ЛЕД на ЛУНЕ

Один из самых актуальных вопросов о нашем спутнике – могут ли в холодных темных кратерах на его полюсах скрываться запасы льда? Если это так, можно ли его использовать?

Когда в 1972 году астронавты последней миссии «Аполлон» покинули Луну, ученые решили, что состояние поверхности Луны уже неплохо изучено, поэтому будущая колонизация представлялась им непростой задачей. Луна – безвоздушный очень сухой каменный шар, выжигаемый жестоким солнечным светом. Любая вода, которая могла там появиться, моментально бы испарилась.

Однако теперь кажется, что они могли ошибаться. Возможно, кое-где у поверхности осталась замерзшая вода, которой в прошлом могло быть больше. Если это правда, то наличие лунного льда может существенно повлиять на планы по возвращению на Луну.

ОБЛЕДЕНЕВШИЕ ПОЛЮСА

Гипотеза, что определенные зоны Луны могут быть «холодными ловушками», в которых за миллиарды лет прошедших геологических эпох сохранился лед, была предложена в 1961 году, когда реализация программы «Аполлон» казалась несбыточной мечтой.

Трое исследователей из Калифорнийского технологического института (Калтеха), Кеннет Уотсон, Брюс Мюррей и Харрисон Браун, предположили, что орбиты Земли и Луны взаимодействуют уникальным образом. Причина этого состоит в том, что видимая траектория Солнца по небу Луны никогда не отклоняется более чем на пару градусов от экваториальной плоскости Луны. Другими словами, в течение месяца Солнце висит над экватором Луны, в то время как под ним вращается наш спутник.

Если бы поверхность Луны была ровной, то сила влияния Солнца ослабевала бы на полюсах, а солнечная радиация распространялась на большую территорию. Но в основном Луна далеко не ровная, а на обоих полюсах есть множество кратеров с достаточно высокими краями, чтобы отбрасывать на дно тень, даже когда Солнце находится в своей наивысшей точке. Без согревающего солнечного света и при отсутствии лунной атмосферы, рассеивающей солнечную радиацию, температура в этих постоянно затенен-

ЛЕД В ТЕНИ
На рисунке изображен водный лед (светло-голубого цвета) в постоянно затененных глубоких кратерах на Южном полюсе Луны.

ВОДА НА ЛУНЕ
На этом сборном изображении показано, как лунные кратеры могли быть заполнены водой в далеком прошлом Луны.

ной системы, чем считалось ранее. Космические зонды, посетившие комету Галлея в 1986 году и занимавшиеся детальным изучением других комет, доказали, что они представляли собой обледенелые тела. Если доказать, что кометы врезались в лунные полюса, то вероятность сохранения льда в постоянных резервуарах казалась бы правдоподобной.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА НАЛИЧИЯ ЛЬДА

Настоящий интерес к теоретическим выкладкам о наличии льда на Луне возник после обнаружения признаков льда на Меркурии (см. «Важные открытия»).

Доказательства стали накапливаться после запуска космического зонда «Клементина». Этот малобюджетный аппарат в 1994 году в течение месяца находился на орбите Луны, кроме того, он стал первым в новом классе облегченных аппаратов.

На «Клементине» впервые применили технологию радиозондирования. Для создания карты лунной поверхности использовали лазер, а для фотографирования – камеры с высоким разрешением, которые снимали в разных диапазонах. Именно эксперимент с импровизированной бистатической радиолокационной станцией (см. «Глоссарий») обнаружил в некоторых кратерах возле полюсов материал с высокой светоотражающей

ных кратерах, вероятнее всего, никогда не поднималась выше –220 °C.

Однако возможность существования подобных кратеров не сразу восприняли всерьез. О каменистых лунных полюсах знали мало. Они не были целью исследования «Аполлонов», поскольку считалось, что во времена формирования Луны жара начисто уничтожила всю когда-либо существовавшую там воду.

Взгляды стали меняться, когда новые открытия 1970-х и 1980-х годов ясно показали, что ледяные кометы сыграли намного большую роль в истории Солнеч-

ГЛОССАРИЙ
Бистатическая радиолокационная станция – радиолокационная система, которая состоит из передатчика и приемника, расположенных на расстоянии, сопоставимом с ожидаемым расстоянием до цели.

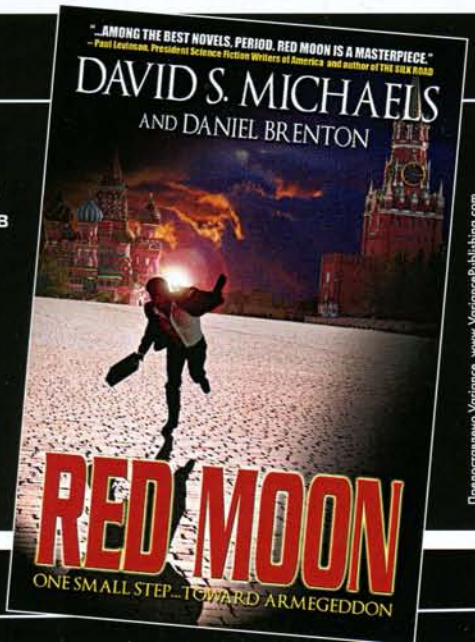
«Я СЧИТАЮ, ЧТО ЭТО САМОЕ ЦЕННОЕ НЕДВИЖИМОЕ ИМУЩЕСТВО В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ. В ЭТОМ МЕСТЕ ДОЛЖНА БЫТЬ ОСНОВАНА ЛУННАЯ БАЗА».
Пол Спудис, американский исследователь Луны, о предполагаемом льде в кратере Шеклтон

НАУЧНАЯ ФАНТАСТИКА

«КРАСНАЯ ЛУНА»

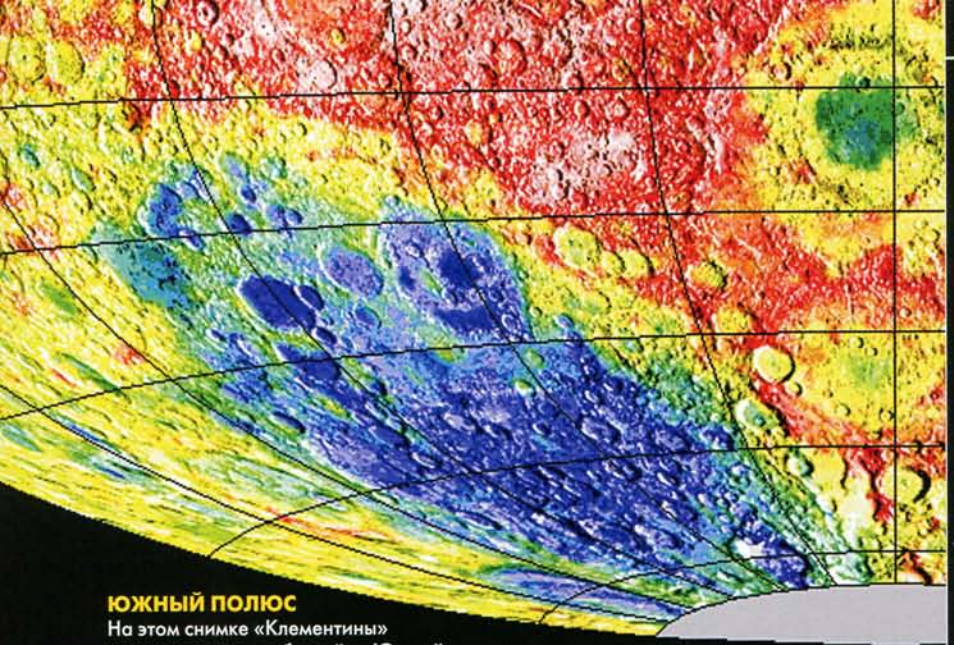
В популярном романе Дэвида Майклза и Дэниела Брентона *«Красная Луна»* рассказана история лунной экспедиции к Морю Кризисов в 2019 году. Цель миссии – поиск льда, спрятанного под лунной поверхностью, и гелия-3 – потенциального источника топлива для спасения Земли от энергетического кризиса.

Во время своих поисков экспедиция находит остатки советской миссии «Луна-15» (см. «Внешние пределы», выпуск 65) и узнает, что это был не беспилотный аппарат, а попытка высадить человека на Луну раньше США. Более того, власти на Земле и один из астронавтов на Луне готовы на все, чтобы сохранить этот секрет.



Предоставлено Variance, www.VariancePublishing.com

ЗАГОВОР НА ЛУНЕ
Сюжет *«Красной Луны»* разворачивается во время лунной экспедиции в 2019 году, целью которой является поиск льда и гелия-3.



ЮЖНЫЙ ПОЛЮС
На этом снимке «Клементины» показана впадина бассейна Южный полюс – Эйткен, где находится большая часть постоянно затененных кратеров Луны.

Для проверки этой теории инженеры НАСА запланировали для «Лунар Проспектор» эффектное окончание службы. 31 июля 1999 года его направили к темному дну кратера Шумейкер возле Южного лунного полюса, при этом за ним наблюдали телескопы на Земле. Ученые надеялись, что в результате столкновения высоко над поверхностью Луны поднимется облако из лунного реголита, в котором астрономы смогут найти химические признаки льда. Но облако от удара не возникло, поэтому эксперимент считается безрезультатным.

В последние годы поиски лунного льда вели космические зонды из разных стран, но они получили противоречивые результаты. В 2008 году газеты и интернет-

способностью. Хотя доказательства эксперимента были противоречивыми, «Клементина» подтвердила существование на полюсах постоянно затененных кратеров.

ПОИСК ВОДЫ

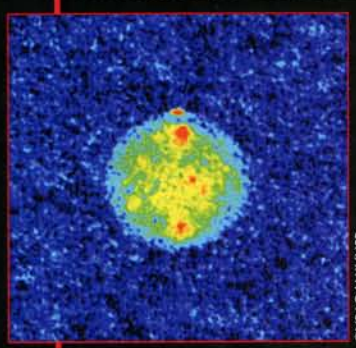
Преемник «Клементины», «Лунар Проспектор», для продолжения поисков в этих зонах использовал другую технологию. Он вращался по орбите вокруг Луны в течение 19 месяцев в 1998–1999 годах, анализируя химический состав лунной поверхности. Его нейтронный спектрометр (см. «Технологии») обнаружил ярко выраженное скопление водорода возле полюсов.

Поскольку вероятным источником водорода на Луне считают замерзший лед, находка «Лунар Проспектор» долгое время оставалась самым убедительным доказательством, что на Луне все-таки есть вода.

ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ЛЕД В ПЕЧКЕ?

Ближайшая к Солнцу небольшая планета Меркурий труднодоступна, поэтому в наших знаниях о ней много пробелов. В 1991 году астрономы из Калтеха и Лаборатории реактивного движения направили с Земли на Меркурий радиоволны мощностью 0,5 млн ватт и с помощью Сверхбольшой антенной решетки (VLA) в Нью-Мексико исследовали отражения. Оказалось, что самая яркая зона планеты – Северный полюс, то есть в этом регионе изобилует сильноотражающий материал. Поскольку Меркурий вращается вокруг Солнца по довольно вытянутой орбите, на нем есть постоянно затененные кратеры, подобные лунным. Доказательство наличия льда в такой враждебной среде заставило астрономов более внимательно исследовать наш спутник.



©NRAO/AUI/NSF

СЕКРЕТ МЕРКУРИЯ
На этом радиолокационном снимке Меркурия показано предполагаемое наличие льда (выделено красным) на полюсах.

КАК ЭТО РАБОТАЕТ

ИМПРОВИЗИРОВАННЫЙ РАДАР

Хотя на «Клементине» не было специального оборудования для поиска льда, заместитель руководителя проекта НАСА Стюарт Нойзетт придумал способ проведения такого поиска. Направляя передатчик космического зонда на Луну вместо Земли, можно трансформировать его обычные радиосигналы в луч радиозонда. Радиоволны отражались от Луны, когда «Клементина» проходила над Южным полюсом. Из них 234 уловлены Сетью дальней космической связи НАСА на Земле, а затем проанализированы.

По изменениям в спектре отраженных сигналов ученые сделали предположение о наличии льда. Однако это спорный вывод, поскольку последующий эксперимент, проведенный с Земли, дал аналогичные результаты из некоторых освещенных кратеров, в которых не мог сохраниться лед.

1 РАДИОСИГНАЛЫ Когда «Клементина» находится между Землей и Луной, радиосигналы, передающиеся на лунную поверхность, могут отражаться обратно на Землю.

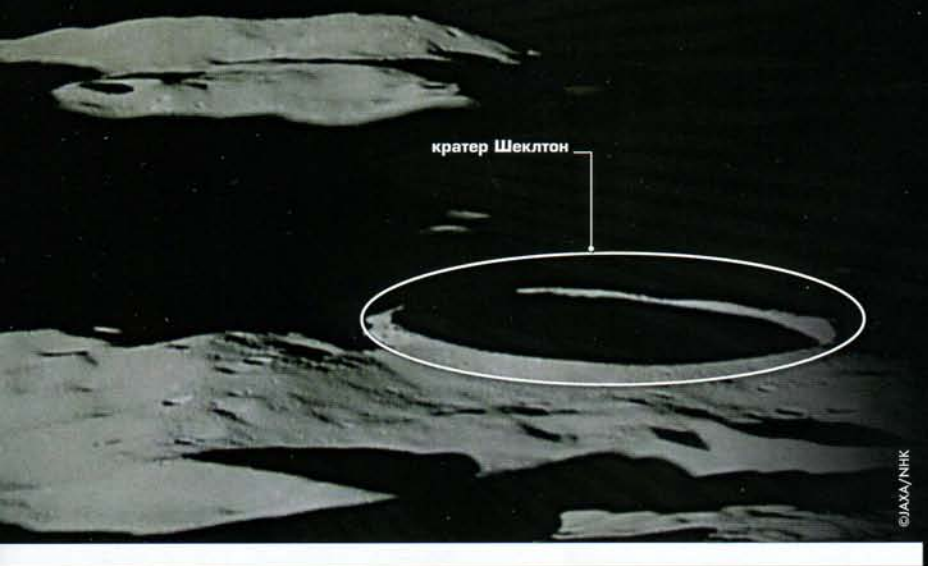
ПОЛЮС БЕЗ ЛЬДА
Трехмерные снимки, сделанные японским зондом SELENE, показали, что в полярных кратерах Луны нет поверхностного льда.

ГЛОССАРИЙ
Вечномерзлый грунт – грунт или порода, температура которого в течение двух или более лет ниже температуры замерзания воды или равна ей.

ТЕХНОЛОГИИ
НЕЙТРОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР

Этот инструмент на аппарате «Лунар Проспектор» производил поиск нейтронов – субатомных частиц, появляющихся во время удара высокоэнергетических космических лучей о лунную поверхность. Нейтроны выбиваются из атомов и молекул, оказываясь в космосе. Как правило, они обладают высокой скоростью, но если нейтрон выталкивает легкий атом водорода, он может потерять много энергии и замедлиться. Спектрометр состоял из пары двойных детекторных трубок, работающих наподобие счетчика Гейгера. Они включались, когда сквозь них проходил нейтрон. Одна трубка была покрыта кадмием, пропускающим «быстрые» нейтроны, а вторая – оловом, пропускающим «медленные». Сравнив данные обеих трубок, ученые обнаружили зоны, генерирующие избыток «медленных» нейтронов.

ДАТЧИК ВОДЫ Прибор, установленный на «Лунар Проспектор» для поиска водного льда на Луне.



сайты встретили с разочарованием фотографию затененного дна большого кратера Шеклтон (слабо освещенного отраженным солнечным светом), сделанную японским космическим аппаратом SELENE. На фото не оказалось сверкающего лунного «катка». Однако большинство экспертов считает, что лед на Луне смешан с горными породами и пылью и входит в состав вечномерзлого грунта (см. «Глоссарий»), поэтому научное сообщество не отказалось от этой теории.

ДОСТАВКА ОБРАЗЦА

В других миссиях, в том числе «Смарт-1» Европейского космического агентства и «Чандраян-1» из Индии, использовали больше инструментов для фотосъемки поверхности и поиска воды. Их исследования продолжил аппарат LCROSS НАСА.

По всей вероятности, единственный способ узнать правду о лунном льде – это привезти образцы грунта с лунного полюса. Поэтому кратер Шеклтон рассматривается как потенциальная цель для автоматизированной миссии по взятию образцов, а также как место для исследований с участием астронавтов НАСА.

2 ПОПАДАНИЕ НА ЛЕД Радиоволны, попадающие на участки льда и определенные типы пород, очень хорошо отражаются. От других типов пород волны рассеиваются или отражаются слабо.

3 ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СИГНАЛ Радиоволны с «Клементины» попадали на Луну с разной поляризацией, но лед отражал их в одной плоскости поляризации.

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: СОЛНЦЕ – НАША МЕСТНАЯ ЗВЕЗДА. УСТАНОВИТЕ ЕЕ ТОЧНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ В КОСМОСЕ.