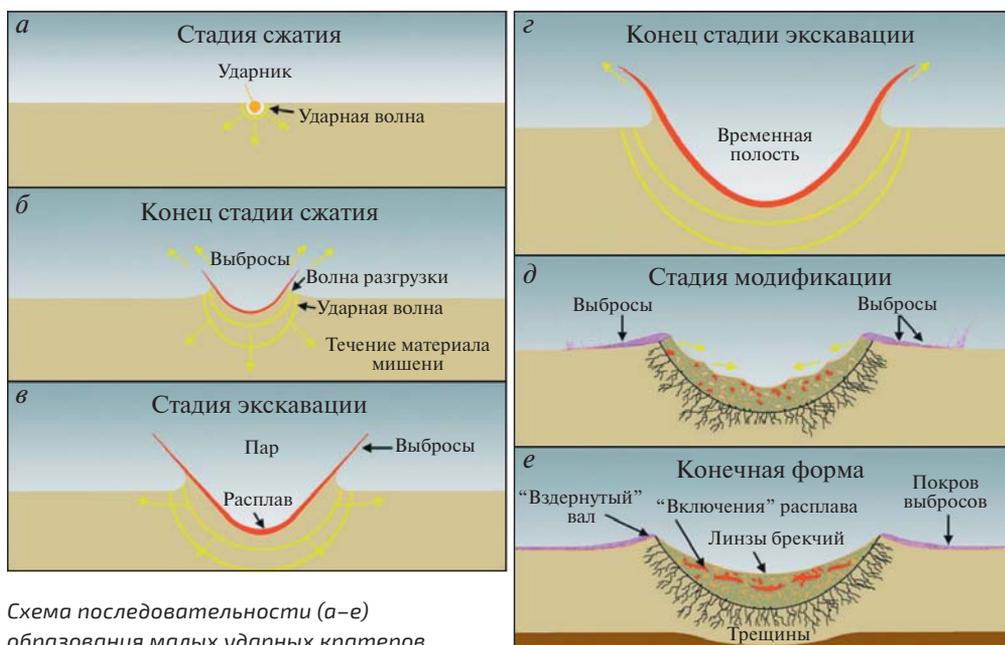


Схема последовательности (а–е) образования малых ударных кратеров. По данным В.М. French and D.A. Kring, с изменениями

материала мишени на будущем валу кратера. В ходе этого процесса образуется крутосклонная временная полость. Обрушение ее склонов приводит к тому, что эта полость частично заполняется обрушившимся материалом с примесью ударного расплава; она становится менее глубокой и более пологосклонной. Эта стадия – начало существования кратера в его конечной (в этом процессе) стадии, затем происходит эволюция кратера: его разрушение в результате воздействия комплекса геологических процессов.

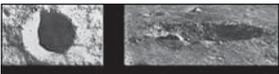
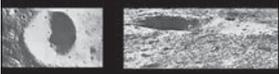
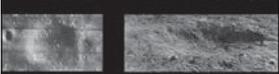
МОРФОЛОГИЯ КРАТЕРОВ

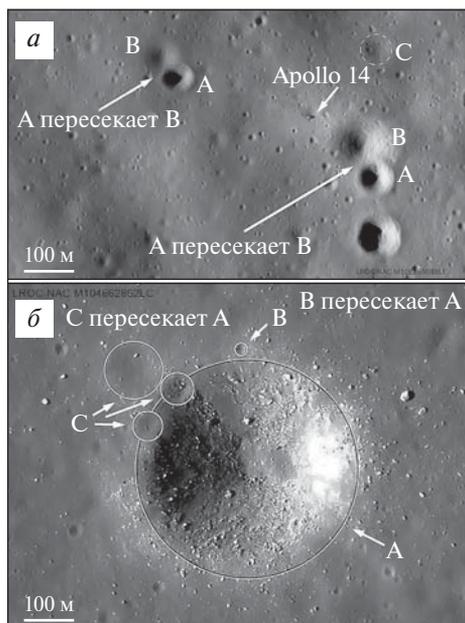
Малые кратеры Луны по степени их морфологической выраженности образуют непрерывный ряд: от относительно глубоких, с приподнятым кольцевым валом, – до неглубоких, без заметного вала. В этой последовательности

выделяются три основных морфологических класса – наиболее четкие (А), средней четкости (В) и наименее четкие (С). И нередко целесообразно выделять еще два промежуточных класса – АВ и ВС.

Малые кратеры нередко пересекают друг друга, что позволяет определить: какой из них моложе, а какой – древнее. В ходе анализа изображений поверхности выяснилось, что если пересекаются кратеры одинакового размера, то пересекающий морфологически более выражен. Когда пересекающий кратер по размеру меньше пересекаемого – он может быть морфологически выражен как лучше, чем пересекаемый, так и хуже.

Такие соотношения свидетельствуют о том, что в ходе эволюции малые кратеры под действием ряда процессов изменяются от четко выраженных (относительно молодых) до нечетких, деградированных. При этом темп

		Относительная глубина	Макс. крутизна внутренних склонов	Морфологическая классификация малых кратеров Луны.
A		1/3–1/5	35–45°	Плановые изображения – фрагменты снимков, выполненных с помощью АМС "Лунар Орбитер" (NASA); перспективные – фрагменты панорам "Лунохода-1" и "Лунохода-2". Относительная глубина кратеров – отношение глубины кратера к величине его диаметра. По данным К.П. Флоренского и др. (1972) и А.Т. Базилевского (1976)
AB		1/5–1/7	25–35°	
B		1/7–1/10	15–25°	
BC		1/10–1/12	10–15°	
C		<1/12	<10°	



Примеры пересечения кратеров одинакового и разных размеров. Вверху – морфологически выраженные лучше, чем пересекаемые (а), и хуже (б). На нижнем снимке видно, что три кратера класса С диаметром 60, 65 и 115 м "наложены" на вал кратера класса А диаметром 450 м. Фрагменты снимков, полученных с помощью АМС "Лунный орбитальный разведчик" (University of Arizona/NASA)

деградации зависит от размеров кратера: более крупные кратеры деградируют медленнее, чем маленькие.

ВРЕМЯ "ЖИЗНИ" КРАТЕРОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

По количеству кратеров того или иного морфологического класса можно оценить относительную продолжительность пребывания каждого кратера в этом классе.

Еще в 1970-е гг., анализируя снимки, полученные АМС "Лунар Орбитер" ("Lunar Orbiter"), были выявлены многочисленные случаи, когда сильно деградированные кратеры меньшего размера явно накладывались на вал слабо деградированных кратеров большего размера⁷. Анализируя такие ситуации, удалось выявить пары примерно разновозрастных кратеров разного размера, относящихся к разным морфологическим классам и построить схему зависимости полного времени существования кра-

⁷ Basilevsky A.T. On the evolution rate of small lunar craters / Proc. Lunar Sci. Conf. 7th / Pergamon Press, 1976. P. 1005–1020.

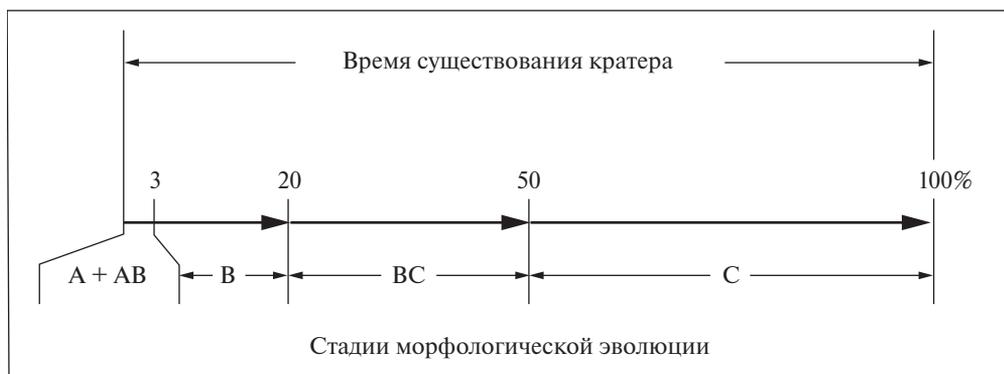


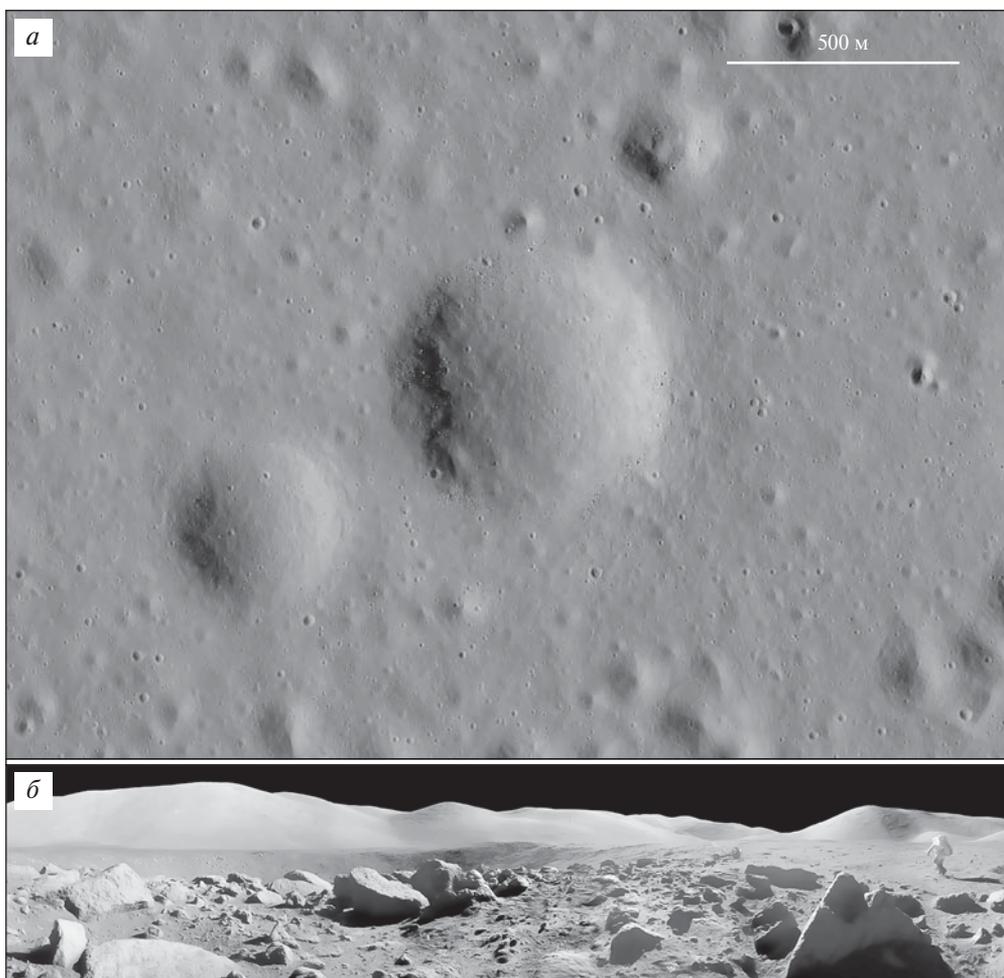
Схема эволюции малых кратеров на поверхности Луны. Видно, что в форме морфологических классов A + AB кратеры проводят около 3% времени существования, в форме класса B – около 15–20%, в форме класса BC – около 30%, в форме класса C – около 50%

теров и их пребывания в том или ином морфологическом классе в зависимости от диаметра кратера. Время в этом исследовании сначала измерялось в условных единицах, и для их перевода в реальное время (миллионы лет) использовались определения абсолютного возраста малых кратеров в местах работы экспедиций по программе “Аполлон” (ЗиВ, 2009, № 5), а они, в свою очередь, определялись по измерениям времени существования камней на валах этих кратеров. Время экспозиции определялось в земных лабораториях по изотопному анализу привезенных астронавтами образцов. Например, в южной части вала кратера Камелот в районе работы экспедиции “Аполлон 17” видны скопления камней, выброшенных на поверхность при его образовании. Анализ образцов, отколотых от этих камней позволил определить возраст кратера равным 109 ± 4 млн лет⁸.

⁸Stöffler D, Ryder G. Stratigraphy and isotope ages of lunar geologic units: Chronological standard for the inner solar system. In: Chronology and Evolution of Mars (2001). Kallenbach R., Geiss J., Hartmann W.K. (eds). Kluwer. P. 9–54.

На диаграмме зависимости абсолютного возраста кратеров диаметром от нескольких десятков метров до 1 километра видно, что время существования кратера диаметром 100 м составляет около 200 млн лет. Время существования 200-м кратера составляет около 500 млн лет, 300-м кратера – около 1,5 млрд лет, а кратеров диаметром 500–600 м – 3–4 млрд лет; а это есть возраст базальтовых равнин лунных морей. Соответственно, в течение первых нескольких процентов полного времени своего существования кратер четко выражен в рельефе – находится в форме морфологических классов A и AB. Затем эта выраженность кратера постепенно ухудшается, и вторую половину отпущенного ему времени существования он находится в форме морфологического класса C.

Здесь следует сделать два замечания: первое – эти оценки приближенные, по-видимому, их точность не превышает 30–50%. Второе замечание – это оценки времени существования кратеров на горизонтальной поверхности. Как показано в работе Basilevsky (1976), на наклонных поверхностях кратеры разрушают-



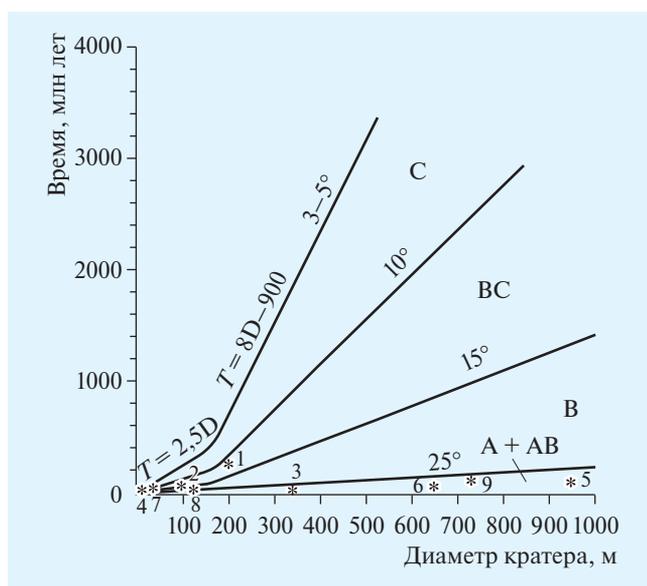
Лунный кратер Камелот (Camelot) диаметром 600 м: а – снимок получен в 2009 г. с помощью АМС “Лунный орбитальный разведчик” (University of Arizona/NASA); б – на переднем плане – южная часть вала кратера с выброшенными при образовании кратера камнями; далее видна относительно темная верхняя часть северного внутреннего склона этого кратера. Светлые горы вдали – Северный массив. Часть панорамы составлена из снимков, сделанных в декабре 1972 г. астронавтами КК “Аполлон-17” Г. Шмиттом и Ю. Сернаном на станции № 6

ся быстрее. На склонах крутизной 10–15° время “жизни” кратера сокращается в 3–5 раз, а на склонах крутизной в 20–25° – примерно в 10 раз. Это происходит потому, что, как упоминалось выше, материал поверхности (а это рыхлый реголит) под действием силы тяжести вовлекается в движение вниз,

по склону, и заполняет находящийся на склоне кратер.

В последнее время количество кратеров с известным абсолютным возрастом заметно возросло за счет рассмотрения малых кратеров, образованных в результате ударов выбросов из кратеров Коперник (диаметр 96 км)

График зависимости времени существования малых кратеров на поверхности Луны от величины их диаметра. Звездочками с номерами показаны определения возраста кратеров из районов работы экспедиций по программе "Аполлон"



и Тихо (диаметр 85 км)⁹. Такие кратеры называют вторичными. Их абсолютный возраст лишь на минуты меньше возраста соответствующих первичных кратеров; в нашем рассмотрении он может считаться таким же, как у первичных. Возраст кратеров Коперник и Тихо был определен по образцам, доставленным на Землю участниками экспедиций по программе "Аполлон"¹⁰, а связь изученных вторичных кратеров с их первичными источниками установлена в процессе прослеживания светлых лучей выбросов из кратеров Коперника и Тихо. Полученные в этом исследовании результаты подтвердили наши ранние (Basilevsky, 1976) оценки абсолютного возраста малых кратеров по их морфологии и диаметру.

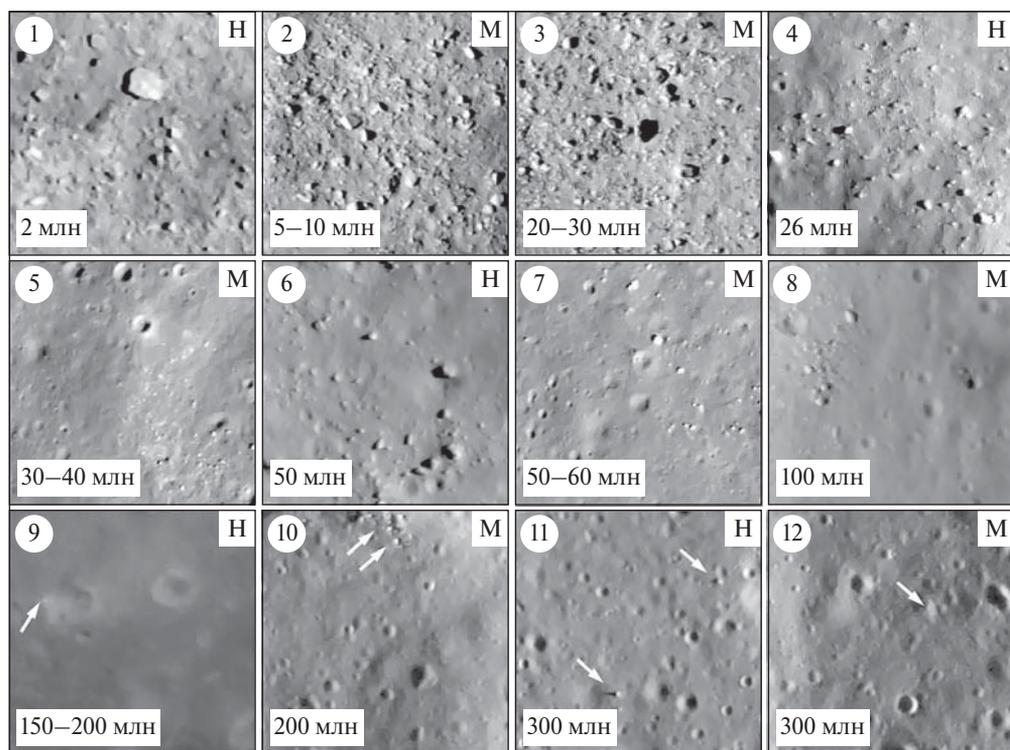
⁹Basilevsky A.T., Kozlova N.A., Zavyalov I.Yu., Karachevtseva I.P., Kreslavsky M.A. Morphometric studies of the Copernicus and Tycho secondary craters on the moon: Dependence of crater degradation rate on crater size // Planetary and Space Science, 2018. V. 62. P. 31–40.

¹⁰Meyer C., Brett R., Hubbard N.J., Morrison D.A., McKay D.S., Aitken F.K., Takeda H., Schonfeld E. Mineralogy, chemistry and origin of the KREEP component in soil samples from the Ocean of Storms / In: Proc. 2nd Lunar Sci. Conf., 1971. P. 393–411; Stoffler D. and Ryder G., 2001.

КАМНИ И ИХ СВЯЗЬ С МАЛЫМИ КРАТЕРАМИ

На валах и внутри молодых кратеров, проникающих через реголит в скальное основание, как правило, наблюдаются камни. В работах автора этой статьи с коллегами¹¹ изучалась распространенность камней поперечником более 2–3 м на валах кратеров с известным абсолютным возрастом. Результаты этих наблюдений, представленные на рисунке (участки 100 × 100 м на валах кратеров), позволили составить диаграмму зависимости количества камней поперечником более 2 м на валах кратеров от возраста этих кратеров (это оценка времени "жизни" камней на поверхности Луны). Видно, что за не-

¹¹Basilevsky A.T., Head J.W., Horz F. Survival times of meter-sized boulders on the surface of the Moon. Planetary and Space Science, 2013. V. 89. P. 118–126; Basilevsky A.T., Head J.W., Horz F., Ramsley K. Survival times of meter-sized rock boulders on the surface of airless bodies / Planetary and Space Science, 2015. V. 117. P. 312–328.



Участки 100 × 100 м на валах лунных кратеров, абсолютный возраст которых определен по времени экспозиции образцов из районов посадки экспедиций кораблей "Аполлон" или оценен по размеру и степени морфологической выраженности кратеров: 1 – Южный Лучевой (South Ray) в районе посадки "Аполлона-16", 2 – 200-м в окрестностях места посадки "Луны-24", 3 – 400-м в районе посадки "Аполлона-12", 4 – Конус (Cone) в районе посадки "Аполлона-14", 5 – 180-м в районе работы "Лунохода-1", 6 – Северный Лучевой (North Ray) в районе посадки "Аполлона-16", 7 – 450-м Боря в районе работы "Лунохода-1", 8 – Камелот (Camelot) в районе посадки "Аполлона-17", 9 – Призрак (Sprook) в районе посадки "Аполлона-16", 10 – Сервейер (Surveyor) в районе посадки "Аполлона-12", 11 – 300-м в районе посадки "Аполлона-14", 12 – Локоть (Elbow) в районе посадки "Аполлона-15". Вверху справа в каждом квадратице указан тип местности: Н – материк (от англ. highland), М – море (от англ. mare); внизу слева – значения возраста (в млн лет). Белые стрелки указывают на камни. Части снимков, полученных с помощью АМС "Лунный орбитальный разведчик". По данным А.Т. Базилевского (2013), с изменениями

сколько десятков миллионов лет около половины выброшенных на поверхность при образовании кратера камней оказываются разрушены. За 200–300 млн лет разрушаются почти все камни, находящиеся на валу данного кратера. Здесь тоже следует отметить, что эти оценки приблизительные, их точность тоже вряд ли лучше 30–50%.

Камни встречаются не только на валах кратеров, но и на их внутренних

склонах, причем нередко там их больше, чем на валах (причина – в уже упоминавшихся склоновых процессах)¹². Камни на внутренних склонах кратеров разрушаются примерно с такой же

¹²Basilevsky A.T., Mall U., Michael G.G., Kozlova N.A. Rock spatial densities on the rims and interiors of a group of Copernicus secondary craters // Planetary and Space Science, 2019. V. 172. P. 14–21.

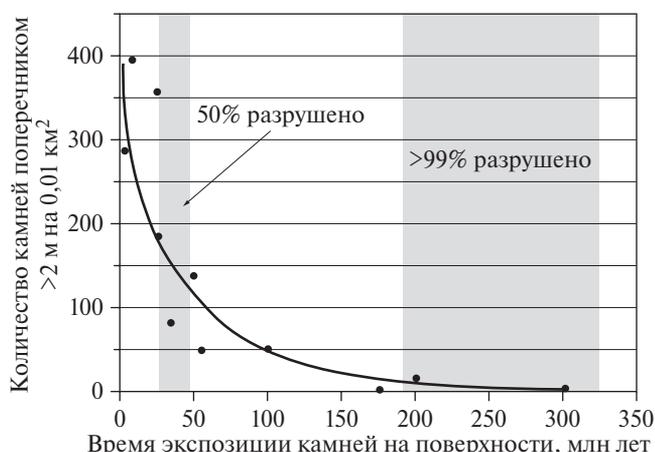
Диаграмма оценки времени существования камней поперечником более 2 м на поверхности Луны. По данным А.Т. Базилевского (2015), с изменениями

скоростью, как и на кра- терных валах; но на валах камни разрушаются, и их количество с течением времени уменьшается, а на внутренних склонах вместо разрушенных камней появляются новые (они входили в состав поверхностно- го слоя). При движении вещества слоя под действием силы тяжести вниз по склону оно в определенной степени перемешивается, и некоторые из ранее необнажившихся камней появляются на поверхности, частично компенсируя убыль разрушенных камней.

ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ КАМНЕЙ

Возникает вопрос: какие процессы разрушают камни на поверхности Луны? Обсуждаются два процесса: в результате удара метеорита и за счет напряжений, возникающих при изменении температуры поверхности в суточном цикле день–ночь.

Первый процесс можно назвать катастрофическим. В результате сильного метеоритного удара камень раскалывается на обломки разной величины. При этом некоторые “счастливчики” могут долго находиться на поверхности – пока их не достигнет разрушающий удар; другие – “несчастные” – разрушаются вскоре после того, как окажутся на поверхности. Оценки темпа такого разрушения были выполнены на основании результатов эксперимен-



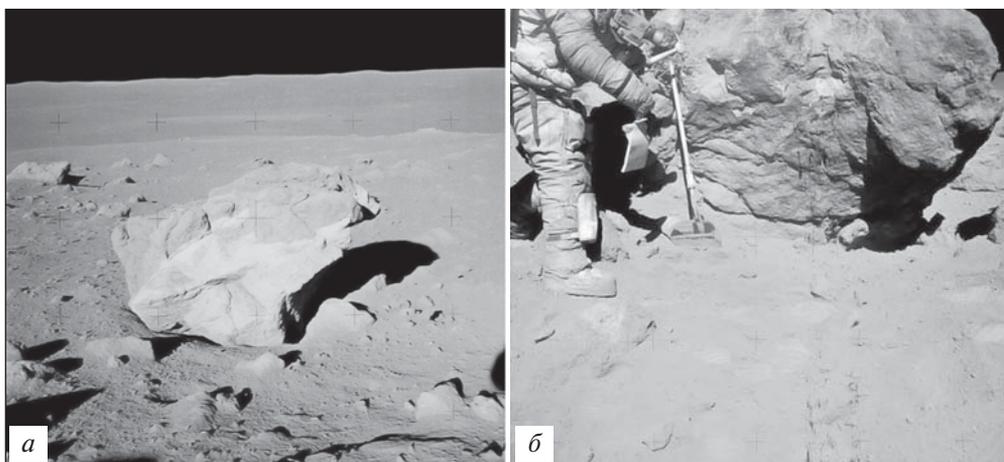
тов по разрушающему воздействию высокоскоростных ударов и оценкам интенсивности метеоритного потока на поверхности Луны¹³. Они, с учетом влияния размеров камня на его прочность¹⁴, хорошо согласуются с нашими результатами.

Второй процесс, вызываемый колебаниями температуры камня, изучался в ряде теоретических работ¹⁵ (с привлечением модельных

¹³Hörz F., Cintala M.J. Collisional fragmentation of granodiorite targets by multiple impact events // Lunar and Planetary Science, 1985. V. 16. P. 364–365; Hörz F., Cintala M.J., See T.H., Cardenas F., Thompson T.D. Collisional fragmentation of granodiorite targets by multiple impact events / LPSC – 26, 1986. P. 364; Cintala M.J., Hörz F. Experimental impacts into chondritic targets, part I: disruption of an L6 chondrite by multiple impacts // Meteorit. Planet. Sci., 2008. V. 43(4). P. 771–803.

¹⁴Housen K.R., Holsapple K.A. Scale effects in strength-dominated collisions of rocky asteroids // Icarus, 1999. V. 142. P. 21–33.

¹⁵Например: Molaro J., Byrne S. Rates of temperature change of airless landscapes and implications for thermal stress weathering // J. Geophys. Res., 2012. V. 117. E10011; Molaro J., Byrne S. Grain-Scale Thermoelastic stresses on airless bodies and implications for rock breakdown // LPSC – 45, 2014. P. 1179.



Крупные камни на валах лунных кратеров в районе работы экспедиции КК "Аполлон-14":
 а – поперечником 2 м на валу кратера Конус (Cone), он пролежал на поверхности Луны 26 млн лет. Снимок № А514-68-9448 (NASA); б – часть камня поперечником 5 м на валу кратера North Ray, возраст его экспозиции на поверхности ~50 млн лет. Снимок № А516-116-18653 (NASA)

экспериментов)¹⁶. Последняя работа была посвящена оценке интенсивности разрушения камней не на Луне, а на астероидах, находящихся на таком же расстоянии от Солнца, как и Земля, и имеющих суточный цикл от 2,2 до 6 земных часов и диапазон колебаний температуры поверхности 190–200°. Но оценки, полученные в этой работе, легко пересчитать для случая с Луной, где температурный диапазон – 280–290°, а суточный цикл равен 708 часам.

Коллектив ученых Обсерватории Лазурного берега (Observatoire de la Cote d'Azur, Франция) с коллегами из других французских и американских научных центров под руководством М. Делбо проводили лабораторные эксперименты по разрушению сантиметрового размера образцов обыкновенных и углистых хондритов циклами нагревания и охлажде-

ния. Они наблюдали образование и рост трещин и, когда длина трещины достигала поперечника образца, "камень" считался разрушенным. Полученные данные были сопоставлены с информацией о колебаниях температуры на поверхности рассматриваемых астероидов и сделан вывод о том, что для разрушения камня поперечником около 10 см должно пройти от 1,5 до 4 млн температурных циклов, что соответствует времени 10^3 – 10^4 лет. Из этой работы следовало, что более крупные камни в этом процессе должны разрушаться быстрее.

Автор статьи с коллегами проанализировали результаты лабораторных измерений возрастов экспозиции ряда камней на поверхности Луны и показали¹⁷, что эти камни пробыли на поверхности десятки млн лет, испытав количество циклов колебаний температуры на

¹⁶Delbo M., Libourel G., Wilkerson J., Murdoch N., Michel P., Ramesh K.T., Ganino C., Verati C., Marchi S. Thermal fatigue as the origin of regolith on small asteroids // Nature, 2014. V. 508. P. 233–236.

¹⁷Basilevsky A.T., Head J.W., Hörz F., Ramsley K. Survival times of meter-sized rock boulders on the surface of airless bodies // Planetary and Space Science, 2015. V. 117. P. 312–328.

1,5–3 порядка величины больше, чем критические 1,5–4 млн циклов. Они не несут (или почти не несут) на себе признаков температурной трещиноватости, но зато на их поверхности видны следы от микрометеоритных ударов. Был сделан вывод о том, что процесс разрушения камней метровых размеров на поверхности Луны в результате ударов метеоритов более эффективен, чем их разрушение за счет суточных колебаний температуры; но это, конечно, не означает, что температурные колебания совсем не участвуют в разрушении лунных камней. Причина существенного отклонения оценок от возрастов экспозиции изученных лунных камней, по-видимому, в том, что эти исследователи в своих основополагающих экспериментах считали: камень разрушен, если длина трещины становится равна его поперечнику. Очевидно, что это не так. Камень в этом случае пронизан трещиной (или трещинами), но необязательно перестает быть камнем, и потому оценки времени существования камней должны быть существенно увеличены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние годы достигнут существенный прогресс в изучении малых кратеров и камней на поверхности Луны. Это произошло, в основном, в результате анализа снимков с разрешением около 1 м, полученных с помощью АМС “Лунный орбитальный разведчик”. Новые данные не противоречат ранее достигнутым представлениям о характере морфологической эволюции кратеров: от относительно глубоких, четко выраженных до неглубоких пологосклонных депрессий. Был подтвержден полученный много лет назад метод оценки абсолютного возраста кратеров. С использованием вновь полученных снимков с помощью АМС “Лунный орбитальный

разведчик” были выявлены ранее не замеченные, очень молодые (не более первых десятков и сотен млн лет) вулканические и тектонические образования¹⁸.

Новые данные подтвердили связь большинства камней метрового размера с выбросами из ударных кратеров, проникшими во время их образования через реголит в скальное основание. Выявлена зависимость количества камней на валах кратеров от их абсолютного возраста. Установлено, что камни на поверхности Луны разрушаются, в основном, в результате метеоритных ударов, и характерное время разрушения камня составляет десятки – первые сотни миллионов лет. По количеству камней на валах кратеров можно оценивать возраст этих кратеров, а по взаимоотношениям датированных кратеров с какими-то другими образованиями поверхности Луны можно оценивать абсолютный возраст этих образований¹⁹.

Достигнутый прогресс важен для изучения новых, ранее плохо исследованных областей лунной поверхности, в том числе для изучения района южного полюса Луны, который рассматривается как объект исследования в будущих российских полетах к этому телу²⁰.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-17-01149).

¹⁸ *Watters T.R., Robinson M.S., Beyer R.A. and 8 coauthors. Evidence of recent thrust faulting on the Moon revealed by the Lunar Reconnaissance Orbiter Camera // Science, 2010. V. 329. P. 936–940.*

¹⁹ *Yu L., Wu Yu., Michael G.G., Basilevsky A.T., Li C. Young wrinkle ridges in Mare Imbrium: Evidence for very recent compressional tectonism, 2019.*

²⁰ *Zelenyi L.M. Milestones of the Russian space science program for the decade 2016–2025. The Seventh Moscow Solar System Symposium / Space Research Institute / Moscow, Russia, October 10–14, 2016; Moscow, 2016.*

Информация

Экипаж “SIRIUS-19” завершил четырехмесячный эксперимент

17 июля 2019 года в Москве в Государственном научном центре Институте медико-биологических проблем (ИМБП) Российской академии наук завершился международный эксперимент “SIRIUS-19”. В его рамках международная группа из шести исследователей в наземном медико-техническом комплексе ИМБП четыре месяца моделировала работу космического экипажа при полете на Луну.



Экипаж международного изоляционного эксперимента “SIRIUS-19” выходит из наземного медико-технического комплекса.
Фото ИМБП РАН

Миссия включала несколько основных этапов:

- перелет до спутника с последующим облетом для поиска места приземления,
- приземление четырех членов экипажа для проведения операций на поверхности,
- пребывание на орбите Луны и дистанционное управление лунным ровером для подготовки базы,
- последующее возвращение на Землю.

За четыре месяца испытатели выполнили 79 экспериментов по изучению влияния изоляции на психологию и физиологию человека.

В качестве добровольцев-испытателей в эксперименте участвовали три женщины и три мужчины: командир экипажа Герой России, летчик-космонавт Евгений Игоревич Тарелкин, борт-инженер Дарья Алексеевна Жидова, врач экипажа Стефания Олеговна Федяй, исследователи Рейнголд Повилайтис (Reinhold Povilaitis, США), Анастасия Алексеевна Степанова и Аллен Миркадыров (Allen Mirkadyrov, США).

Название проекта “SIRIUS” расшифровывается как “Scientific International Research In Unique terrestrial Station” (“Научное международное исследование в уникальном наземном комплексе”). Работу над ним ведут совместно ИМБП РАН и директорат Программы по исследованию человека (Human Research Program) NASA в кооперации с организациями-партнерами, при широком участии специалистов из России, США, Германии, Франции, Италии, Бельгии и других стран.

Научная программа проекта “SIRIUS” основывается на стратегии развития российских пилотируемых космических аппаратов при подготовке к освоению дальнего космоса и также является продолжением миссии NASA HRP по обеспечению возможности освоения космоса за пределами низкой околоземной орбиты. Соруководители проекта – директор ИМБП РАН академик Орлов Олег Игоревич и директор NASA HRP Уильям Палоски (William Paloski).

Проект включает серию изоляционных экспериментов с различной продолжительностью. Первым его этапом стала 17-суточная изоляция. Следующий восьмимесячный эксперимент “SIRIUS-20” планируется начать в третьем квартале 2020 года. За ним должен последовать эксперимент по годовой изоляции в 2021–2022 гг.

По материалам ИМБП РАН

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



Кузнецов В.В.

Гормональная регуляция биогенеза хлоропластов.

М.: Наука, 2018. – 112 с. - (Тимирязевские чтения; 72)

Наличие пластид является важнейшей особенностью растительной клетки. За последние 20 лет благодаря применению главным образом молекулярно-генетических подходов достигнуты крупные успехи в исследовании механизмов действия фитогормонов, а также в изучении структуры пластидного и ядерного геномов.

Значительный прогресс достигнут в изучении обмена генетической информацией между ядерным, пластидным и митохондриальными геномами. Совокупность полученных данных позволяет по-новому взглянуть на проблему биогенеза пластид. Становится все более понятной сложная регуляция биогенеза хлоропластов экзогенными (в первую очередь светом) и эндогенными (прежде всего фитогормонами) факторами.

Имеющиеся результаты позволяют говорить о ключевой роли гормональной регуляции в развитии хлоропластов. Сложный набор постоянно меняющихся и взаимодействующих между собой регуляторных сигналов, вероятно, и направляет пластиды по тому или иному пути развития в зависимости от органной и тканевой специфики и особенностей условий окружающей среды.

*Для физиологов растений, биохимиков, ботаников
и работников смежных областей.*



Образцов П.А.

Высокие широты.

М.: Наука, 2018. – 192 с. – (Научно-популярная литература)

Книга повествует об открытии и освоении Арктики и Антарктики, этих двух полюсов холода и мужества, об отважных героях, благодаря которым человечество узнало о природе, животном мире самых северных и самых южных земель, а также о том, какая непростая и вместе с тем увлекательная жизнь идет сегодня в этих суровых, таинственных и манящих краях.

Для широкого круга читателей.



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.

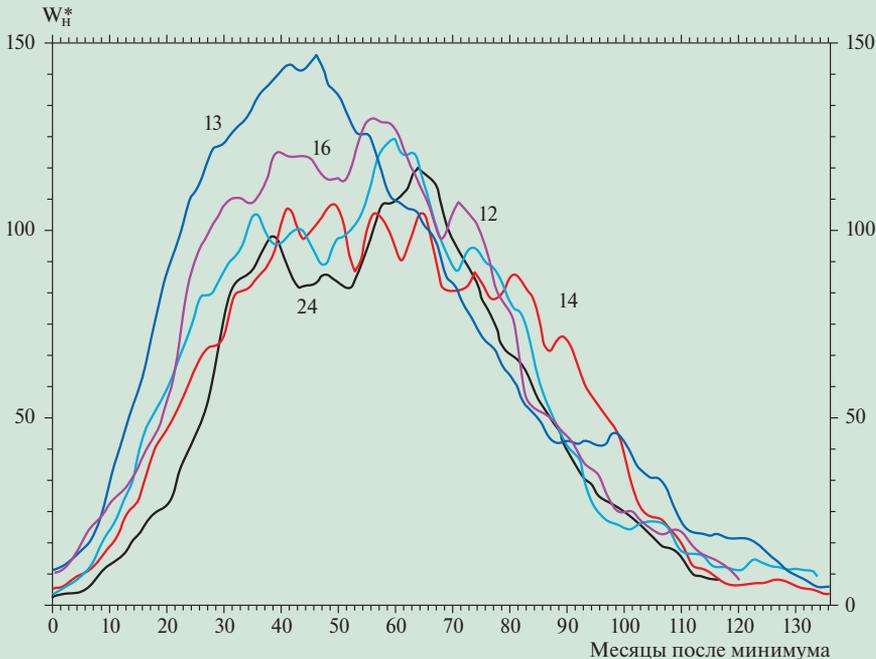
Для студентов старших курсов университетов, аспирантов и исследователей, специализирующихся в области теоретической физики, астрофизики и космологии.

СОЛНЦЕ В ФЕВРАЛЕ–МАРТЕ 2019 г.

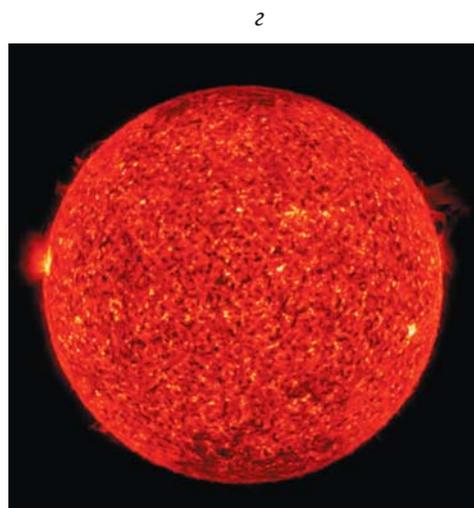
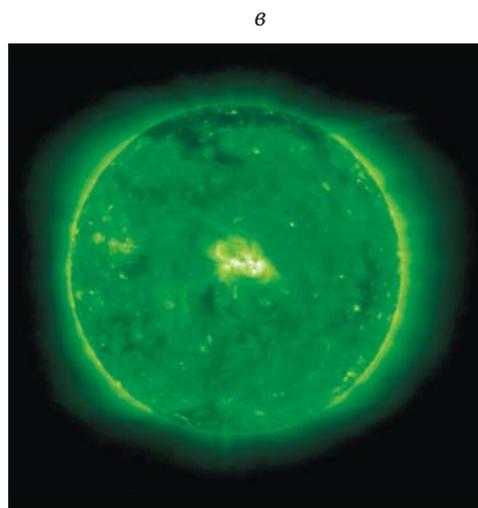
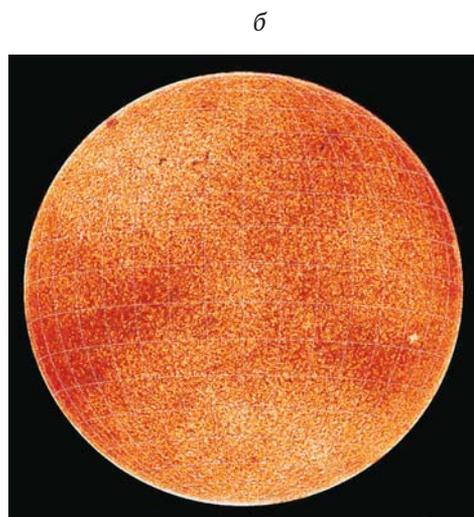
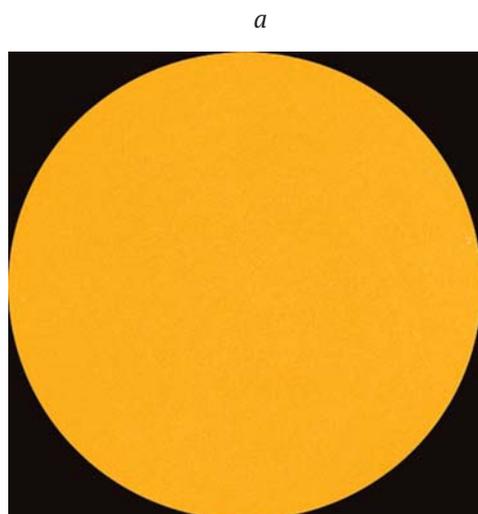
DOI: 10.7868/S0044394819040066

В эти месяцы пятнообразовательная активность Солнца менялась от очень низкого до низкого уровня, а в феврале пятна просуществовали лишь один день. В течение 42 сут видимый диск Солнца был беспятненным (59 сут за три месяца текущего года). Всего 5 групп солнечных пятен (4 в Северном полушарии) наблюдались за эти месяцы, причем четыре появились в марте. Две группы пятен были вполне устойчивыми и, пройдя по видимому диску, уходили за западный лимб.

Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа солнечных пятен (числа Вольфа) продолжает спадать в очень медленном темпе, но немного быстрее, чем в 12-м и 16-м солнечных циклах, что дает возможность ожидать точку минимума текущего цикла в первой половине 2020 г. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства – www.swpc.noaa.gov, придерживаемся старой, классической системы)



Ход развития (116 месяцев) текущего, 24-го, цикла солнечной активности среди достоверных (с 1849 г.) низких и среднего (№ 13) солнечных циклов. W_n^* – 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 $W_n^* = 82$ в старой

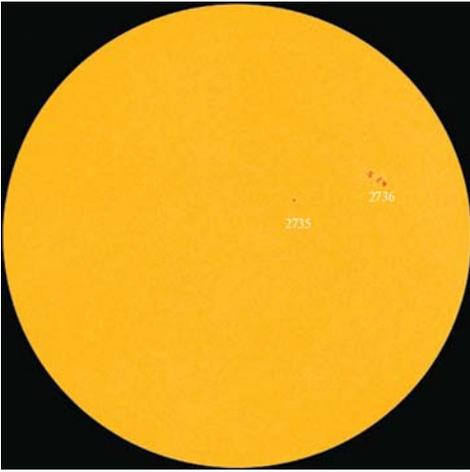
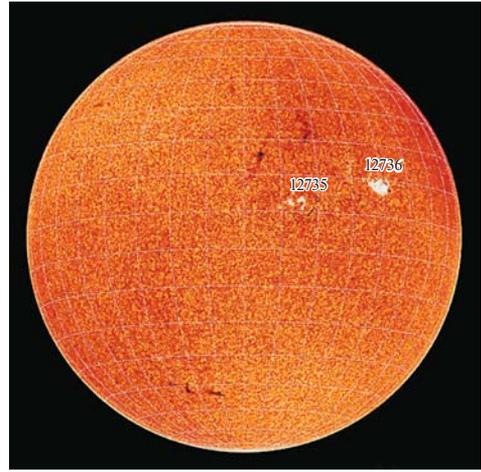
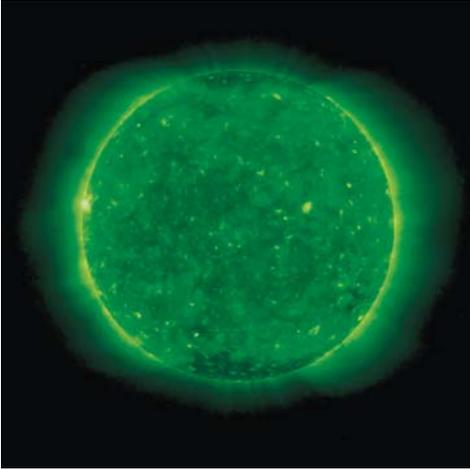
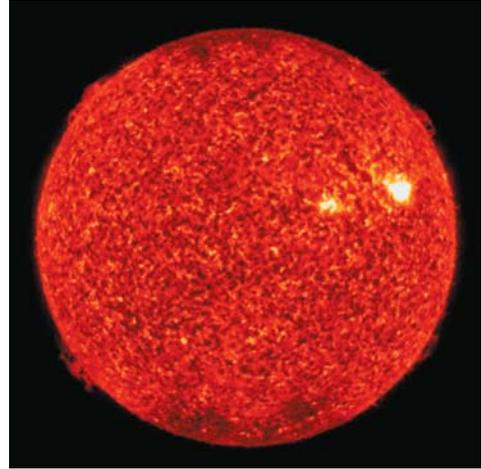


Солнце 13 февраля 2019 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$, Big Bear); в – в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 195 \text{ \AA}$, STEREO A – обратная сторона Солнца); г – в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$, SDO). Снимки получены с помощью наземной обсерватории “Big Bear” (H_{α}), космических солнечных обсерваторий “STEREO A” и “SDO” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>)

$W_{\text{фев.}} = 0,5$ и $W_{\text{март}} = 5,7$. Сглаженные за год значения этих индексов (минус 6 месяцев) в августе и сентябре 2018 г. составили $W^* = 4,1$ и $W^* = 4,0$ соответственно.

Февраль стал самым беспятенным месяцем текущего солнечного цикла – лишь одна группа пятен появилась

13 февраля на одни сутки на видимом диске Солнца в Южном полушарии. Минимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен ($W = 0$) отмечено 1–12, 14–28 февраля, максимальное – **13 февраля ($W = 11$)**. Вспышечная активность была на очень низком уровне весь период. Выбросы

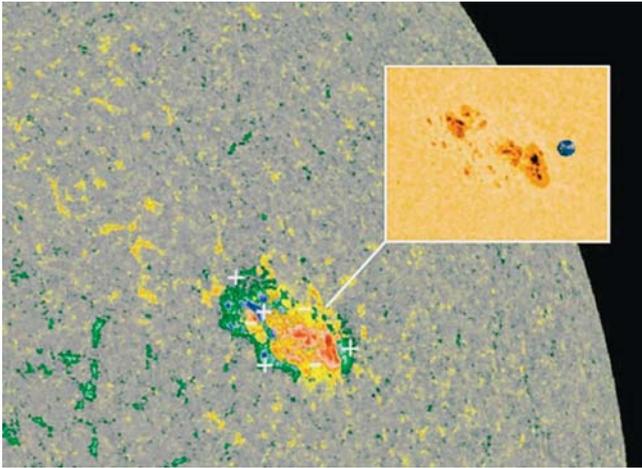
a*б**в**г*

Солнце 21 марта 2019 г.: *a* – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); *б* – в самой сильной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); *в* – в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 195 \text{ \AA}$, обратная сторона Солнца); *г* – в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Снимки получены с помощью наземной обсерватории "Big Bear" (H_{α}), космических солнечных обсерваторий "STEREO A" и "SDO" (<https://stereo-ssc.nascom.nasa.gov>)

солнечных волокон (4 события) произошли 20, 23, 25 и 27 февраля. Более 6 корональных выбросов вещества были зарегистрированы за весь месяц. Две рекуррентные (повторяющиеся через оборот Солнца) и одна вновь образованная корональная дыра проходили по видимому диску Солнца, но

значимых геомагнитных возмущений в околоземном космическом пространстве высокоскоростные потоки солнечного ветра, связанные с ними, не вызвали. Единственную малую магнитную бурю – 28 февраля – вызвало возмущение от выброса большого волокна, сопровождавшего малую вспышку

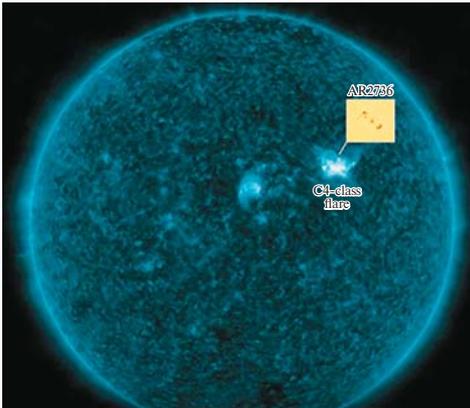
а



Вспышечно-активная группа солнечных пятен в максимуме развития: а – магнитное поле 21 марта 2019 г. (крестики – положительная полярность), вид и размер группы пятен в “белом” свете, по сравнению с размерами Земли (в рамке); б – солнечная вспышка 20 марта 2019 г.

рентгеновского класса C 4.5 в линии крайнего ультрафиолета Fe VIII, Fe XX и Fe XXIII ($\lambda = 311 \text{ \AA}$) и вид группы пятен (в рамке). Источник: <http://spaceweather.com>

б



25 февраля рентгеновского класса C. Возмущенная геомагнитная обстановка отмечена также 1 и 2 февраля, когда Земля “вошла” в высокоскоростной поток от рекуррентной корональной дыры, проходившей центральный меридиан Солнца 27 января. На геостационарных орбитах очень высокие потоки ($>10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов, с энергиями больше 2 МэВ, наблюдались 1–11 и 28 февраля.

В первые четыре дня **марта** продолжалась серия беспятенных дней, однако 5 марта в центральной зоне Северного полушария появилась небольшая спокойная группа пятен, сохранявшаяся

до 12 марта. 8 марта в ней осуществилась вспышка рентгеновского класса C1.3, сопровождавшаяся динамическими радиовсплесками и корональным выбросом вещества. После пяти дней беспятенного Солнца в той же зоне появилась небольшая спокойная группа пятен, наблюдавшаяся в течение 4-х суток. А уже 20 марта в середине западной полусферы Северного полушария возникла быстро развивающаяся группа пятен, площадь которой 20 марта достигла 420 миллионов долей полусферы (почти три диаметра Земли). Такое быстрое “всплытие” группы пятен не могло остаться без значимого повышения вспышечной активности: за первые двое суток в ней произошли 6 вспышек рентгеновского класса C. Одна из них (C4.8/1N) 20 марта сопровождалась всем “набором явлений”, присущим большим солнечным вспышкам: динамическими радиовсплесками, распространением ударной волны по поверхности Солнца, зарегистрированным в линиях крайнего ультрафиолетового излучения и корональным выбросом вещества. Однако до околоземного космического пространства возмущение от этой вспышки не

дошло. 31 марта ближе к восточному лимбу, в Северном полушарии, появилась еще одна активная область, пятна в которой “продержались” четверо суток. Максимальное наблюдаемое относительное число солнечных пятен отмечено **21 марта (W = 49)**, а минимальное (**W = 0**) – 1–4, 13, 15–17 и 25–30 марта. Вспышечная активность сохранялась на низком уровне (вспышки рентгеновского класса C) 8, 20 и 21 марта и на очень низком уровне в остальные дни. Более 23 выбросов солнечных волокон зарегистрировали коронографы космической обсерватории “SOHO”. На видимом диске Солнца наблюдались две рекуррентные и три новые корональные дыры. Высокоскоростные потоки от них не вызвали

в околоземном космическом пространстве заметных возмущений. Геомагнитное поле было возмущенным 1 и 17 марта, но лишь 1 марта возмущение достигло уровня малой магнитной бури: ее источник – рекуррентный высокоскоростной поток от корональной дыры в конце февраля. На геостационарных орбитах очень высокий поток ($>10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ регистрировался 1–12 и 19–20 и 25 марта.

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

*В.Н. Ишков,
ИЗМИРАН*

Информация

Обнаружен метан на Марсе?

20 июня 2019 г. марсоход “Кьюриосити” вновь зафиксировал выброс большого количества метана. Фоновое содержание метана в марсианской атмосфере, по данным бортовых спектрометров, было достаточно низким (десять доли частиц на миллиард), но в июне зарегистрировано несколько коротких пиков с концентрацией газа в 100 раз большей фоновой. Пока специалисты NASA не могут определить его источник, но считают, что с большой вероятностью его происхождение может быть связано с залежами гидратов метана, которые периодически разрушаются под воздействием каких-то неизвестных факторов. Это – породы с кристаллической структурой, в которых содержится большое количество метана. Они могут дестабилизироваться под воздействием механических или тепловых нагрузок, и тогда метан вырывается в атмосферу через трещины в горных породах.

На Земле этот газ производится, в основном, живыми существами, а после попадания в атмосферу он очень быстро распадается (для Марса это так же справедливо). Получается: если на Марсе есть метан, то он попал туда недавно.

Впервые метан на Марсе обнаружили 15 лет назад в результате проведения наземных наблюдений, позже – с помощью приборов на борту АМС “Марс Экспресс” (ESA). С 2018 г. на орбите вокруг Марса работает новая орбитальная АМС TGO (российско-европейский проект “ЭкзоМарс”; ЗиВ, 2016, № 3), ее главная задача – поиск метана и других малых составляющих марсианской атмосферы. По результатам годовой работы TGO был определен нижний предел фонового значения метана – 0,05 частицы на миллиард. Российские ученые, участвующие в экспериментах на борту TGO, уже начали работу с только что полученными данными приборов, чтобы прояснить новую загадку, заданную “Кьюриосити”.

*По материалам РИА-Новости,
7 июня 2019 г.*

ЮБИЛЕЙ АЛИНЫ ИОСИФОВНЫ ЕРЕМЕЕВОЙ

DOI: 10.7868/50044394819040078

В 2019 г. исполнилось 90 лет со дня рождения (65 лет научной деятельности) выдающемуся историку астрономии, кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику Краснопресненской лаборатории ГАИШ МГУ А.И. Еремеевой, сотрудничающей с журналом “Земля и Вселенная”, начиная с 1970 года (ЗиВ, 2009, № 5).

Алина Иосифовна родилась 4 мая 1929 г. в Москве, и после окончания школы с серебряной медалью стала в 1948 г. студенткой физико-математического факультета Московского государственного педагогического института. В 1951 г. Алина Иосифовна перевелась в МГУ, на Астрономическое отделение механико-математического факультета. В 1954 г. она завершила обучение в МГУ и была распределена в Институт истории естествознания и техники (ИИЕТ) АН СССР. Так обозначился, пожалуй, главный вектор научной деятельности Алины Иосифовны: педагогика – астрономия – история науки.

В 1967 г., работая в ИИЕТ, Алина Иосифовна успешно защитила кандидатскую диссертацию по монографии “Вселенная Гершеля. Космологические и космогонические идеи и открытия” (М., 1966). К сожалению, столь успешно начатая карьера историка науки была прервана из-за конфликта, имевшего политическую окраску. Алина Иосифовна, назначенная ученым секретарем Редколлегии юбилейного издания “Развитие астрономии в СССР. 1917–1967”, настаивала на включении



А.И. Еремеева – участник научной конференции. 2019 г.

в книгу материалов о репрессированных астрономах. Итогом борьбы с руководством ИИЕТ стало закрытие темы “История астрономии” и ее вынужденный уход из института.

В 1967 г. Алина Иосифовна перевелась в Астросовет АН СССР, где стала ученым секретарем Комитета по истории астрономии. Работая в Астросовете, Алина Иосифовна организовала проведение ежемесячных семинаров, посвященных памяти выдающихся ученых. В 1969 г. она организовала семинар, посвященный 80-летию Б.П. Герасимовича – директора Пулковской обсерватории, погибшего в годы сталинских репрессий. В дальнейшем, когда отношение к таким вопросам в стране изменилось, Алина Иосифовна посвятила изучению научной деятельности и судьбы этого ученого ряд обстоятельных историко-научных исследований. Однако в 1970 г. она была уволена “по сокращению штатов”, и в этом же году благодаря содействию академика В.Г. Фесенкова перешла в Комитет по метеоритам АН СССР. За годы работы в Комитете Алина Иосифовна приняла участие во многих экспедициях по

поиску метеоритов, организованных на Дальний Восток и в Сибирь, в том числе в экспедициях, в ходе которых удалось восстановить утерянное место находки знаменитого метеорита Палласово Железо. Собранный ей материал лег в основу монографии «Рождение научной метеоритики (история Палласова Железа», 1982; ЗиВ, 2007, № 1, с. 43).

В 1986 г. Алина Иосифовна стала сотрудницей ГАИШ МГУ, где, начиная с 1961 г., работал ее муж – астроном и историк науки Феликс Александрович Цицин (1931–2005), читавший более 20 лет студентам Астрономического отделения МГУ курс лекций по истории астрономии. Работая совместно, супруги подготовили (и в 1989 г. издали) первый в СССР университетский учебник «История астрономии. Основные этапы развития астрономической картины мира». В 1990 г. Алина Иосифовна начала читать на Астрономическом отделении «Курс истории и методологии астрономии». В 2013 г. Алина Иосифовна опубликовала первую часть существенно расширенного лекционного курса «История и методология астрономии»; вторая часть лекций курса была издана в 2018 г.

Наряду с преподаванием и историко-научными исследованиями – а это около 200 научных и научно-популярных публикаций – Алина Иосифовна ведет большую редакционную работу. В ГАИШ она являлась редактором-соавителем (и одним из авторов) коллективной монографии «Астрономия на крутых поворотах XX века» (1997), посвященной 50-летию окончания Второй мировой войны (по материалам Научно-мемориальной конференции, состоявшейся в 1995 г. в Пулково). Алина Иосифовна внесла также значительный вклад в подготовку и издание трудов, писем и других материалов, связанных с жизнью и научным творчеством Ф.А. Цицина, О.Ю. Шмидта и Б.П. Герасимовича.



Участники экспедиции к месту падения метеорита Палласово Железо (слева стоит А.И. Еремеева). 1978 г.

Алина Иосифовна активно участвует в организации и проведении многих научных конференций и семинаров. Она известна как популяризатор истории астрономии, автор огромного числа статей в «Астрономическом календаре» и в научно-популярных журналах «Земля и Вселенная» и «Природа». За свою многолетнюю научную и педагогическую деятельность А.И. Еремеева удостоена звания Заслуженный научный сотрудник МГУ (2014) и Почетной грамоты Министерства образования и науки РФ (2009).

Редколлегия и редакция журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Алину Иосифовну Еремееву с юбилеем, желает ей доброго здоровья, продолжения плодотворной деятельности и успешного выполнения намеченных планов.

В следующем выпуске читайте статью А.Т. Еремеевой о выдающемся астрономе И.Т. Зоткине.

НИКОЛАЙ СЕМЁНОВИЧ КАРДАШЁВ (25.04.1932–03.08.2019)

DOI: 10.7868/5004439481904008X



Николай Семёнович Кардашёв окончил астрономическое отделение мехмата Московского государственного университета в 1955 г. В 1959 г. он представил кандидатскую диссертацию, выполненную в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ под руководством И.С. Шкловского, за которую ему была присвоена степень доктора физико-математических наук. В 1959–1967 гг. он работал в ГАИШ, в 1967–1990 гг. – в Институте космических исследований Академии наук СССР. В 1990 г. Николай Семёнович организовал и до последнего дня оставался руководителем Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева АН.

Вся жизнь Николая Семёновича – бесконечная преданность науке. Н.С. Кардашёв предсказал возможность

наблюдения рекомбинационных спектральных линий в радиодиапазоне, образованных при переходах между верхними квантовыми уровнями возбужденных атомов водорода, гелия и других элементов. Он разработал теорию эволюции спектра синхротронного излучения космических радиоисточников. Еще до открытия пульсаров Н.С. Кардашёвым было предсказано наличие нейтронной звезды в Крабовидной туманности.

Идея множественности обитаемых миров всегда волновала Николая Семёновича: именно он является автором признанной во всем мире классификации внеземных цивилизаций. В 1972–1973 гг. под руководством Н.С. Кардашёва был осуществлен поиск разумных сигналов в дециметровом диапазоне радиоволн. В первой половине 1960-х гг. совместно с коллегами он предложил важнейший метод современной радиоастрономии – радиоинтерферометрию со сверхдлинными базами (РСДБ). Метод был блестяще реализован в глобальных интерферометрических сетях, а его развитием стал наземно-космический интерферометр «Радиоастрон», над которым Н.С. Кардашёв работал более трех десятилетий. «Радиоастрон» позволил получить рекордное в радиоастрономии угловое разрешение

в несколько миллионных долей угловой секунды.

До самых последних дней Николай Семёнович оставался генератором смелых научных идей: совместно с коллегами он работал над развитием теории мультивселенной, с системой «кротовых нор».

Н.С. Кардашёв был избран действительным членом РАН (1994 г.), председателем Совета по астрономии РАН, членом Европейской академии наук, Международной академии астронавтики, Американского

астрономического общества, Международного астрономического союза (МАС). Избирался вице-президентом Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР) и МАС.

Н.С. Кардашёв был дважды удостоен Государственной премии СССР (1980 и 1988 гг.). В 2011 г. награжден Орденом Почета, в 2012 г. – Международной медалью Грота Ребера за развитие радиоастрономии; был признан человеком года в России в 2012 г., в 2014 г. – награжден Демидовской премией.

Информация

“Хаябуса-2”: образцы с астероида Рюгу

11 июля 2019 г. японская АМС “Хаябуса-2” повторно опустилась с высоты 20 км со скоростью 10 см/с на поверхность астероида Рюгу (162 173) диаметром 920 м и взяла образцы грунта. (Первый раз станция совершила мягкую посадку на астероид Рюгу, собрала образцы грунта и вернулась на орбиту 22 февраля 2019 г.). Процесс посадки заставил специалистов понервничать, ведь станция могла разбиться, но все прошло удачно. Местом посадки стал участок радиусом 7 м – совсем крохотный для посадки, так как на нем нет больших камней, которые могли бы повредить конструкцию аппарата. Это место примечательно тем, что находится всего в 20 м от углубления, которое образовалось в апреле 2019 г., после того, как аппарат выбросил на поверхность астероида взрывное устройство и собрал частицы грунта. Маневр и забор происходил в автоматическом режиме, так как станция находится на расстоянии 340 млн км от Земли и сигналы до нее идут в течение почти 20 мин. Для того, чтобы успешно сесть на поверхность, “Хаябуса-2” предварительно “сбросила” на нее отражающий солнечный свет маячок: с его помощью определялось на какую именно точку поверхности станции нужно было опуститься.

Напомним, что 7 июля 2018 г. АМС “Хаябуса-2” (запущена 3 декабря 2014 г.; ЗиВ, 2015, № 2, с. 15) вышла на орбиту вокруг астероида Рюгу (ЗиВ, 2018, № 6, с. 68–70). По плану, АМС должна будет в декабре 2019 г. отправиться в обратный путь, к Земле, чтобы доставить собранные с астероида частицы для исследований.

*Пресс-релиз
космического агентства JAXA,
12 июля 2019 г.*

РОАЛЬД САВВОВИЧ КРЕМНЁВ **(13.07.1929 – 25.05.2019)**

DOI: 10.7868/50044394819040091

25 мая 2019 г. из жизни ушел Роальд Саввович Кремнёв (1929–2019) – талантливый проектант, конструктор, исследователь, испытатель и организатор авиационной и ракетно-космической науки и техники. С его именем связаны многие достижения в области укрепления обороноспособности нашего государства и создания ряда автоматических космических аппаратов для исследования ближнего и дальнего космоса, результатом работы которых стал мировой приоритет нашей страны во многих областях космической науки.

Р.С. Кремнёв родился 13 июля 1929 г. в небольшом городке Тулун Иркутской области. Его мама, Стефания Васильевна, была творческой личностью и своего первенца назвала в честь Руаля Амундсена (Roald Amundsen) – знаменитого полярного путешественника и исследователя, первым ступившего на поверхность ледяного континента – Антарктиды. Отец, Савва Иванович, работал режиссером-постановщиком в местном Доме культуры. Он рано скончался (1938 г.), и в тяжелое военное время мать одна воспитывала детей. На выбор профессии, вероятно, повлиял дядя Роальда, брат матери, – Иван Васильевич Филлипович, в то время работавший на Иркутском авиазаводе. После окончания школы в 1948 г. Роальд поступил в Казанский авиационный институт.

В 1953 г. для прохождения преддипломной практики и защиты диплома с группой однокурсников Роальд Саввович был направлен на машиностроительный завод № 301 в город Химки Московской области. Диплом по специальности “Авиационные двигатели” он защитил с отличием, и ему была



присвоена квалификация инженера-механика. С 1954 до 2012 г. Р.С. Кремнёв работал на прославленном предприятии, которое сегодня носит имя “Научно-производственное объединение имени Семёна Алексеевича Лавочкина”.

За эти десятилетия тематика работы предприятия менялась. В те далекие годы, еще до начала космической эры, Роальду Саввовичу довелось принимать участие в создании новейших образцов военных самолетов, а потом и зенитных ракет. Работал инженером, инженером-конструктором, старшим инженером, ведущим конструктором. В 1960–1963 гг. был представителем главного конструктора на авиационных заводах в Куйбышеве и Тбилиси.

С 1965 г. началась новая, космическая – эра деятельности “НПО им. С.А. Лавочкина”: в это время все работы по созданию автоматических космических аппаратов для исследования других планет были переданы С.П. Королёвым в конструкторское бюро, которое возглавил Георгий Николаевич Бабакин. Характерным выражением, которым можно описать результаты космической деятельности химкинского предприятия, стали слова “впервые в мире...”. Первые орбитальные и посадочные аппараты для исследования Луны, Марса, Венеры, первые луноходы, первая доставка грунта с Луны – все они были созданы в ОКБ Бабакина и составили славу отечественной космонавтики.

В 1968 г. по рекомендации Г.Н. Бабакина Р.С. Кремнёв назначен заместителем главного конструктора. Он руководит подразделениями проектного и расчетно-теоретического комплекса, согласовывает и решает со смежными организациями вопросы, связанные с общей компоновкой, выбором и использованием научной аппаратуры, обсуждает задачи перспективного проектирования.

Первыми двумя орденами Трудового Красного Знамени Р.С. Кремнёв был награжден в 1966 и 1971 гг., третьим – в 1976 г. В 1972 г. Роальду Саввовичу была присуждена Государственная премия СССР «За развертывание и длительное (в течение 320 сут) функционирование на Луне самоходного аппарата “Луноход-1”»; Ленинская премия – в 1986 г. “За радиолокационную съемку северного полушария Венеры с орбиты ее спутника”.

В начале развития космической деятельности в нашей стране многие работы были засекречены, и создатели



У камеры с лунным грунтом. В первом ряду: маршал К.А. Вершинин, академик Б.Н. Петров, Г.Н. Бабакин и министр общего машиностроения С.А. Афанасьев; во втором ряду с сотрудниками “НПО им. С.А. Лавочкина” первый справа (стоит) Р.С. Кремнёв. 1970 г.

космических аппаратов, в том числе Роальд Саввович, не были “публичными” людьми. При контактах с зарубежными специалистами на международных конференциях и симпозиумах специалисты “НПО им. С.А. Лавочкина” представлялись сотрудниками Института космических исследований Академии наук или “Интеркосмоса”... Но развитие международного сотрудничества, создание международных коопераций потребовали новых форм организации. Так, в проекте по изучению Венеры и кометы Галлея “Вега” участвовало более десяти стран. Роальд Саввович был заместителем технического руководителя проекта, а руководителем – Вячеслав Михайлович Ковтуненко, главный конструктор “НПО им. С.А. Лавочкина”.

В 1985 г. было принято решение о создании на базе проектного комплекса, которым руководил Р.С. Кремнёв, научно-испытательного центра, призванного решать и задачи международных проектов. Роальд Саввович был назначен заместителем главного конструктора



Российско-французская группа по проекту "Марсианский аэростат" в Государственном музее космонавтики им. К.Э. Циолковского в Калуге. В центре – Р.С. Кремнёв. 1994 г.

“НПО им. С.А. Лавочкина” директором и главным конструктором Научно-испытательного центра им. Г.Н. Бабакина.

В 1970–1980-е гг. исследования космического пространства развивались очень интенсивно. Каждые два-три года автоматические межпланетные станции отправлялись к Венере. Были созданы космические аппараты “Фобос” (1988) для исследования спутника Марса, готовились грандиозные проекты по доставке грунта с Марса, успешно работала астрофизическая обсерватория “Астрон” и полным ходом шла подготовка проекта “Гранат”; готовились (и работали) космические аппараты для изучения солнечно-земных связей серии “Прогноз” (1972–1985 гг.). И позже, в трудные для нашей страны 1990-е годы, в НПО продолжались работы по созданию передовых образцов космической техники, в том числе и в международной кооперации. Огромным вкладом в исследование физики околоземного пространства и солнечно-земных

связей стала международная миссия “Интербол”.

Кроме успехов, безусловно, были и неудачи: огромной утратой стала потеря космического аппарата “Марс-96”. В то же время работа над новыми техническими средствами исследований “сформировала” задел для перспективных проектов: это марсоходы и венероходы, малые и министанции, марсианский аэростат, долгоживущие автономные станции, внедряющиеся зонды-пенетраторы; солнечные паруса, надувные тормозные устройства и т.д.

Высокий профессионализм, умение работать с людьми, ответственность, инициативность, личное обаяние, доброжелательность – благодаря этим качествам Роальд Саввович пользовался заслуженным авторитетом у сотрудников предприятия и в смежных организациях, у руководителей отрасли и в научных кругах, среди иностранных коллег и партнеров.

И на высоком посту первого заместителя генерального конструктора, затем – директора Центра, и, позже – в должности советника генерального директора Р.С. Кремнёв всегда умел найти подход к людям, много внимания уделял подготовке и воспитанию молодых кадров. В 2010 г. по его инициативе и на его средства в Тулуне был создан “Фонд имени академика Кремнёва” для поддержки одаренных детей. На родине Роальду Саввовичу было присвоено звание “Почетный гражданин города Тулуна”.

В 2012 г. он ушел на заслуженный отдых, но всегда интересовался успехами предприятия, близко к сердцу принимал проблемы и пытался помочь участием и советами.

Роальд Саввович Кремнёв своим трудом и жизнью вписал блестящую страницу в историю освоения космоса.

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



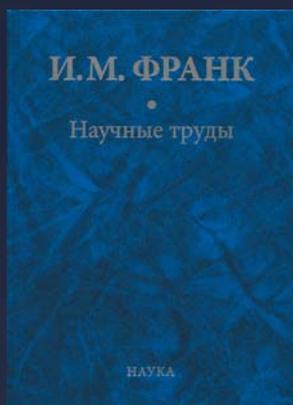
Бугай Н.Ф.

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.



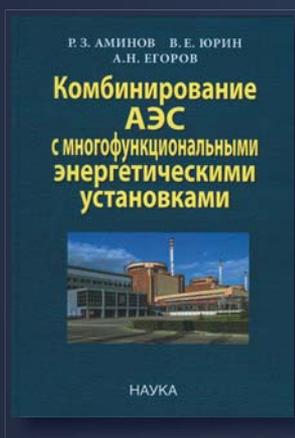
Франк И.М.

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.

Информация

Вторая индийская станция – на пути к Луне

22 июля 2019 г. в 09:13 UTC (12:13 ДМВ) с космодрома, расположенного в космическом центре им. Сатиша Дхавана, на острове Шрихарикота в Бенгальском заливе, стартовала ракета-носитель GSLV Mk III (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle Mark III), которая вывела на траекторию перелета к Луне межпланетную автоматическую станцию “Чандраяан-2” с луноходом на борту, индийской организации космических исследований (ISRO). Согласно сообщению ISRO, AMC “Чандраяан-2” была успешно выведена на орбиту вокруг Земли. Станция должна выйти на орбиту вокруг Луны 6 сентября. После этого посадочный аппарат “Викрам” с луноходом “Прагьян” должны совершить посадку в районе южного полюса Луны (Викрам Сарабхай – основатель индийской космической программы, “прагьян” – мудрость на санскрите).



Луноход “Прагьян” и посадочный аппарат “Викрам” проекта “Чандраяан-2”.
Фотография Indian Space Research Organisation (ISRO-India), Wikipedia.

Посадочный аппарат “несет” четыре научных прибора, луноход – два. На борту орбитального аппарата установлены восемь научных приборов; кроме этого, он будет выполнять функции ретранслятора.

Предшествующая индийская лунная миссия – “Чандраяан-1” – была выведена в космос в октябре 2008 г. и работала до августа 2009 г. Запуск второй AMC изначально планировался на 2013 г., в сотрудничестве с Россией.

Предполагается, что орбитальный модуль “Чандраяан-2” проработает на орбите вокруг Луны один земной год. Напланетные аппараты должны проводить исследования в течение одного лунного дня (около 14 земных суток).

По материалам сайта: www.space.com

НА ЗАРЕ ЛУННОЙ ГОНКИ...

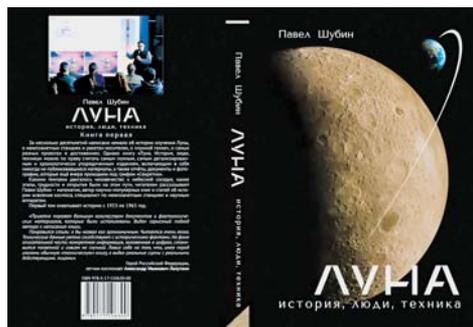
DOI: 10.7868/50044394819040108

Представленная ниже статья – фрагменты первой части новой книги “Луна: история, люди, техника”, которая вышла из печати в 2019 году. Книга посвящена истории изучения Луны с помощью космических средств. Ее автор – Павел Сергеевич Шубин, по образованию – математик, а также – энтузиаст и популяризатор космической науки и космонавтики. “Луна” – второе его произведение. Первая книга “Венера: неукротимая планета” (2015 г.) посвящена исследованию Венеры с помощью космических аппаратов.

Чтобы написать их, Павел Шубин исследовал мемуарную литературу и журнальную периодику, проводил архивные разыскания, копировал и восстановил множество уникальных документов и чертежей, заказывал новые иллюстрации по имеющимся старым чертежам.



В Ленинградском планетарии Павел Шубин рассказывает о Венере. Фото О. Семенова, 2018 г.



Обложка книги
“Луна: история, люди, техника”

“Венера” заслужила множество положительных отзывов (и критики) ученых, занимающихся изучением планет, и была переиздана в 2018 г. с исправлениями и дополнениями.

Вторая замечательная особенность этих книг – в том, что финансовые средства и на подготовку материала, и на издание были собраны методом “краудфандинга” – сбора добровольных пожертвований с помощью интернет-платформы. Это – прямое свидетельство в пользу того, что тема космоса и космонавтики по-прежнему интересна.

Публикуемые ниже фрагменты были незначительно сокращены и дополнены.

От всей души желаем автору успехов в его замечательном деле. Подробнее о Павле Шубине и его книгах можно узнать на сайте – <http://shubinpavel.ru/>.

Редакция

ОТ БОМБЫ ДО ОРБИТЫ

Когда в 1952 г. молодой студент Всеволод Егоров ждал приема у одного из руководителей Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР М.В. Келдыша (1911–1978), его терзал мандраж. Казалось бы, безосновательно? Он был на хорошем счету. У него за плечами – мехмат МГУ, несколько успешно решенных математических задач, работа по паре “закрытых” тем. Он без проблем мог получить место в аспирантуре. Так почему же?

Проблема крылась как раз в задаче, которую он намеревался решить. В любое время находились люди, “болеющие” космосом и искренне желающие сделать хоть что-то, чтобы он стал немного ближе. Так и в данном случае: Всеволод мечтал решить задачу, связанную с оптимизацией выведения ракеты на орбиту спутника Земли. Время для подобных проектов выглядело не самым удачным. По многим воспоминаниям (в том числе и Егорова), в начале 1950-х достаточно напряженно относились к подобным людям, часто называя их “косматиками”. Мол, нам враги грозят атомным нападением, а эти люди предлагают тратить средства на свои несбыточные мечты! Нехорошо.

Перед тем как прийти к Мстиславу Келдышу он уже обратился с подобной просьбой к своему научному руководителю в МГУ. Но тот с подобным материалом иметь дело отказался и посоветовал изменить тему работы на другую: “Оптимизация управления зенитными ракетами”.

Теперь студент Егоров стоял перед кабинетом руководителя отдела механики математического института и опасался примерно такого же ответа. Это был смелый шаг, Егорова активно отговаривали даже его знакомые математики, уже работающие у Келдыша. Дескать, он просто не отнесется к молодому студенту, предлагающему такие задачи, серьезно.

На самом деле вопрос к тому моменту, хотя и частично, был уже решен. В 1951 г. этот институт завершил весьма подробный отчет “Баллистические возможности составных ракет”. Эта работа, в числе прочих, привела к созданию компоновки будущей межконтинентальной баллистической ракеты Р-7. Собственно спутник здесь даже не упоминался, несмотря на то что подобные данные были бы вполне в духе названия отчета. Можно было найти лишь несколько осторожных упоминаний о том, что при некоторых условиях скорость полезной нагрузки может

Академик М.В. Келдыш на семинаре по молекулярной биофизике в Институте радиофизики и электрофизики АН УССР. У доски – заведующий отделом В.Я. Малеев. 12 мая 1964 г. Снимок из архива Мемориального музея-кабинета М.В. Келдыша



быть “круговой”. Для боевых ракет это был даже минус – снижалась точность. Но, видимо, тот факт, что круговой скорости можно достигнуть, причем на базе разрабатываемой ракеты, уже успешно овладел умами всех причастных к этому отчету.

Вопреки опасениям Мстислав Всеволодович не стал критиковать студента В. Егорова, а принял в аспирантуру и пообещал вскоре дать интересную задачу, связанную с космосом. И слово свое сдержал. Впрочем, произошло это позже, пока же молодого студента подключили к оптимизации характеристик крылатых ракет дальнего действия.

...Наступил 1953 год, и отношение к спутнику стало меняться. По воспоминаниям видно, что со второй половины 1953 г. обсуждение идеи выведения спутника на орбиту стало куда более свободным, это уже не казалось чем-то несбыточным или бесполезным. Конечно, пока все ограничивалось только обсуждениями, без поддержки, но это было только начало. Если посмотреть на картину в целом, то 1953 г. можно считать ключевым. Именно тогда произошло очень много событий, на первый взгляд не связанных друг с другом. Но благодаря им через несколько лет не только спутник был выведен на орбиту, не только ракеты полетели к Луне, Марсу и Венере, но и человек вышел в космос.

Некоторые из этих событий попали на первые полосы газет, некоторые на вторые, ну а большая их часть тогда была известна только непосредственным участникам.

В июле 1953 г. в Брюсселе прошло первое совещание по вопросам объявления Международного геофизического года. Идея родилась из опыта проведения Международного полярного года, предназначенного для изучения Арктического и Антарктического регионов (такое случалось дважды, в 1882–1883 и 1932–1933 гг.). Совместные усилия ученых из

многих стран позволили получить куда более качественную информацию, чем было возможно поодиночке. Пришла пора провести еще один такой год, тем более что часть информации, собранной ранее, потерялась из-за войны.

Но на сей раз было решено сделать следующий шаг, изучить таким образом всю нашу планету. Небывалый научный проект за всю историю Земли! Международный геофизический год постановили объявить уже через четыре года, в 1957–1958 гг. Четырехлетний срок сочли вполне достаточным для подготовки ученых и станций.

Следующее событие было не таким мирным. 12 августа 1953 г. СССР провел успешное испытание своей первой водородной бомбы РДС-6с. Она же была первой термоядерной бомбой, пригодной для практического применения. С массой порядка пяти с половиной тонн ее могли взять на борт стратегические бомбардировщики.

Вскоре после испытания министр среднего машиностроения В.А. Малышев посетил ОКБ С.П. Королёва с простым вопросом: возможно ли создать баллистическую ракету, способную доставить эту бомбу до территории США? Вопрос был сложным. На тот момент Сергей Павлович уже разрабатывал баллистическую ракету схожей дальности, но ее грузоподъемность составляла 3 т, требовался в два раза более мощный носитель. Получить его из текущих наработок оказалось невозможно, все надо было начинать “с нуля”. А ведь первоначальный проект был утвержден соответствующим постановлением правительства, и работа шла не только в ОКБ-1, но и у смежников, многие из которых к августу 1953 г. успели значительно продвинуться. Например, В.П. Глушко уже приступил к испытаниям двигателей РД-105/106, предназначенных для данной ракеты. Согласие С.П. Королёва означало, что,

не доведя до ума текущий “слабый” вариант, нужно брать за более мощный. Причем все приложенные к тому времени усилия, финансовые и технические, оказались бы потраченными практически впустую. Да и задержка относительно первоначальных сроков должна была составить порядка полутора-двух лет.

Тем не менее, Королёв согласился. Возможно, не последней причиной этого поступка явилось то, что бóльшая по энергетике ракета могла бы вывести на орбиту и искусственный спутник, идея которого все сильнее овладевала умами специалистов как в его КБ, так и в профильных НИИ.

В конце 1953 г. М.В. Келдыш вызвал к себе В.А. Егоров и, помня об обещании, поручил ему работу, связанную с космической тематикой. Он попросил его тщательно проанализировать траектории полета к Луне, найти все их особенности и “подводные камни”. На вопрос о сроках выполнения расчетов Келдыш ответил: “Пораньше. Они нужны уже сегодня”. И выделил ему для ускорения процесса новую электронно-вычислительную машину СЦМ (специализированная цифровая машина).

В чем была целесообразность этой работы? Ведь, казалось бы, полеты к Луне математики анализировали еще со времен выхода книги “С Земли на Луну” Жюль Верна?

Дело в том, что до этого момента по-настоящему серьезно к данной задаче никто не подходил. Если открыть практически любую раннюю работу, посвященную такому полету, она будет начинаться со слов: “Предположим для простоты, что Земля и Луна неподвижны друг относительно друга”. Оценить в первом приближении энергетику пуска это позволяло, а больше тогда и не требовалось. Вот только по тем траекториям к нашему естественному спутнику не долететь. В.А. Егоров должен



*В.А. Егоров испытывает самодельный скафандр для космических полетов.
Из архива А.К. Платонова, 1955 г.*

был тщательно проанализировать все возможные траектории именно с учетом динамики системы “Земля–Луна”, отработать методики расчета. Посмотреть, как будет отличаться энергетика пуска в разные дни месяца и года. Узнать, какие требования нужно будет предъявлять к системе управления для точного выведения. И многое, многое другое.

Тем временем работа над вопросами запуска спутника становилась все более и более активной. Согласно дневнику М.К. Тихонравова, сотрудника НИИ-4, 7 февраля 1954 г. ему позвонил С.П. Королёв. Как оказалось, он недавно обсудил вопрос о создании спутника с министром оборонной промышленности Д.Ф. Устиновым. В этом телефонном

разговоре Сергей Павлович попросил Михаила Клавдиевича подготовить докладную записку, в которой на доступном уровне объяснить, что такое спутник, для чего его можно применить. Докладная предназначалась для отправки в Правительство.

Через неделю, 14 февраля (по некоторым другим источникам, 16 марта. – *Прим. ред.*) 1954 г., М.В. Келдыш провел в своем кабинете совещание, посвященное аналогичной цели. Это был своеобразный мозговой штурм с весьма “звездным” составом участников. Для того чтобы понять, чем может быть полезен спутник, пригласили всех, кому он мог пригодиться. Среди идей, высказанных на мозговом штурме, интересной оказалась мысль академика П.Л. Капицы. Понятно, что ориентированный спутник будет куда полезнее для науки, чем неориентированный, и вопрос активной ориентации разбирался еще пионерами космонавтики. Но было также ясно, что такая система получится невероятно сложной. П.Л. Капица же во время обсуждения вспомнил о нашем естественном спутнике – Луне. Кроме всего прочего, Луна постоянно обращена к Земле одной стороной, причем явно без каких-либо сложных механических конструкций. Объяснение данной стабилизации дал еще Ньютон, но было непонятно, свойственна ли она лишь очень большим объектам или подобную систему можно применить и на искусственном спутнике Земли. При ее реализации можно было бы сильно упростить себе жизнь. Идея понравилась, и Д.Е. Охочимский пообещал разобраться с этим вопросом. Сейчас подобная система называется “гравитационной стабилизацией”.

П.Л. Капица также сделал весьма интересное замечание, полностью подтвердившееся впоследствии. Он заметил, что данное совещание, конечно, важно, но с большой степенью

вероятности присутствующие даже не представляют, что даст запуск спутника для науки. Это слишком новая и неизученная область, и, как следствие, – гарантированно последуют открытия в областях, о которых сейчас никто и не подозревает.

30 марта 1954 г. докладная записка, посвященная искусственному спутнику, была сдана в печать. В ней, помимо описания применения спутников, были указаны теоретические направления развития ИСЗ в будущем. Также показывалась возможность запуска пилотируемого спутника, создания орбитальной станции и отправки контейнера к Луне. 25 мая 1954 г. Президиум АН СССР одобрил основные положения докладной записки и, наконец, 26 мая С.П. Королёв отправил ее Д.Ф. Устинову, снабдив своим комментарием. После чего в вопросе создания ИСЗ наступило определенное затишье. Но работы по связанным с ним тематикам тем временем успешно продолжались.

9 июня 1954 г. Совет министров СССР принял решение об участии Советского Союза в программе проведения Международного геофизического года и постановил создать при Президиуме АН СССР специальный комитет по этому вопросу. 5 августа М.В. Хруничев и В.М. Рябиков, заместители министра среднего машиностроения СССР, и С.П. Королёв направляют секретную записку руководителям правительства Н.С. Хрущёву и Н.А. Булганину. В ней подробно описывается сама идея спутника, а также то, какие потребуются расходы для ее реализации. Особо подчеркивалось, что ракета для запуска уже успешно разрабатывается и что спутник хотят запустить и в США. Это подействовало. Через три дня, 8 августа, идея была одобрена, а 11 и 23 августа уже обсуждается проект сообщения ТАСС о работе в Советском Союзе над запуском ИСЗ.

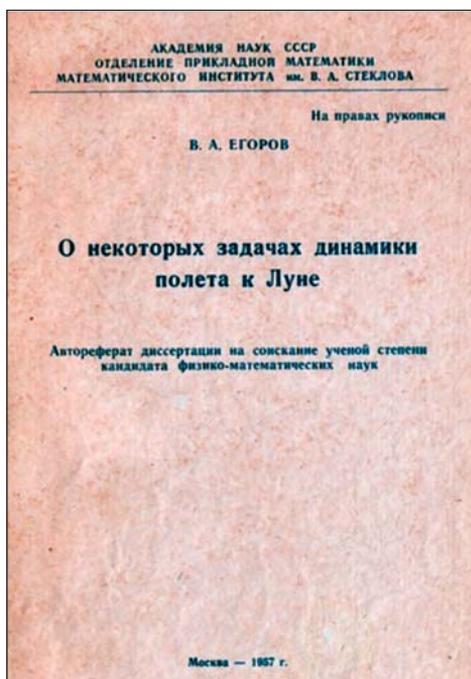
В августе 1955 г., во время шестого Международного астрономического конгресса в Дании, руководитель советской делегации академик Л.И. Седов провел пресс-конференцию в советском посольстве, где объявил, что «реализацию спутникового проекта можно ожидать в ближайшем будущем». Это была первая официальная информация о работе над подобным проектом в СССР.

К 11 января 1956 г. был утвержден план работ и график расходов и, наконец, 30 января 1956 г. выходит секретное Постановление Совета министров СССР «О создании объекта “Д”». Литерой “Д” обозначался искусственный спутник Земли.

На совещании Специальной комиссии при Президиуме АН СССР по объекту “Д”, руководителем которой назначен М.В. Келдыш, создается кооперация институтов, которым предстояло поставить для спутника научную аппаратуру. Была запланирована очень сложная научная программа космических исследований. Сам спутник мог выйти сложным и тяжелым – его масса должна была составить более тонны. Благо, такая цифра находилась в рамках возможностей королёвской “семерки”.

Ориентируемая модификация объекта “Д” шла под индексом “ОД”, он предназначался для фотографирования Земли. К тому моменту предложение П.Л. Капицы было уже детально изучено и под него написали математическое обоснование. Первоначальные предположения были сформулированы Д.Е. Охочимским, но строгую теорему доказал другой сотрудник М.В. Келдыша – В.В. Белецкий.

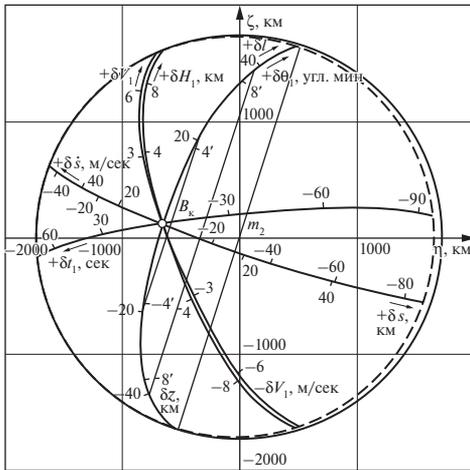
На базе объектов “Д” и “ОД” рассматривался также и третий вариант – биологический спутник. На нем планировали запустить в космос собаку и узнать, как влияет космическое пространство на



Обложка автореферата диссертации В.А. Егорова по анализу траекторий полета к Луне, выполненной в рамках задания М.В. Келдыша. Из архива А.К. Платонова

живые организмы. Во многом это являлось продолжением работы по запуску собак на геофизических ракетах.

В 1956 г. В.А. Егоров закончил изучение плоской задачи достижения Луны. С 1953 г. он проанализировал несколько сотен траекторий перелета с Земли на Луну, заметив важные моменты и опровергнув некоторые заблуждения. Например, многие тогда были уверены, что для попадания в Луну достаточно попасть в сферу ее действия – все остальное сделает притяжение Луны. Даже роман Жюль Верна, в котором описывается облет Луны, считали слишком условным, хотя сама возможность такого облета была показана писателем еще в начале XX в. А В.А. Егоров же обнаружил, что при прямом перелете станция войдет в сферу действия



"Паучок" В.А. Егорова – смещение точки падения по лунной поверхности – при отклонении от номинальных значений одного из шести условий начальных данных и начального момента времени. 1956 год. Рисунок из книги В.А. Егорова "Пространственная задача достижения Луны" (М.: Наука, 1965)

Луны с гиперболической (для Луны) скоростью. Это означало, что ни о каком захвате не могло быть и речи. При такой скорости было только два варианта: либо станция попадет в Луну и разобьется, либо пролетит мимо, вернувшись к Земле или став спутником Солнца.

В.А. Егоров попробовал найти траектории, по которым наш естественный спутник все-таки захватит аппарат – ведь это казалось таким удобным способом при создании искусственного спутника Луны! И он даже смог обнаружить подобную траекторию, только выйти на нее оказалось слишком сложным: возможность существует лишь при условии выведения станции на высокоэллиптическую орбиту, сложно синхронизированную с Луной. Через несколько витков Луна вполне могла захватить аппарат, но даже после этого его орбита в качестве спутника оставалась бы нестабильной – существовала вероятность, что станция опять вернется на орбиту Земли.

Задача была решена интересная, но до сих пор подобный вариант практически не рассматривается в качестве возможного перелета к Луне. Недостатки этого метода перевешивают весьма небольшие достоинства.

В.Е. Егоров также проанализировал пространственную задачу достижения нашего естественного спутника, нанеся на глобус Луны все вероятные отклонения, которые может дать система управления ракетой. Получившуюся фигуру Келдыш назвал "паучком Егорова". Результат расчетов оказался обнадеживающим – в Луну можно попасть! Причем при помощи аппаратуры, которая уже была создана или будет создана в самое ближайшее время...

ПРОЕКТ КОРПОРАЦИИ RAND И ПРОЕКТ "ФАРСАЙД"

В начале 1956 г. к вопросу лунных станций подступились и в США. Все началось с того, что руководитель аэрокосмического отделения "RAND Corporation" Роберт Бурхем, изучая проект создания ракеты-носителя "Тор-Эйбл", разрабатываемой для спутника фоторазведки, понял, что ее энергетики вполне хватит и для достижения Луны. Через несколько месяцев, в мае-июне 1956 г., его отдел выпустил несколько отчетов и технических меморандумов.

Первым был доклад Клемента "Лунная ракета", дальше следовала серия из девяти отчетов, посвященных разнообразным техническим нюансам аппарата для лунных исследований. Первые и общие отчеты до сих пор недоступны. В свое время они имели гриф "секретно", а документы с таким грифом эта организация, видимо, старается не

выкладывать даже по прошествии значительного времени. К счастью, несколько других отчетов имели более скромный гриф “конфиденциально”, и сейчас они доступны для изучения. По ним-то и можно понять, что же прорабатывалось в те годы.

Несколько неожиданным оказалось, что инженеры и ученые данной организации решили не мелочиться: в первом же своем проекте они взялись проработать станцию для мягкой посадки на Луну, с доставкой на ее поверхность научных приборов.

Если быть точным, разрабатывалось три варианта. Первый – просто попадание в Луну, второй – доставка на наш естественный спутник приборов и третий – совмещенный. Так как последняя ступень ракеты тоже должна была выйти на траекторию попадания в Луну, более того – попасть в нее немного позже станции, то ее можно было использовать для научных экспериментов. В частности, если установить на станции сейсмометр, то можно было бы зафиксировать момент падения ступени, определить некоторые параметры распространения звуковых волн по поверхности и, таким образом, сделать предварительные выводы о внутренней структуре Луны.

Основная проблема состояла в доставке сейсмометра на поверхность Луны. Так как скорость падения станции в 3 км/с была слишком велика – на ней должен был стоять ракетный двигатель. В его сопле планировали поставить радиовысотомер, который бы

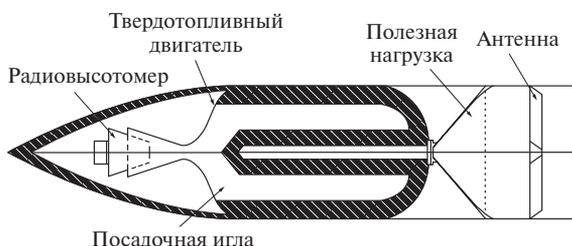
выдал сигнал о включении двигателя при достижении определенной высоты. Но кроме того, чтобы включить двигатель в нужный момент, его нужно было очень точно сориентировать, строго по направлению движения станции.

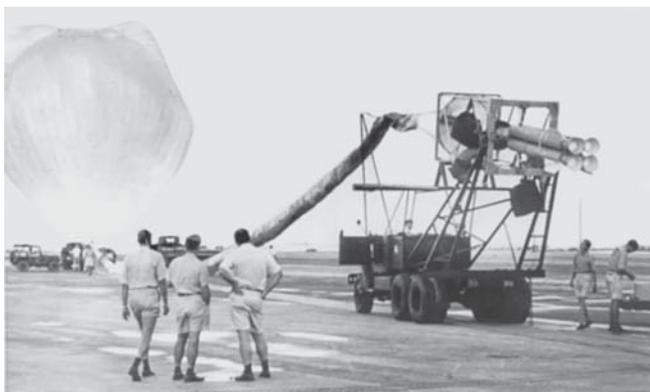
Активная система ориентации явно считалась слишком сложной и даже не рассматривалась. Ориентацию планировали задать заранее, еще при старте, раскрутив станцию до угловой скорости порядка 80 оборотов в минуту. Направление должно было совпадать с траекторией станции при падении за счет очень точного выведения аппарата в нужный район и детальных расчетов. Точность должна была быть запредельная, но теоретически все было возможно.

При этом разработчики понимали, что так можно будет погасить только часть скорости. Следовательно, все равно в момент столкновения с Луной скорость станции будет очень велика (порядка 150 м/с), и основное торможение произойдет в лунном грунте. Больше всего опасались, что станция-снаряд слишком глубоко уйдет в грунт. Тем не менее подобные перегрузки считались приемлемыми: по оценке специалистов, на тот момент уже существовали приборы, способные выдержать перегрузку до 20 тыс. g, а для уменьшения “тормозного пути” в грунте аппарат планировали оснастить специальной иглой.

В отчете этот режим называется “мягкой” посадкой, но, по сути, в этом проекте впервые была озвучена идея

*Компоновка
лунного пенетратора.
Реконструкция,
по материалам “RAND”*





*Ракета "Фарсайд-1",
25 октября 1957 г.
Фото ВВС США*

использования ударных зондов или, как их сейчас называют, пенетраторов.

Несмотря на то что многие оценки (особенно в плане точности и надежности) были достаточно оптимистичны, впервые в США была проведена очень тщательная математическая подготовка самой задачи достижения Луны, и впервые в мире был проработан зонд для взаимодействия с лунной поверхностью. Как видно из названий отчетов, тогда были детально рассмотрены и просчитаны все основные элементы межпланетной станции – от энергетики до траекторных измерений и связи.

Как уже упоминалось, в первую очередь разбиралась именно посадка на Луну. Но, судя по названию, один отчет от 14 июня 1956 г. Роберт Бурхем посвятил и возможности создания искусственного спутника Луны. "Идеологически" эта задача была близка к посадке, только требовался менее мощный ракетный двигатель, меньшая точность при выведении и не такие жесткие требования к аппаратуре станции.

Эти доклады изучили на заседании в Институте Франклина. Во время дискуссии с учеными поступило предложение оснастить аппарат ядерным устройством – для определения точного района прилунения. Были очерчены эксперименты, которые было бы желательно провести: измерение

лунного магнитного поля, массы Луны, сейсмичности, уровня радиации на ее поверхности, прочности и химического состава ее поверхности; поиск следов ее атмосферы.

Также было несколько неожиданно видеть упоминание в американском

закрытом отчете статьи из советского журнала «Наука и жизнь». В этой статье Ю.С. Хлебцевич, председатель радиотехнического комитета секции Астронавтики Центрального аэроклуба им. В. Чкалова, предложил использовать для изучения поверхности Луны передвижную "танкетку-лабораторию". Идея была признана очень интересной, но отмечено, что текущие ограничения на массу полезной нагрузки не дают возможности реализовать ее в ближайшем будущем.

В 1956 г. начались работы над еще одним проектом достижения Луны. Собственно, они относятся еще к 1949 г. – когда был предложен проект "Рокун" ("Rockoon"; "rocket on balloon" – ракета на воздушном шаре). Согласно ему, предлагалось сначала поднимать ракету на воздушном шаре и только при достижении максимально возможной высоты включать двигатели. Ракета в этом случае практически прорывалась сквозь шар. По данному проекту было осуществлено несколько запусков геофизических ракет, достигших высоты 80 км.

Последовало несколько предложений по развитию этой идеи, одно из которых и трансформировалось в проект "Фарсайд" ("Farside" – "Обратная сторона Луны") по достижению второй космической скорости и, если повезет,

Луны. В теории система управления для достижения второй космической скорости может быть куда проще, чем для первой, и выхода на орбиту искусственного спутника Земли. Во втором случае нужно отрабатывать сложную программу тангажа, а в первом – ракете достаточно просто подниматься вертикально вверх. Впрочем, с точки зрения энергетики такая траектория – не оптимальная, так как вращение Земли используется минимально. Но в то время подобное упрощение системы управления выглядело достаточно соблазнительно.

Здесь нужно отметить, что разработать твердотопливные двигатели с большей тягой и меньшим временем работы отчасти легче, чем с меньшей тягой и большим временем работы. Но использовать их при старте с поверхности Земли очень сложно, слишком значительно возрастают аэродинамические потери. Ради их компенсации и было предложено воспользоваться для запуска воздушным шаром. Опять же – при высотном старте можно рассчитывать двигатели только под высотный запуск, что не сколько улучшает их энергетику.

Проект “Фарсайд” задумывался двухэтапным. На первом этапе планировали испытать четырехступенчатую ракету массой 862 кг с максимальной характеристической скоростью 7,9 км/с, способную подняться на высоту порядка одного радиуса Земли. Энергетически, как можно видеть, она была близка к первой космической скорости, но выйти на орбиту искусственного спутника Земли ракета не могла из-за выбранной стратегии использования системы управления. Если бы при испытаниях все прошло успешно, то можно было бы перейти к проекту “Фарсайд-2” с массой 1361 кг и конечной скоростью в 11,3 км/с. Эта ракета уже могла доставить на траекторию полета к Луне полезный груз в 1,13–1,43 кг.

Примечательно, что ученые Военно-воздушных сил, отвечавшие за проект “Фарсайд”, потом утверждали журналистам, что название проекта случайно совпадает с названием обратной стороны Луны и что основная цель данных пусков – изучение межпланетного пространства (а именно: ионосферы, магнитного поля Земли, космических лучей, космической пыли) на очень больших высотах. Так оно и было. Хотя в описании проекта есть упоминание и о том, что ракета при запуске может облететь Луну и вернуться на Землю. Видимо, это была своеобразная мечта, надежда попробовать совершить облет при штатной эксплуатации системы. Если позволила бы система управления.

Тесты “Фарсайд-1” планировались на 1957 год, в 1956 г. уже начались испытания аэростата для этого проекта.

Проекту «Фарсайд» повезло начаться практически одновременно с запуском в СССР первого искусственного спутника Земли.

Всего было пять попыток. Пуски 25 сентября, 3 октября и 7 октября сложно было назвать успешными. Сначала отказал воздушный шар, потом начались проблемы с зажиганием ступеней. Причиной аварий были, видимо, очень высокие перегрузки при запуске. Самыми успешными можно назвать только последние два запуска: 19 октября, когда “сработали” три ступени и ракета достигла высоты в 3220 км, и 22 октября, когда штатно “сработали” все ступени. Но из-за отказа в работе передатчика информацию можно было получить только при помощи радиолокатора, а он потерял конус “Фарсайда-1” на высоте 4350 км.

В результате проект закрыли, да и выглядел он уже архаично на фоне и советского спутника, и новых американских планов.

Продолжение читайте в книге "Луна: история, люди, техника" — Прим. ред.

“СКАЗОЧНАЯ ВСЕЛЕННАЯ” (волшебная энциклопедия для детей о космосе)

В увлекательное космическое путешествие вместе с трилогией Ефрема Левитана “Сказочная Вселенная” читатели отправляются далеко не в первый раз! Истории про Свету и Альку выходили в “Издательском Доме Мещерякова” и под одной обложкой, и отдельными частями. В 2019 г. книга вышла в новом оформлении, в рамках научно-популярной серии “Большая академия Пифагоровых штанов”. “Большая” – потому, что все произведения собраны в одном томе, не нужно искать продолжения; “академия” – потому, что это – только проверенные временем произведения, знакомых и самых авторитетных популяризаторов науки. И все это вместе с удивительными иллюстрациями Татьяны Гамзиной-Бахтий.

Автор книги – доктор педагогических наук Ефрем Павлович Левитан (1934–2012) – не просто писатель. Он выдающийся педагог, журналист, астроном. В 1949 г., еще до окончания средней школы (1951 г.), Ефрем организовал астрономический кружок, ставший филиалом № 1 широко известного Астрономического кружка при Московском планетарии. В 1954 г. Ефрем Павлович, еще студентом, начал свою педагогическую деятельность в школе № 125 г. Москвы в должности учителя физики и астрономии. В 1960–1970-х гг. он преподавал методику астрономии в Московском городском институте усовершенствования учителей. Почти 50 лет, начиная с 1964 г. и до своего ухода из жизни, Е.П. Левитан бесценно руководил коллективом редакции научно-популярного журнала Президиума РАН “Земля и Вселенная”.



Огромную роль сыграл Ефрем Павлович в развитии любительской астрономии; по его инициативе было организовано преподавание астрономии и в средних профессионально-технических училищах. Он написал оригинальный учебник “Астрономия” (Высшая школа, 1979, 1983, 1988), который в 2003 г. переиздали в виде пособия по самообразованию (“Краткая астрономия”).

На протяжении нескольких десятилетий деятельность Ефрема Павловича была связана с Московским планетарием, где он прошел путь от экскурсовода до ведущего лектора-методиста и члена Ученого совета.

Е.П. Левитан – автор множества научно-популярных книг по астрономии для детей и юношества. Для младших школьников Е.П. Левитан написал 10 книжек по астрономии, вышедших в серии “Астрономия для умненьких детей”, а также книгу-сказку: “Малышам о звездах и планетах”. Из-под его пера вышла трилогия по занимательной астрономии: “Алька в Солнечном королевстве”, “Как Аллька с друзьями планеты считал”, “Странствия Альки и гномов по Млечному Пути”; переиздана в виде сборника “Сказочная Вселенная”, “Путешествия по Вселенной”, “Звездные сказки”. Увидели свет своеобразные детские энциклопедии – “Астрономия от А до Я”, “Космонавтика от А до Я”, “Как открыли Вселенную?”, “Занимательная физика”.

Представляемая книга “Сказочная Вселенная” состоит из трех частей: “Тайны нашего Солнышка”, “Солнышкино королевство”, “Мир, в котором живут звезды”. Она написана простым и доступным для каждого ребенка языком. По сюжету дети, Света и Аллька, вместе с папой и волшебным друзьями – гномами и Лучиком – отправляются в удивительное путешествие, разгадывая тайны космического пространства. В веселой и познавательной форме они узнают о секретах планет и звезд, о физических законах их существования и много интересных историй о развитии науки астрономии. Уверены: после прочтения этой книги можно убедиться в том, что наука – нескудное занятие.

Информация

NASA отправит винтокрылый аппарат на Титан

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США объявило 27 июня 2019 г. о намерении снарядить новую миссию в рамках проекта “Новые рубежи” (“New Frontiers”) под названием “Стрекоза” (“Dragonfly”) – винтокрылый аппарат, который будет летать в небе гигантского (диаметр 5150 км) спутника Сатурна и проводить исследования.

Если все пойдет в соответствии с планами, аппарат “Dragonfly” размером около 3 м будет запущен в космос в 2026 г. и совершит посадку на поверхность Титана в 2034 г. После посадки в течение по крайней мере 2,5 лет он будет исследовать поверхность этого спутника Сатурна и совершит порядка 20 полетов, преодолев в общей сложности расстояние около 180 км. Эта работа позволит ученым изучить рельеф поверхности Титана, на которой обнаружены стабильные озера и моря из углеводородов, находящиеся в жидком состоянии.

Винтокрылый аппарат “Dragonfly” будет оснащен небольшим радиоизотопным источником энергии, подобно тем, что используются на марсоходе “Кьюриосити” (“Curiosity”) и АМС “Новые горизонты” (“New Horizons”), поскольку на таком расстоянии от Солнца солнечные батареи в качестве источника энергии неэффективны. Стоимость миссии, включая запуск, сейчас оценивается в сумму чуть более 1 млрд долларов.

*Пресс-релиз NASA,
7 июля 2019 г.*

Предлагаемый читателю рассказ – некоторая вольность по отношению к рубрике, потому что изложенная в нем история произошла в действительности. Ее автор и в каком-то смысле герой – писатель-фантаст Роман Арбитман, также известный как докт. филол.н. Р.С. Кац, чью книгу “История советской фантастики” (о которой и пойдет речь) можно назвать очень смелой попыткой написать о фантастической литературе фантастическим же методом. Неудивительно, что и результат, о котором говорится ниже, получился в некотором роде фантастическим.

Редакция

РАСПИЛЕННАЯ ЛУНА ДОКТОРА КАЦА

Признание невольного автора одного популярного мифа

Эта история продолжается более четверти века, а началась она в далеком 1992 году, когда знаменитый писатель-фантаст Борис Стругацкий вручил мне присуждаемую им фанта-премию “Бронзовая Улитка” за сборник статей “Живем только дважды” и посоветовал, что я до сих пор занимаюсь статьями и не написал чего-то монументального – например, истории фантастики.

Вернувшись с торжественной церемонии к себе в номер, я упрятал в чемодан многокилограммовую призывную “Улитку” и стал думать над прозвучавшим предложением. И чем больше думал, тем меньше мне хотелось впрягаться в этот воз. Тему я знал довольно хорошо – и именно поэтому браться за нее мне было скучно. Академических штудий я всегда старался, по возможности, избегать, а уж тут без историко-филологического занудства никуда не деться. Как быть? Промучившись до утра, я вдруг понял, что я напишу: да, историю фантастики – но такую, которой в реальности не существовало. Почему бы не вообразить, что победившие большевики сделали ставку не на унылый “соцреализм”, а на научную фантастику, которая не ограничивала себя правдоподобием? Для производственных романов типа “Цемент” или “Гидроцентрали” нужна была хоть какая-нибудь конкретика – в то время, как авторы романов о фантастических путешествиях в космос вообще не нуждались ни в каких, пусть

даже трижды подтасованных статистической, фактах: прикрывайся наукообразием и твори, выдумывай, что хочешь, красивый Мюнхгаузен. Жанр позволяет – ограничений нет и не предвидится.

Сейчас, по прошествии лет, осмелюсь похвастаться: моя “История советской фантастики” стала, кажется, первым в России образчиком “альтернативного литературоведения”. То есть прозу в жанре “альтернативной истории” у нас потихоньку уже начинали писать (в основном, оглядываясь на Америку), а вот стилизовать свой вымысел под ученую монографию с соблюдением всего необходимого декорума – блеклая голубенькая обложка, плохая бумага, верстка без особых изысков, имена научных рецензентов, список литературы, подробный указатель имен – почему-то раньше никто не догадался.

В истории СССР я изменил – первоначально – всего два обстоятельства. О первом я уже сказал выше (научная фантастика заменила “правдивое” историко-конкретное изображение действительности). А поправкой номер два стала центральная тема советской НФ – покорение Луны. Почему именно Луны? Я решил, что главной маниакальной целью партийного руководства, от Ленина до Черненко, в этой “альтернативной истории” станет достижение и освоение самого крупного спутника Земли. Соответственно, вектор развития советской литературы – а заодно всей советской

страны – сместился в сторону, по сравнению с реальным. Ненамного – но! Благодаря произведенным мною изменениям начальных условий, действительность, оставаясь неизменной по сути, существенно трансформировалась в некоторых деталях.

Разумеется, автор, из чресл которого выйдет целая литература, тоже должен быть человеком необычным – не чета мне, простому смертному. Так на горизонте возник семидесятиоднолетний патриарх литературоведения, доктор филологических наук, профессор некоего солидного вуза (москвичам я говорил потом, что вуз саратовский, саратовцам – что доктор преподает в столице). По моему замыслу, ученый должен был стать сыном сразу трех народов – татарского, русского и еврейского. Поэтому у него была краткая фамилия Кац и длинные, очень медленно выговариваемые имя и отчество – Рус-там Свя-то-сла-во-вич. Впрочем, не желая выдавать секрет раньше времени, на обложке книги я предусмотрительно указал только инициалы Каца. Расшифровка ожидала читателя в конце книги, в ее выходных данных.

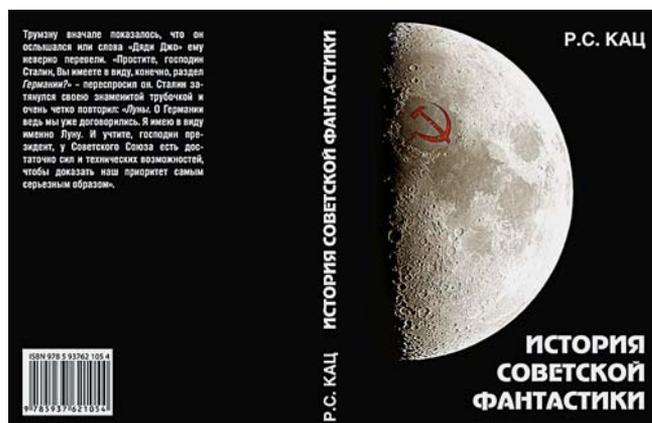
Сегодня, во времена торжества фейков, автора легко заподозрить в намеренной фальсификации прошлого, в попытках внести умственную смуту и снести некрепко сидящие “крыши”. Но в 1993 году, задолго до нынешнего тренда, я не собирался злостно переписывать историю. Сочиняя свой фантастический роман, закамуфлированный под ученый труд, я призвал себе в помощь почтенный жанр литературной мистификации. Подобно тому, как гоголевский герой медленно, день ото дня, погружается в пучину безумия, читатель “монографии” Каца ощущал неладное не сразу. Метаморфозы должны были вползать незаметно, переходить границу короткими перебежками, чтобы с каждой перевернутой страницей читатель все больше мучился сомнениями, дрейфуя от реальности к вымыслу и обратно. И чтобы уже к странице 30-й – в крайнем случае 50-й! – всякий, кто помнил



Иллюстрация к “Границе неба”
Вяч. Курицына – одного из произведений-
“фантомов” книги “История советской
фантастики” Р.С. Каца

школьные уроки истории и литературы, обязан был почувствовать: здесь что-то не так.

Ведь на самом деле Герберт Уэллс не выступал на I Съезде советских писателей. И ввод наших танков в Чехословакию в 1968-м никак не был связан с американской высадкой на Луне (уж не говоря о том, что реальный полет “Аполлона-11” состоялся через год). И поэт Александр Твардовский не писал поэмы “Теркин на Луне”, и в солженицынской “шарашке” из романа “В круге первом” герои не конструировали лунные модули, и у Василия Аксенова в рассказе “На полпути к Луне” речь шла вовсе не о Луне, и носовский Незнайка не пародировал астронавта Нейла Армстронга... И, само собой, настоящий Генеральный секретарь ЦК КПСС Юрий Владимирович Андропов не обсуждал с подлинным Виктором Олеговичем Пелевиным судьбу его повести “Омон Ра”... Ну и так далее: чем



Обложка второго издания
 "Истории советской фантастики" P.C. Каца

далее, тем неправдоподобней. Окончательно все точки над "i" расставлялись в послесловии.

Поясню свой замысел: для меня доктор филологии P.C. Кац был вызовом пресному совковому литературоведению. Кацем я поквитался с филфаком за то, что из всех учебных дисциплин мне в жизни пригодились не более трети – а прочие были бесполезной тратой времени и нервов.

Много лет спустя мне объяснили, что у моего персонажа P.C. Каца есть предшественник – тоже сын нескольких народов одновременно: Остап Сулейман Берта Мария Бендер Бей. Увы, до такой простой мысли я не додумался, а зря. Другое дело, что у героя "Золотого тельца" и у моего создания были несколько разные цели и задачи: один хотел покинуть страну ради Рио-де-Жанейро, а другой – оставаясь на месте, перенести эту страну в иную реальность. Вряд ли они бы поняли друг друга.

До сих пор я не решил для себя, кем является мой Кац – то ли пожилым, но вполне здравомыслящим бузотером, решившим всколыхнуть болото и вызвать огонь на себя, то ли агрессивным сумасшедшим, который искренне верит в свои фантазмы и пытается заразить ими

читателей. ("Самое тут, пожалуй, интересное – совершенная убедительность шизофренической картины, созданной автором", – писал позднее рецензент журнала "Новый мир".) Хотя какая разница? Главное, что этот мой alter ego помог осуществить безумную идею, заслонив меня фиктивным именем, фиктивным званием и почтенным возрастом. Однако, признаться, я не очень глубоко

разработал биографию Каца и в интервью нередко отделялся намеками, так что и поныне неизвестно, есть ли у него семья и дети и где он, собственно, живет? Когда в 2004 году я выпускал второе (оно же третье) издание "Истории советской фантастики" в издательстве Санкт-Петербургского университета, Кац обзавелся питерскими корнями – в соответствии с духом времени. В выходных данных четвертого (оно же пятое) издания тоже значится СПб., поэтому я вновь поселил Рустама Святославовича на берегах Невы...

Судьба книги, выпущенной в Саратове тиражом в одну тысячу экземпляров, сложилась удачно. Известный московский критик-фантаст Всеволод Ревич уговорил меня совершить немислимое: выпустить сокращенный журнальный вариант книги ПОСЛЕ полного. Ревич подготовил сокращенный вариант произведения Каца для трех номеров научно-популярного журнала "Знание – сила", умножив число потенциальных читателей в четырнадцать раз. Рецензии были, в основном, положительными и вдумчиво-аналитичными.

Например, один из критиков, обозревая книгу Каца, пронизательно замечал, что «главный объект исследования автора – случайность всей нашей истории, ее зависимость от сущих мелочей. Признали партия и правительство Луну главным из небесных тел для победившего

пролетариата – и научная фантастика прочно заняла место “соцреализма” в сознании населения целой страны. Почти те же авторы, что и в нашей реальности, писали почти те же произведения – но место горячих мартиенов заняли ракетные двигатели, а место ГУЛАГа – лунная исправительная колония для “врагов народа”. Литература, сохраняя неизменное внутреннее содержание, легко мимикрирует, перекрашивается под давлением идеологии – то же происходит и в других областях жизни общества. И тут, товарищи, сложно не согласиться с автором, показал он процесс мимикрии чрезвычайно убедительно».

Приведу еще несколько критических отзывов – я цитирую их навскидку, с чувством приятной неловкости: “труд д-ра Каца не знает ни равных, ни конгениальных” (журнал “Столица”), “достоинства книги доктора Каца численным замерам не поддаются, ибо эта книга – гениальна” (газета “Сегодня”), “перед нами – роман-монография, фантастический роман о фантастике. Здесь форма превращается в содержание, давая исследователю возможность говорить о судьбе жанра на его языке” (“Независимая газета”), и т.д. Понимаю, что в некоторых похвалах – в том числе и процитированных – сквозила ирония (порой даже нескрываемая), но странно, если бы ее не было вовсе: жанр “Истории...” требовал адекватного отклика и провоцировал авторов рецензий включаться в игру. Скажем, тогдашний главный редактор литературного журнала “Волга” Сергей Боровиков откликнулся на выход книги текстом, написанным от имени рецензента-фантома Соломона Худайбердыева, а Сергей Некрасов в “Независимой газете”, обозревая предыдущие отзывы на книгу Каца, сам большинство из них придумал...

На следующий год после выхода в свет книга получила три жанровых премии: от любителей НФ (“Интерпресскон”), от коллег-фантастов (“Странник”), а также от Бориса Стругацкого (еще одна “Бронзовая Улитка”). Борис Натанович

в интервью “Книжному обозрению” назвал книгу Каца “глубокой и многомерной притчей” и не стал сердиться на меня за то, что я своеобразно воспользовался его советом. Зато, как ни прискорбно, на меня вдруг обиделся милейший Кир Булычев: нашлись добрые люди, которые поспешили объяснить автору “Приключений Алисы” и др., что Арбитман – Кац в книге сознательно намекает на проблемы со здоровьем у фантаста; дескать, для того и был придуман прозаик и драматург Константин Булычев, чтобы затем отправить его в эмиграцию и похоронить на парижском кладбище Сент-Женевьев-де-Буа. Сколько я ни пытался объяснить, что описывая жизнь персонажа (главными прототипами которого, замечу в скобках, были Константин Симонов и Виктор Некрасов), я не допускал намеков на плохое самочувствие Игоря Всеволодовича (клянусь, я о нем вообще не знал!), разубедить знаменитого фантаста и видного историка мне не удалось. Таким образом, фальшивый доктор филологии Р.С. Кац навсегда поссорил меня с реальным доктором исторических наук И.В. Можейко; это явное недоразумение меня печалит вот уже больше четверти века...

Вымышленная история о том, как большевики превратили фантастику в “литературу № 1”, а наши фантасты взялись за тему покорения Луны, подтолкнула к неожиданным литературоведческим выводам и отечественных и зарубежных исследователей. Например, политолог из Екатеринбурга Леонид Фишман посвятил Кацу целую главу в книге “Фантастика и гражданское общество” (2002), где интересно рассуждал о “лунном цикле” в советской фантастике, приняв мой роман за подлинную монографию. А не так давно мне в руки попала статья из солидного журнала “Foundation (International Review of Science Fiction)”, вышедшего в Ливерпуле. Британский исследователь фантастики Доминик Уильям Эслер писал о том, что поскольку советский альманах фантастики “Селена” начал издаваться еще в 1921 году, то приоритет

журнала фантастики “Amazing Stories”, который был запущен американцем Хьюго Гернсбеком только в 1926 году, теперь под вопросом. Тут бы порадоваться нашей победе над США, если бы не знать, что альманах “Селена” – это моя (ну, то есть Каца) чистая выдумка, и ничего подобного в советской реальности 20-х годов XX века, увы, не существовало.

Просчеты екатеринбургского политолога, ливерпульского фантастовед и ему подобных я еще мог растолковать, объяснив авторам истинное положение дел, но в орбиту безудержной фантазии доктора Р.С. Каца, как выяснилось, попали и другие люди – те, о ком я до некоторых пор и понятия не имел. Завеса тайны приоткрылась в 2011 году, когда я, случайно ознакомившись с книгой “Секретная цивилизация Луны” (М., “ЭКСМО”) И. Осовина и С. Почечуева, заглянул в интернет и набрал в поисковике несколько ключевых слов. То, что появилось в Яндексе и в Гугле, мне очень не понравилось...

Здесь следует сделать паузу и, прежде чем продолжить рассказ, привести цитату из книги “История советской фантастики”. “Под занавес встречи Сталин, беседуя с Трумэнном (разговор двух лидеров происходит на Потсдамской конференции 1945 года. – Р. А.), в свойственной ему лаконичной манере предложил обсудить все проблемы, связанные с разделом Луны между державами-победительницами и, может быть, подписать еще одно четырехстороннее соглашение “с учетом несомненного приоритета СССР в этой сфере и с правом решающего голоса у его руководителя”. Американский историк и политолог Роберт Майлин, бывший в ту пору переводчиком Трумэна, много позднее в своей книге “Перед Хиросимой был Потсдам” (1966) так описывал и комментировал этот в высшей степени странный разговор: «Трумэну вначале показалось, что он ослышался или слова “Дяди Джо” ему неверно перевели».

“Простите, господин Сталин, Вы имеете в виду, конечно, раздел Германии?” – переспросил он. Сталин затянулся своею

знаменитой трубочкой и очень четко повторил: “Луны. О Германии ведь мы уже договорились. Я имею в виду именно Луну. И учтите, господин президент, у Советского Союза есть достаточно сил и технических возможностей, чтобы доказать наш приоритет самым серьезным образом”.

Вот такой невероятный диалог я и приводил в своей книге. В рамках фантастического романа – вполне нормальная цитата: раз уж тема Луны, по Кацу, в СССР стала главной и для писателей, и для вождей, то желание Иосифа Виссарионовича поскорее поделить спутник Земли выглядит вполне естественным. Но это, повторяю, в фантастическом романе, где и переводчик Трумэна Роберт Майлин, и его книга “Hirosima Followed Potsdam” (New York, 1966) – суть фантомы. Однако именно это обстоятельство учли не все.

Второе фактическое издание книги Р.С. Каца, как я уже писал, появилось в 2004 году, и в этом же году на телеэкраны страны вышел документальный фильм “Луна – иная реальность” (режиссер Алексей Горовацкий, сценарист Виталий Правдивцев, генпродюсеры Ирена Лесневская и Дмитрий Лесневский, телекомпания REN-TV). Его-то я и нашел в интернете. Сначала в названном фильме шли кадры реальной хроники Потсдамской конференции с закадровым текстом о предложении генералиссимуса Сталина разделить Луну, а затем в кадре появлялся “исследователь лунных феноменов” Сергей Цебаковский и глубокомысленно преподносил зрителям ту самую злополучную цитату из книги “историка Роберта Майлина”...

Ошарашенный неожиданным открытием, я поспешно произвел новые изыскания в интернете и быстро обнаружил еще два документальных фильма – про то же самое. Один назывался “Луна – секретная зона” и был снят Виталием Правдивцевым, выступившим тут уже в роли режиссера, для телеканала “Россия” в 2007 году (тогда же и показан). Второй фильм – под названием “Пришельцы. Захват Луны” – был изготовлен в 2010 году

(режиссер Евгений Шахматов) телекомпанией ЗАО “Дарьял” для ДТВ. Зачин всех трех фильмов был одинаков: на фоне выцветших хроникальных кадров рассказывалось о проекте Иосифа Виссарионовича – еще в 1945 году поделить Луну между великими державами и про переводчика Р. Майлина, который эту судьбоносную идею запечатлел в мемуарах.

Это была уже форменная жуть. Я почувствовал себя кем-то вроде чеховского придурка, который без задней мысли отвинтил пару гаек с железнодорожного полотна. А поезд сошел с рельсов...Если бы дело ограничивалось только телефильмами! Во всемирной паутине я с некоторым даже мистическим трепетом обнаружил ссылки на десятки, если не сотни, публикаций, сетевых и бумажных, – от петербургского таблоида “НЛО” до солидной газеты “Подмосковье”, учрежденной правительством Московской области и Московской областной думой. Ту же тему разнообразные сталинолюбые обсуждали на интернет-форумах от Владивостока до Тамбова и Белой Калитвы.

Среди ресурсов, вовлеченных в лунный круговорот, оказалось, разумеется, немало экзотических, вроде Ведического Информационного Агентства, но и были более-менее нормальные сетевые медиа вроде InoSMI. Два-три человека осторожно сомневались (мол, в материалах Потсдамской конференции ничего такого не нашлось), но прочие высмеивали маловеров: дескать, не нашлось потому, что было засекречено, а теперь рассекречено и доступно.

В качестве примера приведу несколько цитат с разных интернет-форумов.

“Россия всегда обладала скрытыми и неожиданно проявляющими себя талантами. А Сталин был жестоким, но очень хозяйственным руководителем, никогда не раскрывавшим в своих сложных политических играх всех козырных карт...”.

“Если Сталин на встрече ведущих мировых политиков сказал, что имеет силы и технические возможности отстаивать интересы своей страны на Луне, то можно

быть уверенным на 100% – они у него были...”.

“Вот когда, оказывается, на самом деле началась лунная гонка. И, обладая Хрущев прозорливостью своего предшественника, в 2009 году праздновали бы, наверное, 40-летие высадки на Луну советских космонавтов, а не американских астронавтов...”.

Подобные цитаты можно множить. Километры комментариев – и везде граждане, “озабоченные великим вождем”, мусолили эту лунно-потсдамскую тему, обсуждая гениальную прозорливость усатого генсека и тупость его преемников, которые, вместо того чтобы приумножить лунные достижения сталинской эпохи, без боя уступили их проклятым янки.

Раскрываем, например, толстый том С. Славина “Тайны военной космонавтики” (М.: “Вече”, 2005, серия “Военный парад истории”) и находим целую главу “Луна для товарища Сталина”, где подробнейшим образом излагаются сюжеты из фантастической “Истории” Каца как абсолютно достоверные.

Почти никто не пожелал задуматься, сложить два и два, сопоставить источники, хотя бы “прогуглить” цитату – тогда бы наверняка всплыла и книжка Р.С. Каца, и рецензии на нее, объясняющие жанр произведения. В фантастической “Истории...” речь, напомню, шла о государственной мегаломании, доходящей до абсурда, но поклонники генералиссимуса увидели свое, родное. С жадностью стивенкингговских лангольеров, пожирающих вчерашний день, эти люди заглотнули выдумку: она попала в сегодняшний тренд ползучего реабилитанса Сталина.

Стыд и ужас. Ужаснувшись и отчасти даже устыдившись, я написал обо всех подробностях своей давней мистификации большую статью, которая благополучно вышла в “Московских новостях” в сентябре того же 2011 года. Для верности я дал пару интервью, где сослался на публикацию в “МН”, а затем по просьбе редакций газеты “Первое сентября” и израильского еженедельника “Окна” еще раз вкратце

Левую — нам, правую — им... — «судя по книге «Перед Хиросимой был Потсдам» историка Р. Майлина <...> на Потсдамской конференции стран-победителей в войне (1945)... Сталин предлагал «обсудить... проблему раздела территорий на Луне».

*Цитата из книги
Владимира Высоцкого
"Песни. Стихи. Проза".
М.: Эксмо, 2013*

повторил ту историю специально для читателей этих изданий. После чего я решил, что все разъяснилось, все точки над *i* благополучно расставлены и можно заняться повседневными делами.

Через год, осенью 2012-го, я снова любопытства ради набрал в поисковой системе "Сталин, раздел Луны", чтобы узнать, затихло ли за минувшее время взбаламученное доктором Кацем море. За этот год в мире многое изменилось. Ушли из жизни знаменитые фантасты Рэй Брэдбери и Гарри Гаррисон, а также Нейл Армстронг — первый человек, вступивший на Луну (настоящую, кстати, Луну, а не выдуманную доктором Кацем). Но одно не поменялось: Сталин по-прежнему делил спутник Земли! На форумах возникли еще сотни три взволнованных и восторженных комментариев. К прежним публикациям добавились десятка полтора новых.

Тележурналист Игорь Прокопенко, например, в издательстве "Эксмо" выпустил увесистую книгу "Пришельцы государственной важности". "В этой книге нет ни строчки слухов и домыслов", — торжественно сообщалось в аннотации. — "Каждый приведенный факт, сколь бы он ни казался фантастическим, подтвержден документами или участниками событий". Прокопенко, представьте, отыскал свидетельницу придуманного Кацем разговора о Луне между американским президентом и советским вождем! Цитирую: "Знаменитая советская разведчица Зоя Васильевна Зарубина, с которой я много лет дружил, однажды рассказала мне любопытную историю. Зоя Васильевна работала переводчицей на Ялтинской, Тегеранской и Потсдамской конференциях, а потому была свидетельницей событий, которые и по сей день вызывают вопросы и споры. Одним из таких событий и было

странное заявление Сталина в августе 1945 года на Потсдамской конференции. Оно повергло руководителей победивших стран в состояние шока. Ибо, по словам Зои Васильевны, Сталин неожиданно предложил Трумэну и Черчиллю обсудить проблему раздела Луны. И не просто обсудить, а подписать соглашение с учетом несомненного приоритета СССР в этой сфере...". Дальше там шла все та же цитата из Каца — только вместо сомнительного американца Р. Майлина появилась наша, проверенная патриотка Зоя Васильевна.

Замечу, что автор "Пришельцев государственной важности" одной книгой не ограничился. На канале Рен-ТВ появилась передача из цикла "Военные тайны с Игорем Прокопенко", где кандидат технических наук Сухинов, ссылаясь на американские мемуары и собственные изыскания (!), вновь информировал зрителей о судьбоносной беседе Сталина с Трумэном, а заодно и о таинственном объекте "Киев-17", где уже строился космодром (эта фантазмагория, само собой, тоже была позаимствована из книжки Каца). Появился еще один научно-популярный фильм про спутник Земли — "Лунная гонка" (режиссер Евгений Пешков), где другой кандидат технических наук, некто Заднепровский, с вальяжным видом пересказывая мои ненаучно-фантастические измышления, делал вывод: "Сталин умел заглянуть в такое далекое будущее, в которое ни американцы, ни англичане не заглядывали".

Ну и — вишенка на торте. Солидный однотомика Владимира Высоцкого с подробными комментариями. В одном из них (к посвященной Китаю шуточной песне, где мимоходом говорилось и о Луне) я вновь нашел упоминание о разделе спутника Земли и о мемуарах

мифического переводчика президента Трумэна...

Вы когда-нибудь пробовали остановить асфальтовый каток, который катится под гору? Вот и с мифами то же самое: они вырываются из рук их создателей и начинают утешить мозги. Нет, конечно, мое первое покаянное выступление в “МН” не прошло совсем бесследно. Статью прочли. Ее интернет-версию разместили на нескольких сайтах, ссылка на нее появилось в паре десятков блогов, а кое-где не ограничились ссылками и пересказали ее сюжет своими словами. Человек пятнадцать оставили одобрительные комментарии к статье и ее перепечаткам, и еще человек десять на форумах порадовались тому, что истина восторжествовала в конце концов. Еще человек пять – самых продвинутых – сообщили, что они знали правду, потому что в свое время прочли оригинал, то есть книгу Р.С. Каца.

И – больше никакой реакции. Впрочем, стоп. Попалась мне еще публикация в сетевой версии журнала “Афиша”, где известный литературный критик Лев Данилкин (он же – новейший биограф Юрия Гагарина и Владимира Ленина) писал о том, что я, по сути, был неким медиатором генералиссимуса и, сам того не подозревая, являлся проводником его замысла: “Арбитман просто почувствовал его существование – как астрономы открывают небесные тела вслепую, не имея возможности разглядеть их, вычисляя по мельчайшим отклонениям в траектории движения, которые обнаруживают у других тел”. Вывод: “В конце концов, если людям нужен этот самый “лунный Сталин” – и если выдуманная история теоретически так хорошо укладывается в эту концепцию – то почему нет? Сталин помалкивал про Луну, но он МОГ сказать это; он и сказал – у Арбитмана – Каца, по крайней мере”.

Вот тогда-то меня охватила тоска – и не только потому, что я был назван эдаким медиумом, чьей рукой водил сталинский дух. Всю жизнь я занимался

фантастикой – и как автор, и как критик, – но теперь вдруг понял, наконец, что перспективы этого жанра у нас в стране могут и схлопнуться. Не потому, что фантасты вдруг стали хуже писать. А потому, что изменилась жизнь, окружающая фантастов. Нечто по-настоящему невероятное сегодня измыслить практически невозможно: реальность все равно окажется фантастичней – в смысле, безумней. И оттого, конечно, печальней...

Чтобы не завершать эту лунно-кацевскую историю в совсем уж минорной тональности, расскажу еще о двух событиях, которые были способны если не утешить, то по крайней мере добавить немного оптимизма. Первое – благодаря Кацу я подружился с Институтом космических исследований РАН – в лице его директора академика Льва Зелёного. Произошло это так: я обнаружил в “Российской газете” среди ответов на анкету о любимых книгах и ответ академика Зелёного. На первых позициях там были, насколько я помню, Лев Толстой, Булгаков, Маркес, а на последней, десятой, вообразите, доктор Кац со своей “Историей советской фантастики”. Я попросил давнего друга нашей семьи, маминого однокурсника академика Льва Петровича Питаевского, поскорее познакомить меня с Зелёным.



Японское издание
“Истории советской фантастики” Р.С. Каца.
Токио: изд-во “Республика”, 2017



Рецензия в газете "Асахи"

И, когда знакомство состоялось, первым делом спросил, каким образом академик узнал о книжке Каца? Лев Матвеевич ответил: «Включаю телевизор, и там на канале "Рен-ТВ" несут какой-то бред о разделе Луны между Сталиным и Трумэнном. Я полез в интернет, чтобы выяснить истоки этого мифа, – и обнаружил Вашу статью с рассказом об "Истории советской фантастики" доктора Каца...».

Само собой, я загорелся идеей провести презентацию книги именно в стенах Института космических исследований и с этой целью подготовил новое, самое иллюстрированное, издание книги. Презентацию я благополучно провел при полном аншлаге, а выпуск нового издания поспособствовал еще одному событию: книга Каца попала в руки японскому слависту, специалисту по фантастике по имени Хироаки Умэмура. Господин Умэмура тоже "купился", приняв Каца всерьез. Но проявил дотошность, полез в интернет и догадался, что к чему. После этого у него и возникла идея перевести "Историю советской фантастики" на японский язык. Господин Умэмура

написал мне и рассказал о своем замысле. Я, разумеется, его поддержал.

Работа над японской версией "Истории советской фантастики" заняла у переводчика около двух лет: он не только готовил перевод текста Каца, но и изучал все те книги, которые были упомянуты по ходу повествования – ведь большинство их действительно существовали. Я же, в свою очередь, комментировал те строки, которые могли быть непонятны японским читателям. Получилось очень изящное издание, стильно оформленное, в суперобложке. Позже стали появляться первые отклики на Каца – например, в токийском еженедельнике "Сюкан Синчо", выходящем полумиллионным тиражом. В финале госпожа Юми Тойосаки писала: «...эта книга является мистификацией. Автора по имени Рустам Кац не существует, и литературная группа "Красные Селениты" никогда не была организована. Но, если вы не являетесь экспертом по русской литературе, вы поверите. Так тщательно выписаны правдоподобные детали...». Позже рецензия появилась и в крупнейшей японской газете "Асахи", выходящей шестимиллионным тиражом. Мы заранее решили, что в конце книги господин Умэмура поместит отдельное послесловие, в котором очень внятно объяснит читателям жанр книги. Таким образом, читатели и литературные критики в Стране Восходящего Солнца поняли, что книга – мистификация. Надеюсь, что хотя бы в Японии миф о Сталине, желавшем поделить Луну, не укоренится...

Ну, и последнее. В 2017 году книга доктора Каца попала в шорт-лист главной японской премии по фантастике "Сэйун" (то есть "Туманность"). Рустам Святославович оказался в компании современных классиков жанра – Кристофера Приста, Джека Вэнса, Джин Вулф, Кима Стенли Робинсона... Никто из нас, кстати, премию в итоге не получил. Но это уже другая история...

Роман Арбитман

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал "Земля и Вселенная"
на II полугодие 2019 г.
вы можете с любого номера по Объединенному каталогу "Пресса России"
во всех отделениях связи.

Подписаться можно и по интернету, воспользовавшись каталогом журналов
на сайте "Почта России"
Подписной индекс – 70336

Реклама

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

Индекс 70336

Земля и Вселенная, 4/2019

Заведующая редакцией *Л.В. Рябцева*

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

Номер подготовили: *В.И. Ананьева, О.В. Закутняя*

Оператор ПК *Н.Н. Токарева*

Корректоры *А.Ю. Обод, В.П. Терехов*

Верстка макета *Н.В. Мелкова*

Просим обращаться

по вопросам публикации материалов:

(495)276-77-35 (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.

Все иллюстрации в статьях предоставлены авторами.

Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели

12+

Сдано в набор 23.07.2019 г. Подписано к печати 23.08.2019 г.
Дата выхода в свет 29.08.2019 г. Формат 70 × 100^{1/16}
Цифровая печать Усл.печ.л. 9.75 Уч.-изд.л. 10.0 Бум.л. 3.75
Тираж 1000 экз. Зак. 31 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. Спасоглинишевский пер., 8, стр. 4

E-mail: bukinist@naukaran.com

Справки по телефону:

8 (495) 624-7219





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

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.

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.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 417

Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

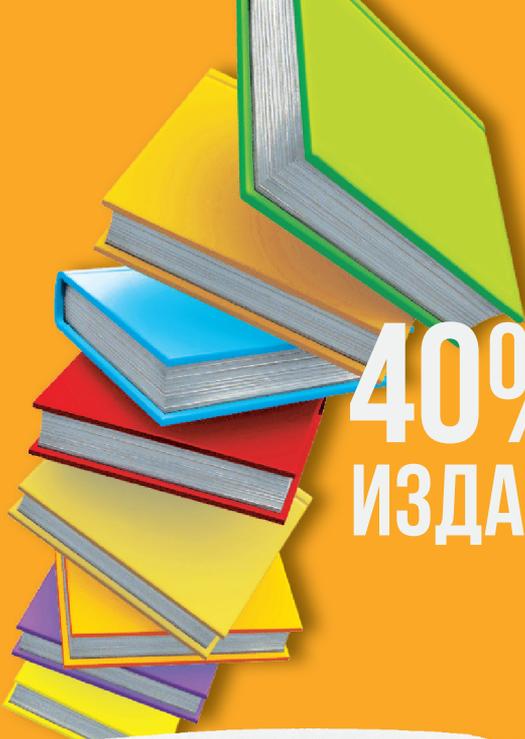
ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу в сети
магазинов "Академкнига" по следующим ценам:

«Земля и Вселенная» – 220 руб.

«Природа» – 270 руб.

«Энергия: экономика, техника, экология» – 270 руб.



40% НА КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

акция распространяется
в сети магазинов «Академкнига»
и в интернет-магазине naukabooks.ru

BOOK SALE

ЕЩЁ БОЛЬШЕ КНИГ И БОЛЬШЕ СКИДОК

Реклама

акция распространяется
в интернет-магазине naukabooks.ru

