



На этой фотографии с расширенной палитрой цветов, снятой зондом «Новые горизонты» в 2015 г., Плутон демонстрирует огромное разнообразие теней и особенностей рельефа своей поверхности



ПЛАНЕТОЛОГИЯ

++++
++++
++++
++++

КОСМИЧЕСКИЙ ЗОНД NASA
«НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ» ИЗМЕНИЛ
НАШИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
ОБО ВСЕМ, ЧТО, КАК НАМ
КАЗАЛОСЬ, МЫ ЗНАЛИ ОБ ЭТОЙ
ДАЛЕКОЙ ПЛАНЕТЕ

++++
++++
++++
++++

ПЛУТОН РАСКРЫВАЕТ СЕКРЕТЫ

Алан Штерн

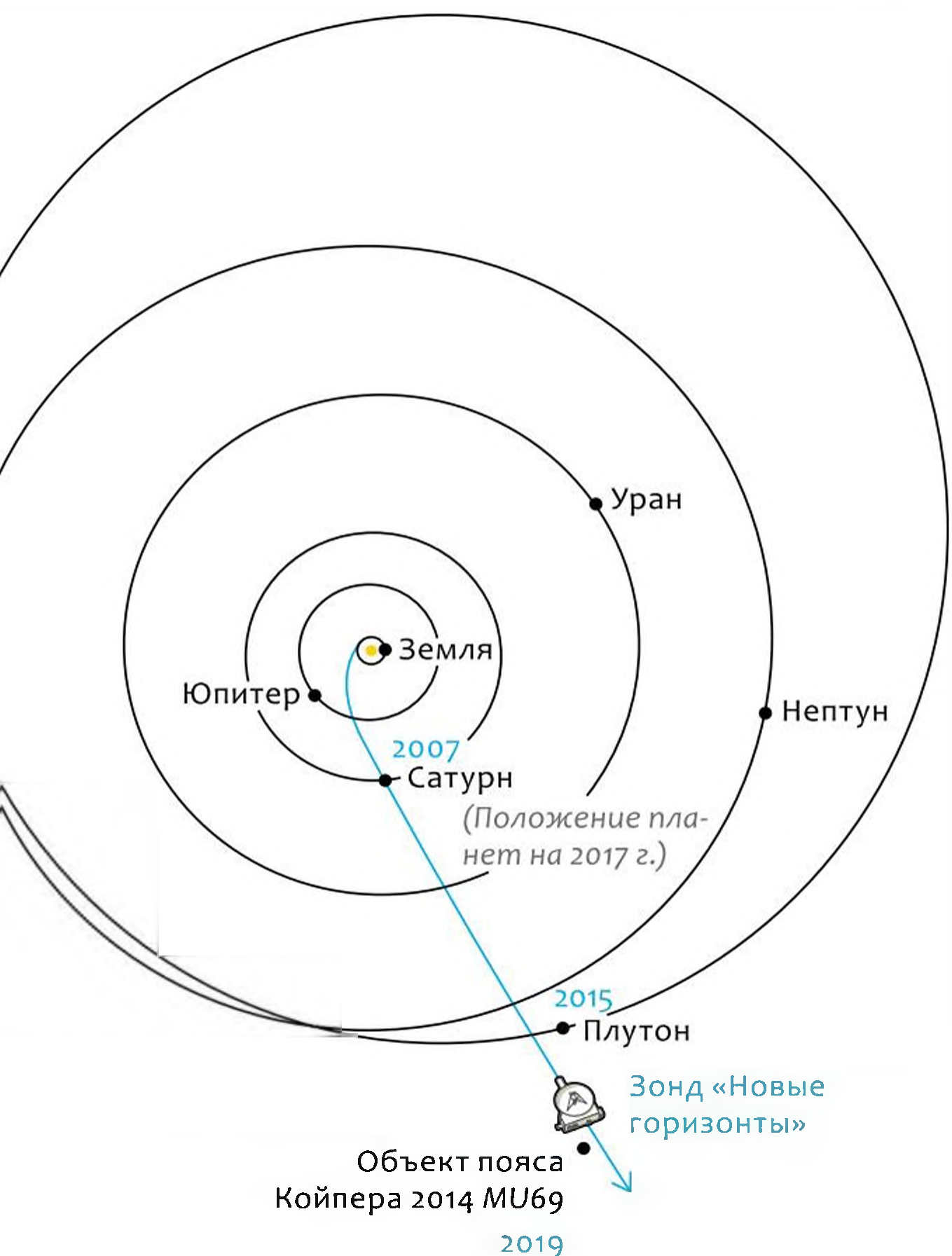
++++
++++
++++
++++

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- После длительных и полных проблем попыток привести проект в движение, космический зонд NASA «Новые горизонты» (*New Horizons*) был запущен в 2006 г., чтобы исследовать систему Плутона с близкого расстояния.
- Во время сближения с планетой летом 2016 г. зонд обнаружил, что Плутон и его спутники гораздо сложнее и активнее, чем ожидалось.
- Вместо статичного и ничем не примечательного небесного тела Плутон явил нам вздымающиеся горы, обширные ледяные поля и неожиданно плотную атмосферу.
- Даже на его спутниках зонд обнаружил потрясающие особенности, такие как красная полярная шапка и каньоны. Ученые продолжают анализировать данные, переданные зондом, и надеются уже вскоре представить новые открытия.

ОБ АВТОРЕ

Алан Штерн (Alan Stern) — ученый-планетолог и помощник вице-президента отделения космических исследований и техники Юго-Западного научно-исследовательского института. Он научный руководитель экспедиции «Новые горизонты», а в недавнем прошлом — директор Управления научных межпланетных экспедиций NASA.



++++
++++
++++
++++

Около девяти часов вечера 14 июля 2015 г. я вместе с прежним главой NASA Чарлзом Болденом (Charles Bolden) и другими коллегами стоял в нашем Центре управления полетом Лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса в Мэриленде. Оставалось меньше минуты до того времени, когда мы должны были получить первый сигнал от космического зонда «Новые горизонты» с расстояния около 5 млрд км от Земли после дерзкого пролета вблизи Плутона и его системы из пяти спутников.

++++
++++
++++
++++

Этот сигнал, несущийся со скоростью света к гигантским антеннам NASA на Земле, должен был рассказать нам, успешным ли был пролет. Сообщит ли он нам, что наша экспедиция пошла наперекосяк? Или же что прошла успешно? А может быть, мы так ничего и не услышим? Любой исход был возможен.

Вместе с нами там находились также почти 2 тыс. приглашенных гостей, ожидавших услышать новости. Так же как и бесчисленное множество других людей во всем мире, вглядывающихся в экраны телевизоров или присоединившихся к нам в интернете. Потребовалось более 26 лет, чтобы этот момент настал: 14 лет, чтобы «продать» проект, еще четыре года — чтобы построить и запустить космический аппарат, и затем более девяти лет, чтобы он пролетел через Солнечную систему. Для меня как руководителя проекта, а также для группы управления полетом и группы научных исследований результат всей нашей работы зависел от того, что мы вскоре узнаем из приходящих к нам сигналов.

И вот наконец связь установлена. Несколько секунд спустя огромные компьютерные мониторы

Центра управления полетом начали преобразовывать поступающую информацию в сообщения о состоянии космического аппарата. Один за другим наши инженеры, управляющие полетом, произвели оценку своих данных и представили отчеты. Они подтвердили работоспособность всех систем. Зонд «Новые горизонты» успешно пережил свой исторический перелет и находился в отличном рабочем состоянии. Зал управления взорвался радостными возгласами, руки с флажками взвились вверх в приветствии, и все, кто здесь находился, начали радостно обниматься. Наши почти тридцатилетние усилия по изучению самой удаленной из исследованных когда-либо планет — Эвереста межпланетных исследований — завершились успешно!

К утру следующего дня зонд уже передал на Землю первые изображения с высоким разрешением, открывшие потрясающе сложный мир Плутона. В течение последующих дней и месяцев данные с космического зонда продолжили поступать, и они все шли и шли до конца 2016 г. В общей сложности зонд «Новые горизонты» выполнил более 400 отдельных наблюдений с помощью семи научных приборов — улов, который принес данных

почти в 5 тыс. раз больше, чем в ходе первой экспедиции на Марс передал космический зонд NASA «Маринер-4».

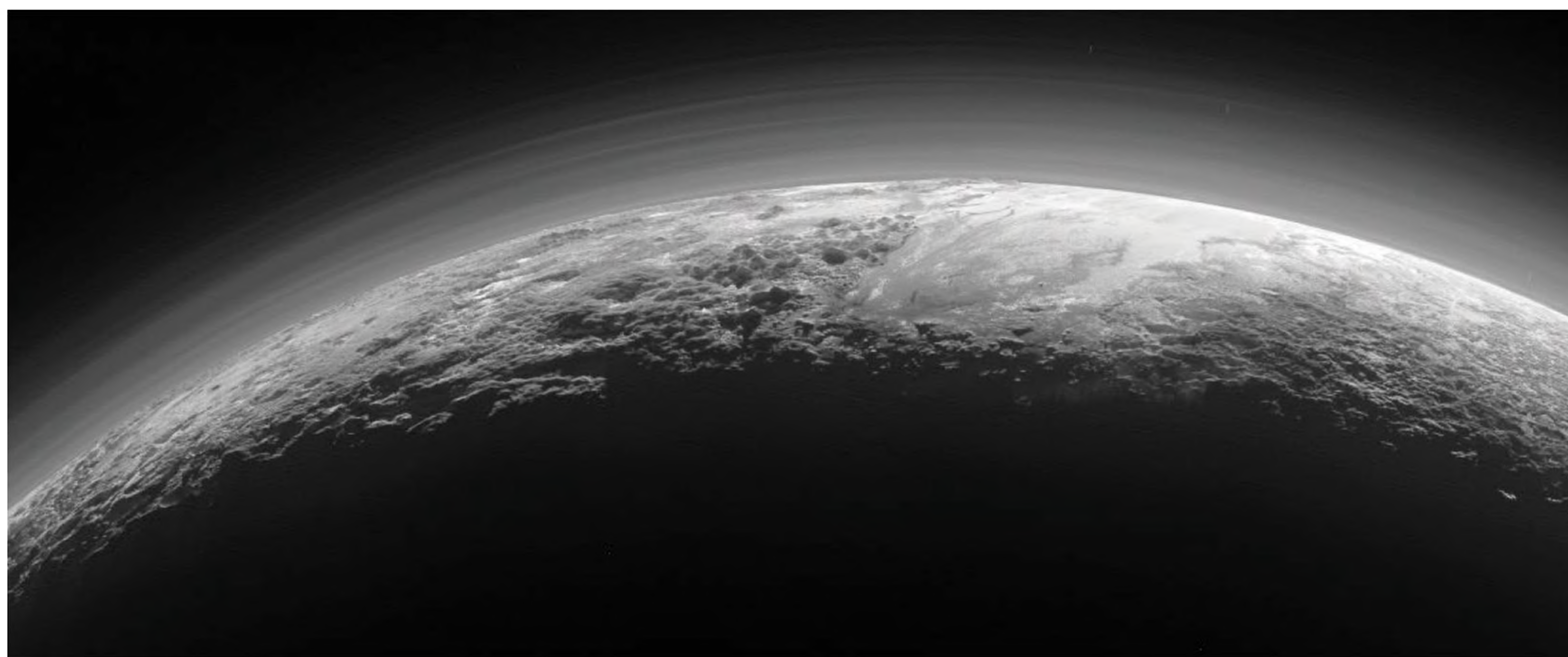
Эти бесценные данные произвели революцию в наших знаниях о системе Плутона и перевернули общепринятые представления о том, насколько сложными и активными могут быть маленькие планеты. И буквально вирусная реакция на нашу межпланетную экспедицию — включая более 2 млрд просмотров страниц на сайте, посвященном экспедиции, почти 500 публикаций в течение недели об этом событии на первых полосах газет, не считая десятков статей в журналах, а также специальный логотип поисковика *Google* и многое другое, — стала для нас приятным сюрпризом.

Оглядываясь назад, легко увидеть, насколько ценным было исследование Плутона как для науки, так и для восприятия межпланетных исследований общественностью. Но, по правде говоря, судьба экспедиции в самом ее начале буквально висела на волоске.

Космическая одиссея 2001 года

Впервые NASA выразило твердое намерение послать экспедицию к Плутону в 1999 г., когда предложило научным группам со всей страны высказать свои предложения по составу научных приборов для своей экспедиции *Pluto Kuiper Express* («Экспресс к Плутону и в пояс Койпера»). Я возглавлял группу, которая представила предложения по основной фотокамере и набору спектрометров, но к сентябрю 2000 г. оценочная стоимость экспедиции выросла до такой суммы, что, даже не сделав окончательный выбор научного оборудования для нее, агентство экспедицию отменило.

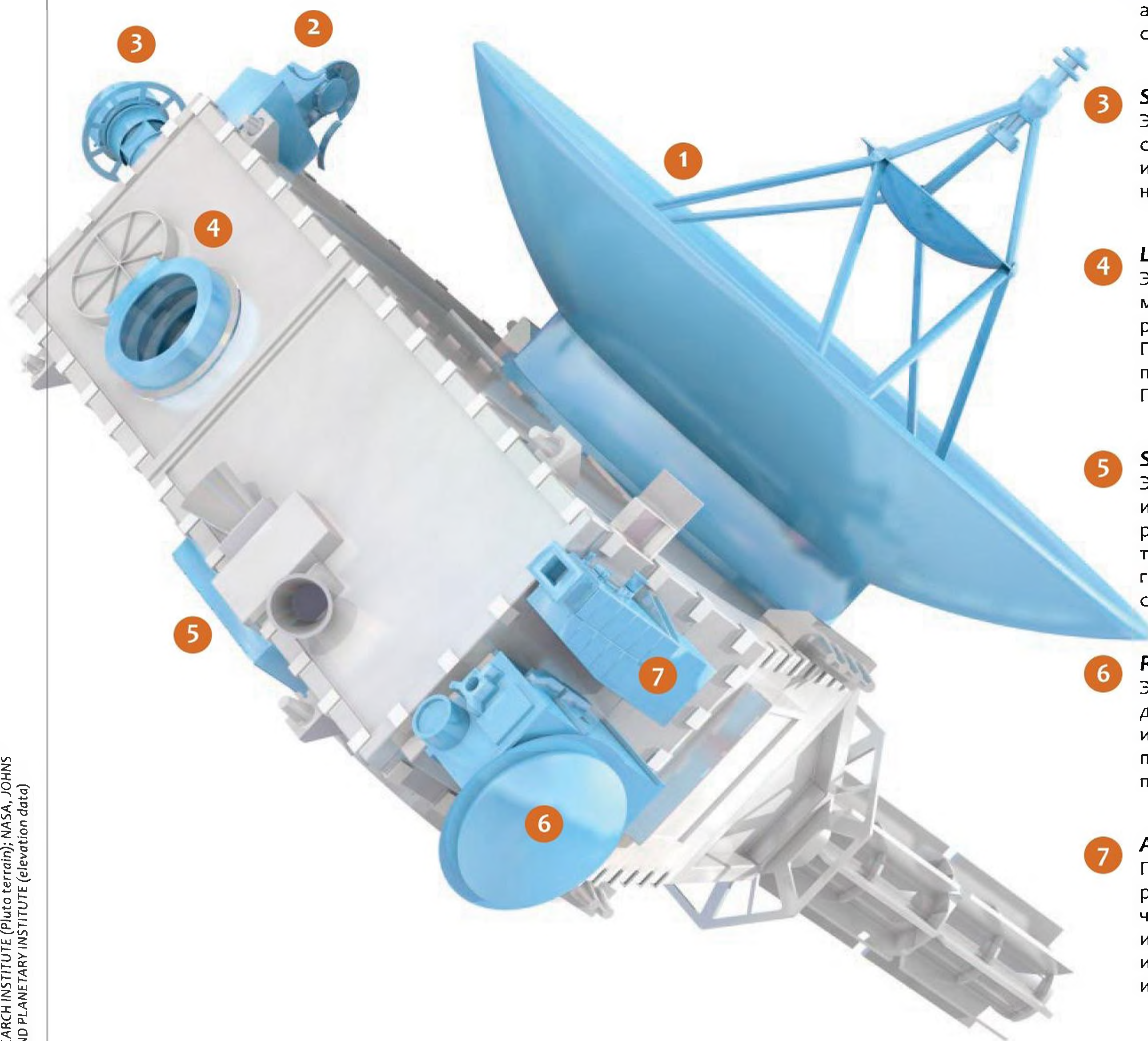
Сообщество ученых, занимающихся изучением планет, сразу же перешло к активным действиям, решительно осудив отмену проекта и потребовав от NASA пересмотреть свое решение. Несогласие с этим решением выразила и широкая общественность, засыпав агентство телефонными звонками и отправив более 10 тыс. писем с протестом. А один из подростков даже совершил автопробег по всей стране с персональным призывом к NASA воскресить исследования девятой планеты. (Несмотря на сложившиеся неверные представления, я и большинство других ученых-планетологов из числа тех, которых я знаю, считаем Плутон планетой и не используем в докладах или научных статьях определение планеты, данное Международным астрономическим союзом, которое исключило Плутон из списка планет.) Наконец в декабре 2000 г. NASA объявило, что проведет конкурс для проработки концепции новой экспедиции с целью пролета вблизи Плутона. Эти предложения по-прежнему должны были удовлетворять задачам, сформулированным в отношении экспедиции *Pluto Kuiper Express*, и, согласно плану, зонд должен был достичь Плутона к 2020 г., но при этом стоимость нового проекта не должна была превысить примерно половину стоимости проекта *Pluto Kuiper Express*. В конечном итоге NASA получило от различных научных групп список предложений толщиной в пять телефонных справочников, каждое из которых предлагало подробный план для такой экспедиции. Я возглавлял одну из таких групп. Мы назвали свою экспедицию «Новые горизонты» (*New Horizons*), потому что мы предлагали то, что стало бы первым исследованием новой планеты со времени экспедиций «Вояджер» в 1970-х гг.



На этой фотографии, полученной с зонда «Новые горизонты», заметна атмосферная дымка, нависающая над Плутоном. Горы высотой до 5 км видны слева, а ледники разрезают поверхность справа. Вверху — ровное пространство покрытой твердым азотом Равнины Спутника.

Вглядываясь в новые горизонты

Зонд «Новые горизонты» несет на себе семь научных приборов, чтобы собрать как можно больше информации о Плуtone и его пяти спутниках во время своего короткого пролета сквозь эту систему. Набор инструментов дал ему возможность сделать цветные и черно-белые фотографии, измерить температуру и спектры, а также зарегистрировать космическую пыль и плазму, которые встретились на его пути.



- 1 REX**
Радиометрический эксперимент использует систему радиосвязи космического зонда для измерения температуры и давления атмосферы Плутона.
- 2 PEPSSI**
Этот спектрометр заряженных частиц анализирует плотность и ионный состав плазмы в атмосфере Плутона.
- 3 SWAP**
Этот инструмент измеряет, как быстро Плутон теряет свою атмосферу, и изучает ее взаимодействие с солнечным ветром.
- 4 LORRI**
Эта фотокамера с телеобъективом может делать фотографии с высоким разрешением с большого расстояния. Полученные с ее помощью данные помогли ученым картографировать Плутон и изучить геологию планеты.
- 5 SCD**
Этот инструмент, построенный и управляемый студентами, анализирует частицы космической пыли, которые сталкиваются с зондом «Новые горизонты», когда он бороздит просторы Солнечной системы.
- 6 RALPH**
Эта камера и спектрометр измеряют длины волн падающего на них света и инфракрасного излучения, чтобы получить цветные, композитные и тепловые карты поверхности Плутона.
- 7 ALICE**
Проводит спектрографические измерения ультрафиолетового излучения, чтобы дать астрономам возможность изучить состав атмосферы Плутона и помочь в поисках атмосферы Харона и объектов пояса Койпера.

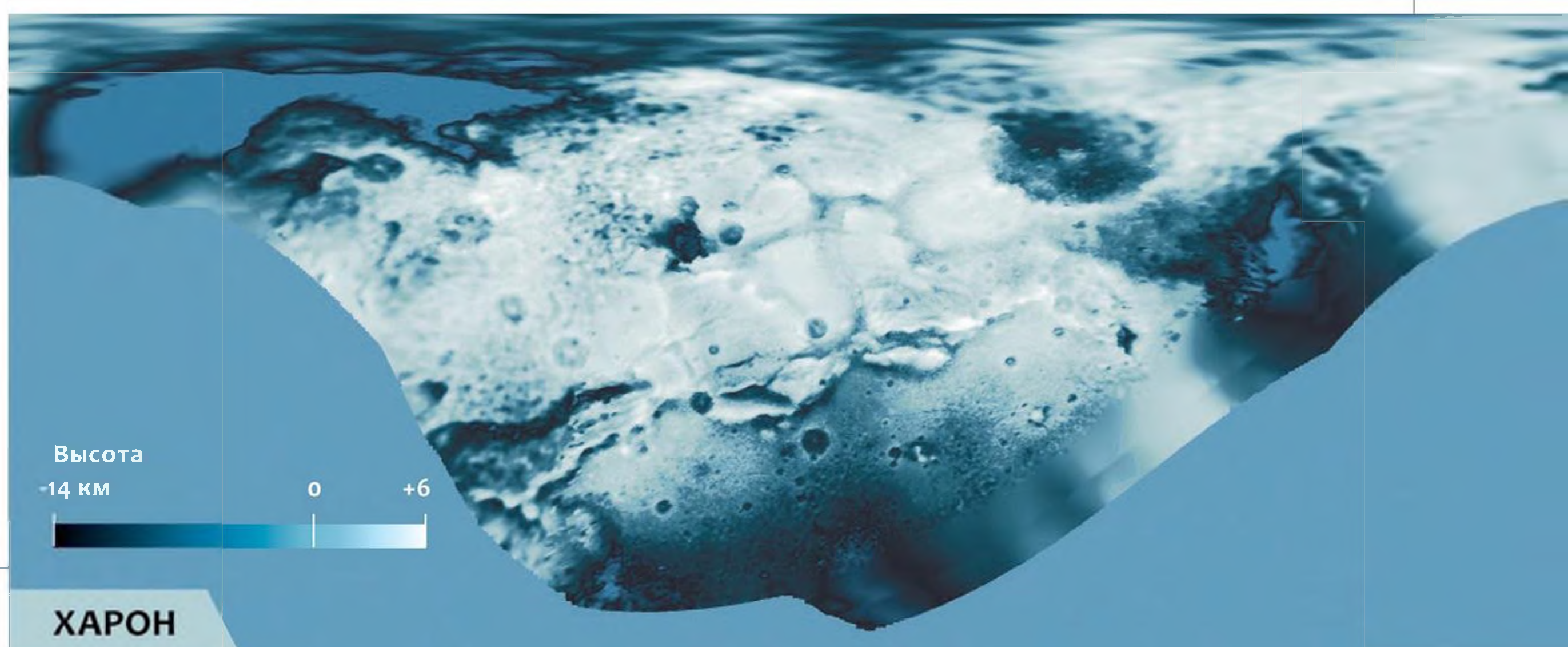
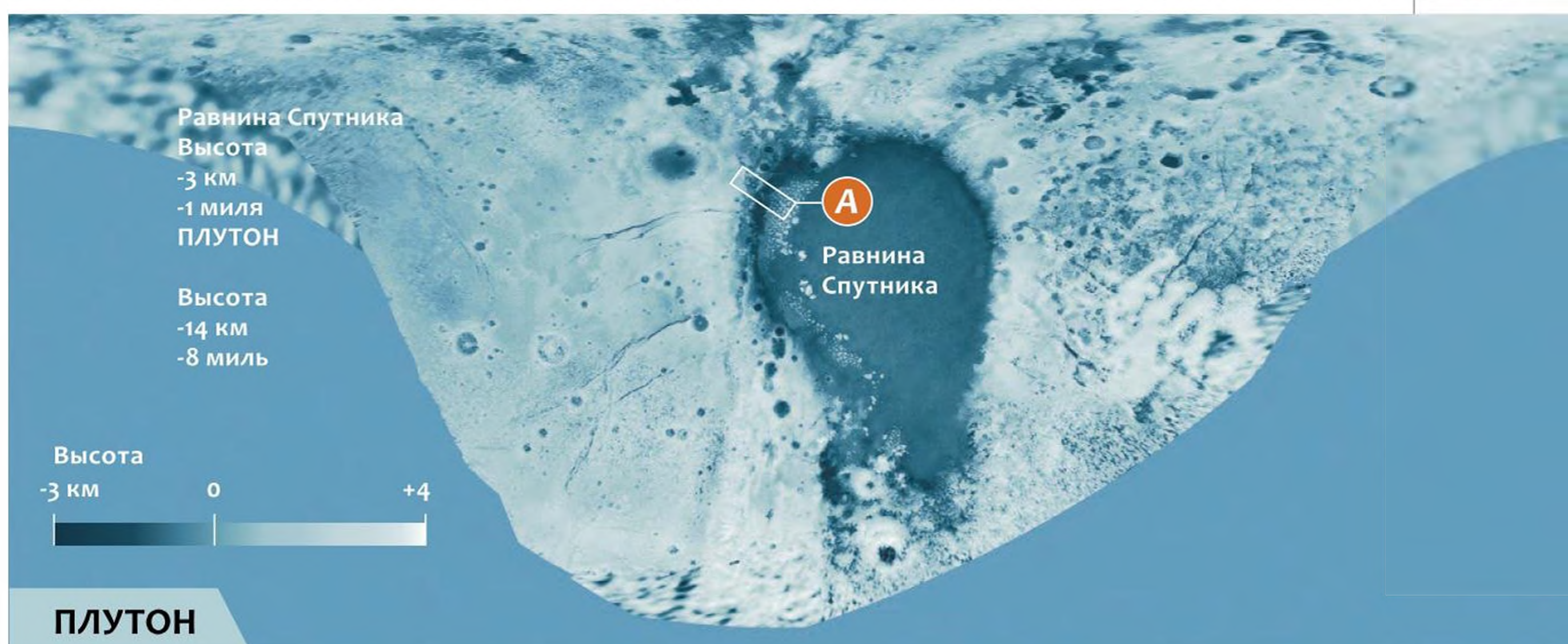
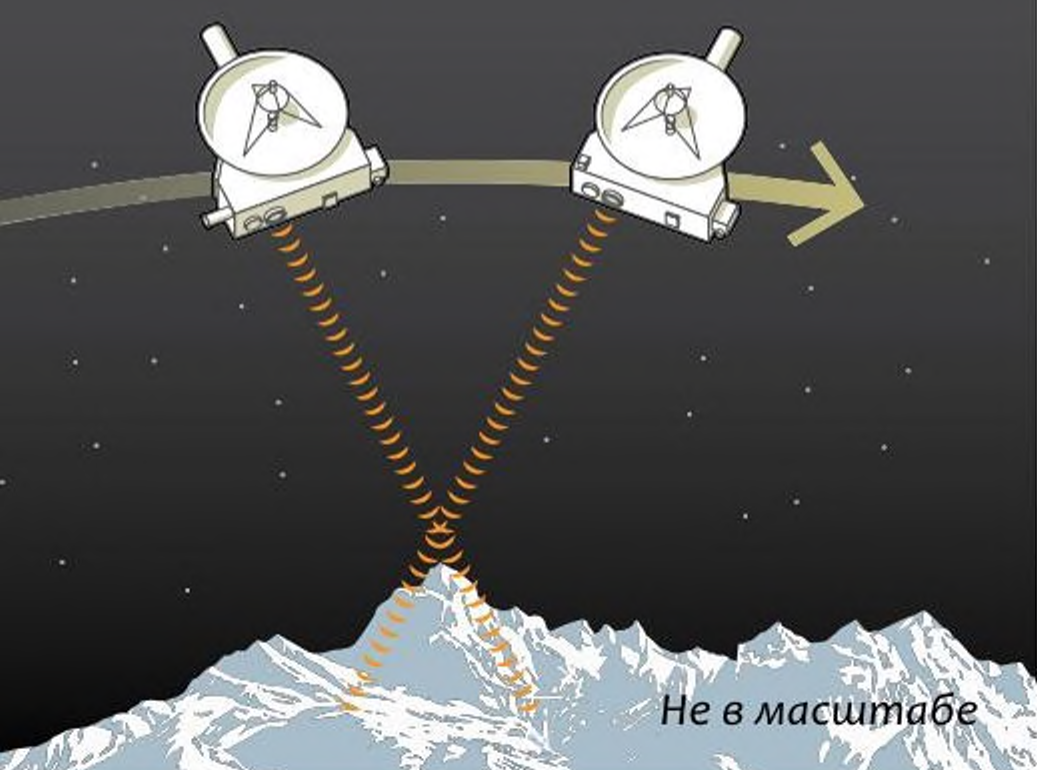
Наша научная группа, базирующаяся в Юго-Западном научно-исследовательском институте, где я работаю, и Лаборатория прикладной физики Университета Джонса Хопкинса, где наш космический аппарат в итоге будет построен и откуда будет управляться, имели гораздо меньше опыта в исследовании планет с помощью космических зондов, чем наши конкуренты, но мы компенсировали это изобретательностью. Чтобы удержать стоимость в приемлемых рамках, мы предложили послать в путешествие не два, а один космический аппарат — решение настолько рискованное, что почти не имело прецедентов ни при одном первом исследовании какой-либо из планет. Мы также предложили отправить космический аппарат в спячку на время его почти

десятилетнего путешествия к Плутону, чтобы снизить расходы на персонал и сконцентрироваться на научном потенциале за счет возможности после пролета быстро передать на Землю научные данные. Мы настойчиво совершенствовали наши предложения и пропустили их через бесчисленное число рецензий, чтобы удостовериться, что зонд безукоризнен во всех отношениях — начиная с технического воплощения, подбора научной группы, управления планированием и заканчивая образованием и информационно-аналитической работой с общественностью, управлением стоимостью и даже составлением планов действий в чрезвычайных ситуациях. В конце ноября 2001 г. NASA объявило, что из всех участников конкурса оно выбрало проект «Новые горизонты».

Область неизведанного

Эти масштабные топографические карты Плутона и Харона, созданные на основе стереоскопических фотографий, полученных с зонда «Новые горизонты», демонстрируют участки поверхности небесных тел. Более темные области, такие как крупнейшая ледяная Равнина Спутника на Плуtone, — это низменности, а более светлые области — это возвышающиеся над поверхностью элементы ландшафта, такие как горы. Отсутствующие на карте области поверхности в нижних углах либо были укутаны мглой во время пролета зонда «Новые горизонты», либо их не удалось прочесть на стереофотографиях. На верхнем фото показана полоса шириной 80 км на Плуtone, покрывающая скалистую, сильно расчлененную эрозией поверхность (слева), массивные горы (в центре) и границы ледяной Равнины Спутника.

Зонду «Новые горизонты» удалось провести наблюдения поверхности планеты с двух различных углов зрения, как это делают наши глаза, что позволило измерить «параллакс» вершин гор и других выступающих над поверхностью элементов ландшафта, то есть зафиксировать их кажущееся смещение на фоне более низких участков поверхности и таким образом оценить их высоту.



Мы победили! Но мы имели весьма слабое представление о том, во что мы ввязались.

Чтобы быть готовыми провести запуск в запланированное окно пусков в январе 2006 г., мы должны были сконструировать и построить наш космический зонд, а также провести его проверку всего за четыре года и два месяца. При подготовке таких экспедиций, как «Вояджер», «Галилео» и «Кассини», на все это у NASA ушло от восьми до 12 лет. Но как раз в то время, когда мы готовились решать вставшие перед нами сложные проблемы, спустя менее чем три месяца после того, как нас выбрали в качестве контрагентов, администрация Джорджа Буша — младшего предложила совсем закрыть

проект «Новые горизонты», вычеркнув его из редакции федерального бюджета, вышедшей в начале 2002 г. Этот шаг вызвал затяжную войну за финансы между Конгрессом США и Белым домом, которая была остановлена только тогда, когда Национальная академия наук назвала исследования Плутона в качестве одного из наивысших приоритетов в своем плане, очерчивающем программу космических полетов для проведения исследований и список важнейших научных задач США на следующее десятилетие, убедив тем самым достаточное число законодателей в том, что эта экспедиция заслуживает поддержки. Затем, когда мы уже считали, что все преграды остались позади, две многомесечные

остановки реакторов Лос-Аламосской национальной лаборатории поставили под угрозу возможность получить достаточно плутония для ядерной энергетической установки нашего зонда.

Многие в NASA и в научном сообществе считали, что группе «Новые горизонты» не удастся преодолеть такое количество препятствий. Но мы работали буквально день и ночь, в том числе и в выходные, 52 недели в году на протяжении четырех лет. В результате мы доставили космический аппарат на пусковую площадку, готовым лететь к Плутону, вовремя.

Задача: попасть мячом в лунку с огромного расстояния

Зонд «Новые горизонты» был оснащен всем необходимым для того, чтобы выяснить как можно больше за время своего короткого пролета системы Плутона. Рабочая часть зонда «Новые горизонты» — это его груз из семи научных приборов, в числе которых черно-белая и цветная фотокамеры, два спектрометра (преобразующие входящее излучение в пучки с различной длиной волны, чтобы определить состав атмосферы и поверхности планеты) и датчик для изучения пылинок, с которыми сталкивается космический аппарат в полете. На борту находятся также два датчика плазмы, используемые для того, чтобы измерить, как быстро улечивается атмосфера Плутона, и определить состав этих рвущихся наружу газов, а еще комплект радиометров, которые могут измерять температуру поверхности планеты плюс температурный профиль и распределение давления атмосферы в зависимости от высоты над поверхностью.

Этот научный груз обеспечил для первого в истории облета новой планеты бóльшую научную «огневую мощь», чем когда-либо ранее, и в первую очередь потому, что мы использовали технику эры 2000-х гг., а не изготовленные в 1960-е и 1970-е гг. комплектующие, применявшиеся в первых межпланетных экспедициях, вроде тех, которыми были оборудованы близнецы «Вояджеры». Например, если камера спектрометра для картографирования состава поверхности на «Вояджере-1» имела разрешение всего в один пиксель, то камера для картографирования состава поверхности на зонде «Новые горизонты» имела уже 64 тыс. пикселей. Такой прогресс в мощи научного потенциала вкупе с возросшей памятью самого космического аппарата, которая может хранить более чем в 100 раз больше данных, чем накопители на магнитной ленте «Вояджера», означал, что экспедиция «Новые горизонты» сможет стать намного более продуктивной, чем предыдущие аналогичные экспедиции.

Хотя наш космический аппарат находился в «летаргическом сне» значительную часть своего

полета к Плутону, планирование облета планеты занимало нашу группу в течение основной части времени его многолетнего путешествия. Чтобы успешно выполнить все задачи, зонду «Новые горизонты» после девяти с половиной лет полета нужно было прибыть к месту назначения строго в девятиминутное временное окно. Ему также необходимо было попасть в пространственное окно размером 56 x 96 км. Это может показаться достаточно большой мишенью, но прицелиться так, чтобы угодить в это окно с расстояния 5 млрд км от места запуска, было равносильно тому, чтобы одним ударом

Одним из важнейших открытий стало то, что атмосфера Плутона простирается на сотни километров в высоту, но практически не содержит облаков. Зонд «Новые горизонты» впервые измерил атмосферное давление у поверхности Плутона, найдя, что оно составляет всего 11 микробар — столько же, сколько на вершине земной мезосферы, на высоте примерно 80 км от поверхности Земли

по мячу для гольфа попасть прямо в лунку с расстояния от Лос-Анджелеса до Нью-Йорка.

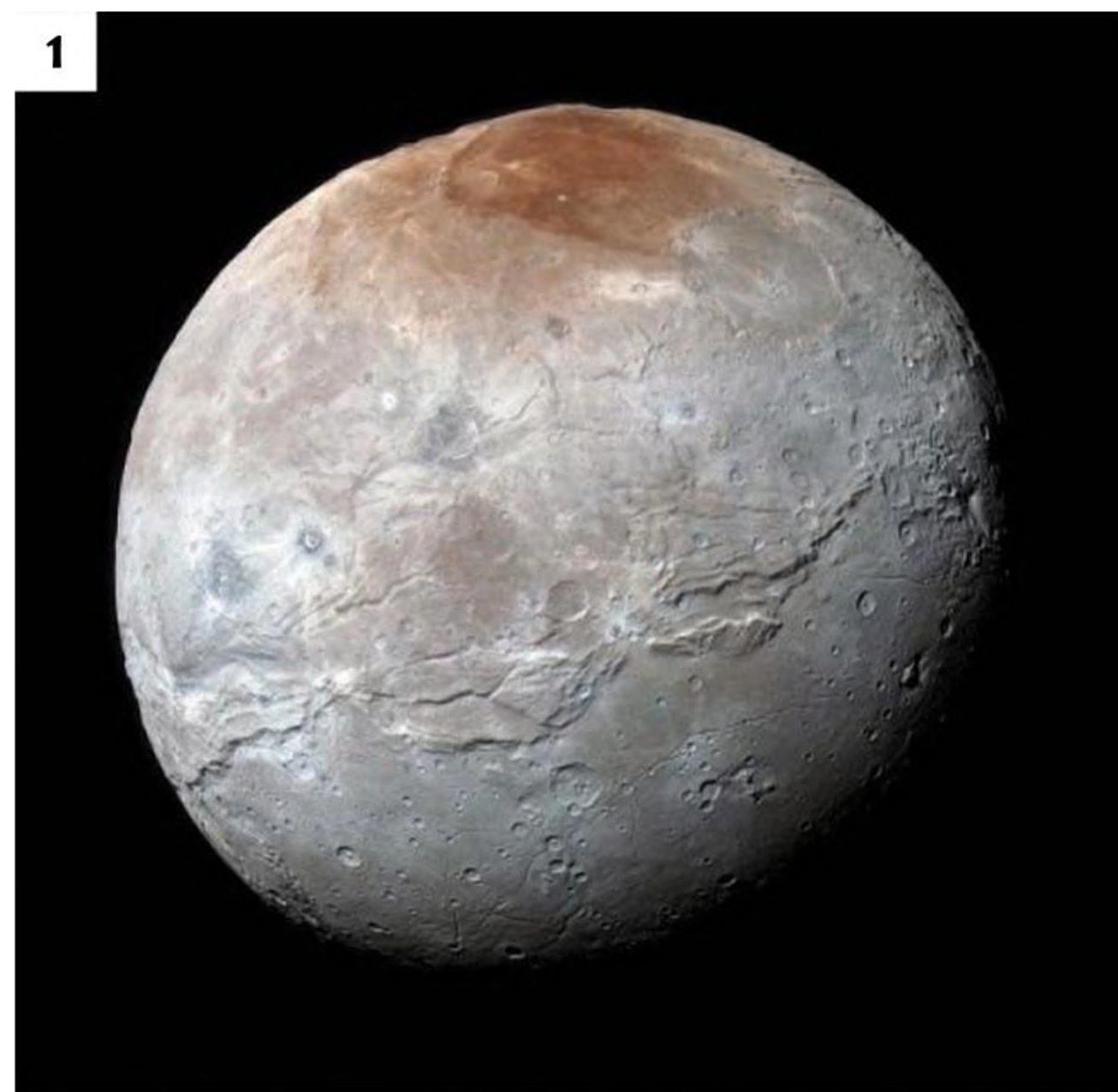
Нам необходимо было также разработать, протестировать и написать программы для всех операций зонда «Новые горизонты», которые ему предстояло выполнить в течение всего шестимесячного пролета системы Плутона начиная с середины января и до середины июля 2015 г. Эти операции включали более чем 400 сеансов по изучению Плутона и всех его пяти спутников с помощью каждого из семи наших научных приборов; поиски на близком расстоянии от планеты космического мусора и прочих опасностей, которые могли бы причинить ущерб зонду; поиски новых спутников и колец; наблюдения с целью уточнить местоположение Плутона, чтобы помочь нам на него

нацелиться; включение его ракетных двигателей, чтобы точно скорректировать траекторию облета; а также передачу всех данных, записанных в ходе сближения. Кроме того, мы должны были запланировать не один, а три варианта облета Плутона, каждый по отличной от других траектории, в случае если бы мы обнаружили опасный космический мусор и возникла необходимость изменить направление полета космического аппарата. Наконец, нам было нужно написать для бортовых микропроцессоров интеллектуальные программы, которые смогли бы справиться с более чем 150 возможными неисправностями систем зонда или его научной аппаратуры. Нам требовалось и выработать процедуры по управлению полетом для нескольких десятков возможных нарушений в работе, слишком сложных для того, чтобы с ними можно было справиться программными средствами.

Новая планета

Из-за своего небольшого размера и удаленности орбиты Плутон был практически неизвестен ученым до полета к нему зонда «Новые горизонты». Даже космический телескоп «Хаббл» был едва способен различить его диск. Почти все, что мы о нем знали, — это то, что он диаметром примерно 2,3 тыс. км, имеет по крайней мере пять спутников, разреженную атмосферу, красноватую поверхность, которая покрыта льдом из метана, азота и монооксида углерода, а также признаки полярной ледяной шапки и других крупномасштабных деталей на своей поверхности. Эти факты наводили на мысль, что планета, вероятно, более интересна и устроена сложнее, чем большинство замерзших космических тел во внешней части Солнечной системы. Но зонд «Новые горизонты» явил нам планету, которая оказалась более сложной, многообразной с геологической точки зрения и гораздо активнее, чем предполагали большинство ученых.

Одним из наших открытий было то, что атмосфера Плутона простирается на сотни километров в высоту и имеет десятки концентрических слоев



На Хароне, крупнейшем спутнике Плутона, есть глубокие каньоны и обширные ледяные равнины (1); толпа в Лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса приветствует прилет зонда «Новые горизонты» к Плутону в 2015 г. (2)

дымки, но практически не содержит облаков. Зонд «Новые горизонты» впервые измерил атмосферное давление у поверхности Плутона, найдя, что оно составляет всего 11 микробар — примерно столько же, сколько на вершине земной мезосферы, на высоте примерно 80 км от поверхности Земли, у границы космоса. Мы также обнаружили, что атмосфера Плутона улетучивается в 500–1000 раз медленнее, чем ожидалось, что близко к скорости потери атмосферы Марсом и Землей, а не кометами, как это предсказывали математические модели до экспедиции «Новые горизонты». И, к нашему удивлению, мы обнаружили, что дымка в атмосфере Плутона окрашивает ее в голубое, придавая ее небесам цвет, отдаленно напоминающий земное небо.

Открытием зонда «Новые горизонты» стало также то, что Плутон больше, чем давали оценки до его полета, и имеет истинный диаметр 2377 км. Эти измерения безусловно упрочили положение

Плутона как самой крупной из планет-карликов в поясе Койпера. Выросший размер Плутона вкупе с его уже установленной ранее массой снизил его плотность, а это означает, что, хотя он по-прежнему остается в основном каменной планетой с ледяным внешним фасадом, доля каменных пород у него ближе к 66, а не 70 с небольшим процентам, как мы полагали до его облета. Из оставшейся (некаменной) массы большую часть составляет водяной лед со следами более экзотических видов льда на поверхности планеты. Модели недр Плутона, основанные на измеренных при пролете его размере, массе и форме, сегодня дают веские косвенные свидетельства, что Плутон таит в себе слой океана с жидкой водой толщиной в несколько сотен километров, где температура и давление достигают точки плавления воды.

В течение многих лет ученые-планетологи спорили о наличии у Плутона горного рельефа. Ответ зависел от того, насколько глубок его верхний слой льда из азота. Этот лед, покрывающий большую часть поверхности Плутона, непрочен

и обваливается под своим собственным весом даже в условиях слабой гравитации планеты, поэтому толстый слой такого льда помешал бы образованию крутых гор. Но когда зонд «Новые горизонты» приблизился к Плутону, уже на первых фотографиях с высоким разрешением были различимы горы высотой до 5 км, и это дало основания полагать, что слой азота на поверхности Плутона — это всего лишь тонкий налет, устилающий то, что, как мы впоследствии установили, представляет собой кору из водяного льда.

Зонд «Новые горизонты» выявил на Плутоне и потрясающее многообразие других элементов рельефа. Мы увидели гигантские ледники, системы разломов, простирающихся на сотни миль, местность с беспорядочным горным рельефом, образованным в результате разрушения колоссальных глыб льда, расползающиеся крутые склоны из метана, шапки снега из метана на некоторых горных хребтах и тысячи ям шириной от 1 км до 10 км на экваториальных равнинах Плутона, вероятно, образовавшиеся в результате сублимации твердого азота.

Самый большой ледник Плутона, элемент рельефа из твердого азота, названный Равниной Спутника (*Sputnik Planitia*) в честь первого искусственного спутника Земли, покрывает поверхность планеты площадью более 800 тыс. кв. км — больше, чем штаты Техас и Оклахома вместе взятые. Ничего подобного где-либо еще в Солнечной системе не обнаружено. Более того, по-видимому, с геологической точки зрения, Равнина Спутника живет и развивается, о чем говорят нам языки внутри ледника, а также узоры по всей его поверхности, и это указывает на то, что под ним расположен источник тепла. Мы увидели также отчетливые признаки того, что его льды пополняются за счет ледников и лавин, сходящих с окружающих горных хребтов, которые возвышаются над ним.

Но геологические сюрпризы Плутона на этом не заканчиваются. Подсчитав его кратеры, мы можем оценить, как давно сформировалась его поверхность (чем моложе поверхность, тем меньше

было времени, чтобы на ней появились кратеры). Проделав это, мы обнаружили на планете широкий диапазон возрастов областей поверхности — от самой древней, сильно истерзанной поверхности, возраст которой доходит до 4 млрд лет, до областей среднего возраста, от 100 млн до 1 млрд лет, и самого ледника Спутника, на котором нет подающихся обнаружению кратеров и который моложе — возможно, гораздо моложе — 30 млн лет. Такой диапазон возрастов стал неожиданным, поскольку многие ученые предсказывали, что относительно небольшой размер Плутона приведет к его быстрому охлаждению еще на раннем этапе

существования планеты, после чего он утратит способность обновлять свою поверхность. Как оказалось, эта общепринятая точка зрения неверна. Плутон сегодня все еще геологически активен, хотя природа источника энергии, питающего все эти изменения, пока неясна.

Однако есть еще кое-что. Геологи, работающие в нашей группе, обнаружили выступы из замерзшего метана высотой более 300 м, вытянувшиеся в организованную систему на протяжении сотен километров. И если всего этого недостаточно для одной планеты, мы также обнаружили то, что оказалось большими ледяными вулканами возрастом всего от 100 до 300 млн лет, и это дает основания полагать, что они были действующими в недавнем прошлом Плутона. Кое-кто из нашей группы, включая меня, видит свидетельства сети дренажных каналов и замерзших озер, которые, возможно, указыва-

ют на минувшие эпохи, когда атмосферное давление на Плутоне было гораздо выше — выше даже, чем сегодня на Марсе, — что позволяло жидкостям на его поверхности течь и даже собираться в бассейны.

Проще говоря, ряд ошеломляющих особенностей атмосферы и поверхности Плутона поставили научное сообщество в тупик, указывая на то, что маленькие планеты могут соперничать с Землей и Марсом по степени сложности.

Исследование спутников Плутона

Как и о самом Плутоне, о его пяти спутниках до их исследования зондом «Новые горизонты» было

Коэффициент отражения поверхности у всех четырех малых спутников Плутона примерно такой же, как и у самого Плутона, и примерно вдвое выше, чем у Харона. Остается загадкой, почему они так хорошо отражают свет, хотя их поверхности, судя по всему, состоят из того же вещества, что и у Харона

известно очень мало. Харон, что намного больше остальных (размером в половину Плутона), открыли астрономы-планетологи Джим Кристи (Jim Christy) и Роберт Харрингтон (Robert Harrington) с помощью наземного телескопа в 1978 г. До полета зонда «Новые горизонты» было известно, что Харон покрыт инертным слоем водяного льда и если и имеет атмосферу, то очень тонкую, а также то, что он менее красочен, чем Плутон, и его отражающая способность меньше. Четыре более мелких спутника — Стикс, Никта, Кербер и Гидра — были открыты членами группы «Новые горизонты» с помощью космического телескопа «Хаббл» между 2005 и 2012 гг. До облета Плутона ученым почти ничего не было известно о них за исключением параметров их орбит, а также, что их цвет — относительно нейтральный, как у Харона. Даже оценки их размеров были весьма приблизительны. Детали поверхности ни одного из них нельзя различить с помощью даже самого большого телескопа — были видны только точки света, обращенные вокруг Плутона.

Зонд «Новые горизонты» предоставил нам возможность составить подробные геологические, колориметрические карты, карты химического состава и топографического рельефа Харона, с более высокой чувствительностью вести поиски там атмосферы, измерить его коэффициент отражения в ультрафиолетовой области и точно провести измерения его размера и формы. Космический зонд не имел возможности пролететь настолько же близко ни к одному из четырех малых спутников, как к Харону, поэтому понятно, что мы смогли узнать о них значительно меньше. Но даже при таких обстоятельствах «Новые горизонты» измерил их размеры, периоды обращения и формы, а также позволил составить грубые черно-белые карты для каждого из них. Для Никты и Гидры «Новые горизонты» позволил составить цветные карты, определить состав поверхности и оценить ее возраст.

В результате всех этих открытий сегодня мы имеем общую картину Харона, которая по количеству и характеру данных соперничает с теми сведениями о больших ледяных спутниках планет-гигантов, которые были получены в ходе межпланетных экспедиций NASA «Вояджер», «Галилео» и «Кассини». У Харона нет и намек на атмосферу, нет и летучих веществ на поверхности, хотя мы все же обнаружили экзотические выходы на поверхность аммиака и аммиачного льда. Судя по количеству кратеров, возраст его поверхности более 4 млрд лет, и если чуть больше или меньше, то немалого, а это означает, что геологические процессы на нем, прежде чем окончательно выдохлись, длились совсем недолго. Тем не менее за тот короткий отрезок времени на Хароне образовались обширные покрытые льдом равнины в его южном

полушарии, широкий пояс каньонов, впятеро глубже Большого каньона в Аризоне, горы и красная северная «полярная шапка», которая не похожа ни на что другое в Солнечной системе. Этот красный полюс, похоже, состоит из метана и азота, которые когда-то «сбежали» из атмосферы Плутона и затем осели на холодных полюсах Харона, где химические реакции, идущие под воздействием ультрафиолетового излучения, превратили их в побочные продукты углеводородов. Пояс каньонов на Хароне — это, по всей видимости, результат колоссальных напряжений, образовавшихся при замерзании и расширении воды во внутренних областях Харона, когда он охлаждался после своего формирования.

Мы обнаружили, что коэффициент отражения поверхности у всех четырех малых спутников Плутона примерно такой же, как и у самого Плутона, и примерно вдвое выше, чем у Харона. Остается загадкой, почему они так хорошо отражают свет, хотя их поверхности, судя по всему, состоят из того же вещества, что и у Харона. Ни один из них не велик достаточно, чтобы удерживать атмосферу. И хотя на каждом из них есть кратеры, которые, весьма вероятно, образовывали временные кольца вокруг Плутона, когда при их формировании из кратеров извергалось вещество, мы обнаружили, что в настоящее время таких колец вокруг Плутона нет.

Орбиты Никты и Гидры дают нам основания предполагать, что они образовались в результате того же столкновения массивного тела с Плутоном, в результате которого родился Харон. Наши карты этих спутников имеют достаточное разрешение, чтобы разглядеть на них всевозможные кратеры. Датировка появления этих кратеров показывает, что возраст их поверхностей составляет примерно 4 млрд лет — как и у Харона. Эти открытия доказывают, что столкновение, в результате которого они образовались, произошло на очень раннем этапе истории Солнечной системы и в настоящее время не может быть источником энергии, питающим нынешнюю геологическую активность Плутона. Мы также выяснили, что периоды обращения всех четырех малых спутников Плутона вокруг своей оси коротки по сравнению со временем их орбитального обращения — неожиданный результат, который показывает, что ни один из них не достиг приливной синхронизации скорости вращения и движения по орбите, что так характерно для спутников планет-гигантов. Что-то — возможно, это гравитационные силы со стороны двойной системы «Плутон — Харон», вращающейся вокруг общего центра масс, — влияет на характер их вращения.

Хотя зонд «Новые горизонты» уже передал на Землю все данные, полученные в результате пролета через систему Плутона, мы пока еще лишь

поверхностно исследовали многие аспекты проделанных им измерений. Я ожидаю гораздо больше научных открытий, касающихся поверхности, недр, происхождения и атмосферы Плутона, а также его спутников, по мере того как наша и другие научные группы начнут многоуровневый процесс освоения этого невероятного массива данных.

Следующая цель — пояс Койпера

Исследование системы Плутона с помощью зонда «Новые горизонты» завершено, но его экспедиция продолжается. В 2016 г. NASA одобрило пятилетнюю программу ее продолжения до 2021 г., во время которого космический странник продолжит исследования пояса Койпера — обширного кольца небольших небесных тел и карликовых планет, которые обращаются вокруг Солнца далеко за пределами орбиты Нептуна. Кульминацией этих исследований станет пролет 1 января 2019 г. вблизи небольшого объекта в поясе Койпера 2014 MU69. Этот древний астероид красноватого цвета, законсервированный в космическом «морозильнике» далеко от Солнца вот уже более 4 млрд лет, станет самым древним из когда-либо исследованных остатков строительного материала, не использованного при формировании Солнечной системы. Его диаметр всего около 30 км, однако, возможно, у него есть собственные спутники, и, как полагают, он — типичный строительный блок, из подобных которому образовались Плутон и другие карликовые тела пояса Койпера.

Зонд «Новые горизонты» встретится с MU69, когда расстояние от него до Солнца будет в 44 раза больше, чем расстояние от Солнца до Земли. Космический аппарат воспользуется всем своим арсеналом научных приборов для изучения во время пролета состава и геологических особенностей объекта. Он будет искать признаки активности и атмосферы, займется поиском спутников и колец, а также измерит его температуру.

Кроме пролета вблизи астероида MU69 в промежутке между 2016 и 2021 гг. зонд «Новые горизонты» проведет изучение с близкого расстояния по крайней мере еще двух десятков объектов пояса Койпера. Эти наблюдения позволят нам расставить по местам результаты наших исследований MU69 и заняться поиском спутников этих объектов, изучить свойства их поверхностей и определить их форму. Зонд «Новые горизонты» исследует также свойства космической среды на самом краю пояса Койпера — концентрацию газообразного гелия, солнечный ветер и заряженные частицы в этой очень далекой от нас области, куда простирается сфера солнечного влияния. Мы также проследим плотность пыли в поясе Койпера до расстояния, в 50 раз превышающего радиус орбиты Земли, немного дальше самой удаленной точки эллиптической орбиты Плутона.

Мы полны оптимизма и надеемся, что NASA решит продлить экспедицию «Новые горизонты» и после 2021 г. Космический аппарат находится в отличном состоянии и имеет достаточные запасы топлива и энергии, чтобы продолжить свою работу и связь с Землей до середины 2030-х гг. и даже дольше. За это время «Новые горизонты», возможно, будет в состоянии изучить множество других объектов в поясе Койпера и совершить еще одно сближение с одним из них.

Горизонты будущего

После полного проблем подготовительного периода и долгого перелета через Солнечную систему зонд «Новые горизонты» завершил разведку последней из известных еще на заре космического века планет и стал первым межпланетным аппаратом, который изучит малые небесные тела в поясе Койпера.

В течение 15 лет, когда мы планировали и проводили эту межпланетную экспедицию, я требовал от членов нашей научной группы использовать все возможные подходы и знания, полученные при исследовании других планет, для предсказания того, что мы отыщем на Плуtone. Как оказалось, природа и на этот раз нас удивила, приоткрыв секреты гораздо более многообразной и активной планеты, чем мы могли ожидать.

В действительности Плутон настолько сложен и настолько активен, что многие из нашей группы, работавшие над программой «Новые горизонты», и многие другие в научном сообществе, хотели бы увидеть отправку другой экспедиции, чтобы провести дальнейшие исследования его и его спутников с орбиты. Мы также хотели бы увидеть, как новые исследовательские межпланетные экспедиции, подобные «Новым горизонтам», исследуют другие небесные тела в поясе Койпера, чтобы изучить их разнообразие, как это уже было сделано с помощью космических аппаратов в отношении планет внутренней части Солнечной системы и планет-гигантов. Мы надеемся, что ошеломляющий успех межпланетной экспедиции — это не конец, а лишь начало исследования планет и небольших небесных тел пояса Койпера. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The Pluto System: Initial Results from Its Exploration by New Horizons. S. A. Stern et al. in *Science*, Vol. 350, Article No. aad1815; October 16, 2015.
- Chasing New Horizons: Inside the First Mission to Pluto. Alan Stern and David Grinspoon. Picador, 2018.