

Н. АРМСТРОНГ
космонавт США

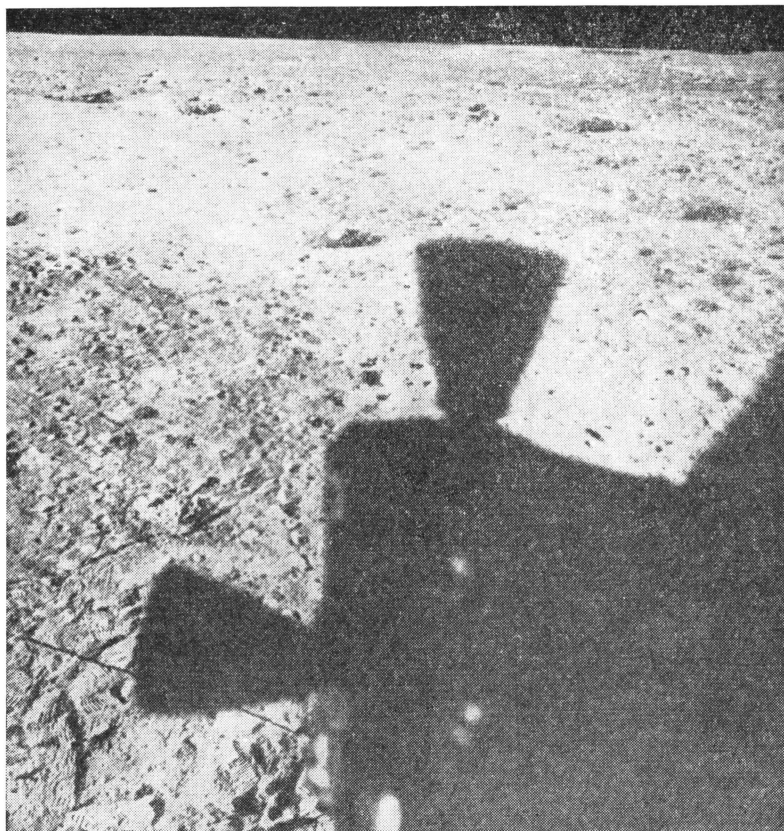
Исследование лунной поверхности

Автор, побывавший на Луне, рассказывает о том, что видели, чувствовали и как работали космонавты на лунной поверхности.

ПЕРВЫЕ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ПОСЛЕ ПРИЛУНЕНИЯ

Выключив ракетный двигатель, мы проверили аппаратуру и прильнули к иллюминатору. Пыль, поднятая двигателем, сразу осела — видимость стала хорошей. Мы прилунились на отлогой равнине, изъеденной кратерами. Самый большой из них имел диаметр 15 м, самый маленький — только 2 см. Горизонт неровный. Склоны больших кратеров создавали впечатление, что вдали множество пологих холмов. Грунт (в пределах видимости, т. е. в радиусе двух метров от нас) представлялся песчаным с обломками пород. Угловатой или слегка сглаженной формы обломки сверху покрыты песком. Лунная поверхность в момент прилуновения была ярко освещена. Казалось, что это не лунный грунт, а песчаная поверхность пустыни в знойный день. Но если взглянуть еще и на черное небо, то можно вообразить, что находишься на усыпанной песком спортивной площадке ночью, под ослепительными лучами прожекторов. Ни звезд, ни планет, за исключением Земли, не было видно.

Доклад, прочитанный на XIII Сессии КОСПАР (Ленинград, июнь 1970 г.), публикуется с любезного согласия автора. Сокращенный перевод Г. Н. Деева.



Лунная кабина космического корабля «Аполлон-11» прилунилась на отлогой равнине, изъеденной кратерами

КАК МЫ РЕАГИРОВАЛИ НА ЛУННОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ?

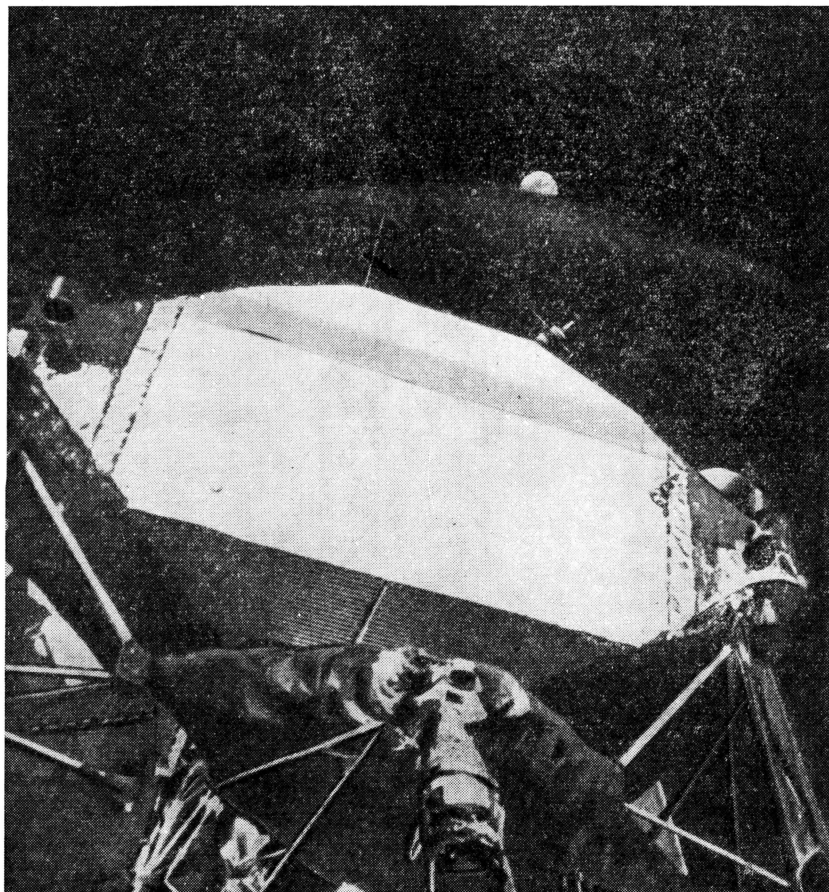
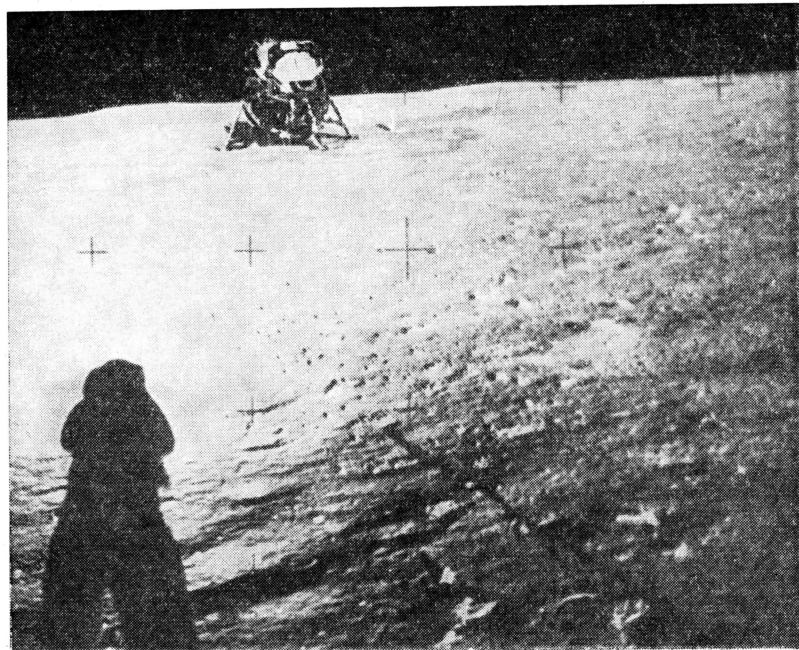
Лунный отсек стоял в рабочем вертикальном положении. Соблюдать равновесие было нетрудно. Встать на ноги после случайного падения тоже не составляло затруднений. Подниматься на носки, как это мы делали на Земле в экспериментах, имитирующих лунное притяжение, не хотелось. Вообще, ощущение притяжения на Луне приятнее, чем земное и даже приятнее состояния невесомости.

ОСВЕЩЕННОСТЬ И ЦВЕТ

Солнце во время нашего пребывания на Луне поднималось над горизонтом от $10,5$ до 22° , а во время пребывания лунной кабины «Аполлона-12» — от $5,2$ до $21,1^\circ$. Все наблюдения за освещением и светом были ограничены этими условиями. В среднем, уровень освещения оказался очень высоким (как в безоблачный день на Земле). Тени были густыми, но не черными. Солнечный свет отражался от склонов лунных кратеров и видимость становилась хорошей.

Своеобразные фотометрические свойства Луны известны давно. Существовало опасение, что в определенный момент наши глаза, ослепленные Солнцем, ничего не смогут увидеть, поэтому траектория снижения лунной кабины была рассчитана так, чтобы в точке прилунения солнечные лучи не мешали космонавтам.

Цвет едва заметен или не обнаруживается вообще. При незначительной высоте Солнца над горизонтом, как например во время посадки «Аполлона-12», практически различать цвета невозможно. Когда Солнце поднимается над горизонтом до 10° , начинают появляться коричневые и бурые оттенки. В общем, исследованный нами район по освещенности может сравниться с пустыней, а его цвет напоминает цвет сухого цемента или



Вид Земли с лунной поверхности

песчаного пляжа. При выходе из кабины мы неожиданно обнаружили, что обломки пород и частицы лунного грунта имеют темно-серый или угольно-серый цвет.

ЛУННАЯ ТОПОГРАФИЯ

На фотографиях посадочные площадки «Аполлона-11 и -12» выглядели ровными. Однако фотографическая камера сглаживает мелкие неровности рельефа. Думаю, что большую часть (если не все) неправильностей рельефа составляют элементы валов кратеров. Однако к моменту прилунения мы этого не знали. Совершенно неясным был характер микрорельефа на удаленных к горизонту участках.

Неровности горизонта в сочетании с небольшой силой тяжести затрудняли определение вертикали (точность определения, вероятно, не превышала 5°). Отчетливо выраженная неровность лунной поверхности усугублялась тем, что скрадывалось расстояние до удаленных форм рельефа. Неровности создавали такое же впечатление, какое бывает у человека, плывущего по сильно взволнованному морю.

Край Западного кратера, находящегося приблизительно в 400 м к востоку от нас, не был виден, хотя его вал, как мы предполагали во время снижения лунной кабины, достигал высоты 25 м.

Сейчас можно утверждать, что у всех четырех космонавтов во время пребывания на Луне наблюдалась тенденция занижать расстояние. Мы полагаем, что наши первичные оценки расстояний также занижены.

ЗЕМЛЯ

Во время полета «Аполлона-11» Земля находилась приблизительно в 30° к западу от зенита. Она казалась выпуклой и очень яркой. Преобладали два цвета: синий — океанов и белый — облаков. Однако легко можно было различить и серо-коричневый цвет континентов. Угловой диаметр Земли при наблюдении с Луны в 4 раза больше, чем у Луны, наблюдаемой с Земли. Хотя Земля и казалась маленькой, все же это было весьма красочное зрелище.

ЗАЩИТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

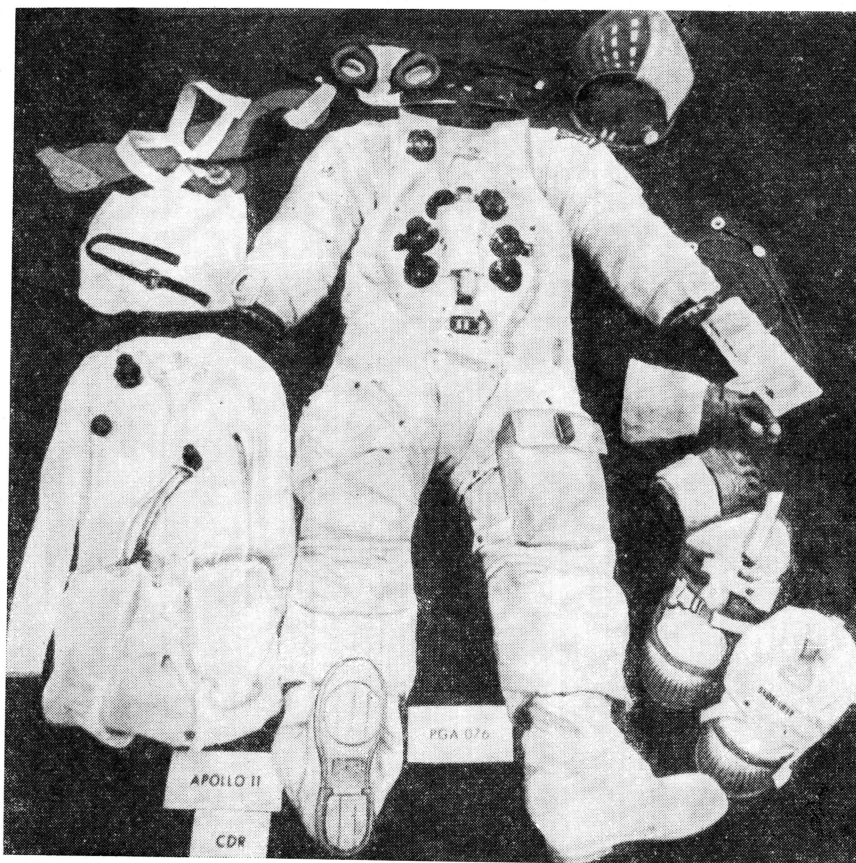
Прежде чем говорить о работе на поверхности Луны, мне хотелось бы дать краткую характеристику нашей одежды и защитного оснащения.

Основные детали одежды космонавтов защищают организм от вакуума, термических воздействий и от микрометеоритов. Ранцевая система состоит из аппаратуры связи, вентиляции и аппаратуры для регулирования температуры и давления. Эта система подает 100%-ный кислород при рабочем давлении 0,2625 кгс/см². Температурная защита обеспечивает нормальную жизнедеятельность при наружных температурах до +121°.

Скафандр снабжен герметическим шлемом, перчатками, защитными покрытиями и различными датчиками. Надевается он через вертикальный

разрез на спине и застегивается застежкой типа «молния» с дополнительным контрольным замком. На плечах, локтях, запястьях, бедрах, коленях и лодыжках имеются гофрированные сочленения. Жесткий каркас помогает сохранять постоянный объем в сочленениях. Рукава монтируются на сферических шарнирах, которые позволяют вращать рукой. На туловище и шее скафандра шарниров нет. Через систему трубок производится общая вентиляция скафандра.

Герметический шлем — это прозрачный пузырь, вложенный в многослойную систему, напоминающую рыцарское забрало. Защитная оболочка содержит две пары съемных фильтров для защиты от ультрафиолетового и инфракрасного излучения, а также для наблюдения в видимой части спектра. На шлеме укреплены три козырька (один в центре и два по бо-



Лунный скафандр космонавта

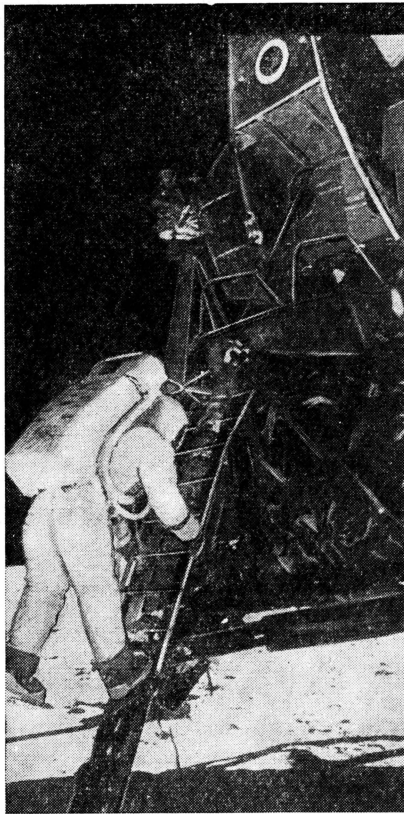
кам), защищающие лицо космонавта от солнечных лучей.

Перчатки отлиты по слепку с кистей рук. Подвижность кисти обеспечивается гофрированной секцией, которая комбинируется с шарниром. Такая конструкция позволяет поворачивать перчатку на 360° . Многослойные покрытия обеспечивают герметизацию, защиту от воздействия температуры и от механических повреждений микрометеоритами. У башмаков многослойный верх и толстая, ребристая подошва из силиконовой резины. Непосредственно к телу прилегает одежда с жидкостным охлаждением. Это, по существу, белье. Оно служит как бы термическим буфером между телом космонавта и охлаждающей средой. Во внутреннюю поверхность ячеистой ткани одежды шита сеть трубок, по которой постоянно течет поток воды заданной температуры.

В ранце (портативная система жизнеобеспечения) — средства связи, рабочие датчики и прибор, подающий кислород. Двуокись углерода поглощается гидроокисью лития, вода — водяным сепаратором, запахи — активированным углем, посторонние частицы — фильтром, а тепло — теплопоглотителем. Чистый охлажденный кислород вновь подается для дыхания. Неизбежные потери компенсируются поступлением кислорода из специального баллона. Кислородный баллон может быть перезаряжен. Охлаждающая вода в трубках скафандра нагнетается моторным насосом с расходом $0,4 \text{ кг/мин}$. Насос помещен в ранце. Вода охлаждается в сублиматоре, регулирование температуры в котором производится вручную поворотом вентиля. При полностью открытом вентиле весь поток проходит через сублиматор и охлаждается. Если вентиль занимает противоположное положение, поток воды проходит мимо сублиматора.

Сублиматор пористо-пластинчатого типа использует воду как испаряющийся материал. Баллон водоснабжения содержит $0,8 \text{ кг}$ воды и может быть перезаряжен.

Насосы и вентиляторы питаются батареей, которая служит также источником электричества для рабочих инструментов и средств связи. Система коммуникации позволяет вести го-



На спине у космонавта ранцевая портативная система жизнеобеспечения



Характерное положение космонавта на лунной поверхности

ловую и телеметрическую связь по двум каналам. Разговор с основным блоком космического корабля записывается на магнитофонную ленту и одновременно передается на Землю.

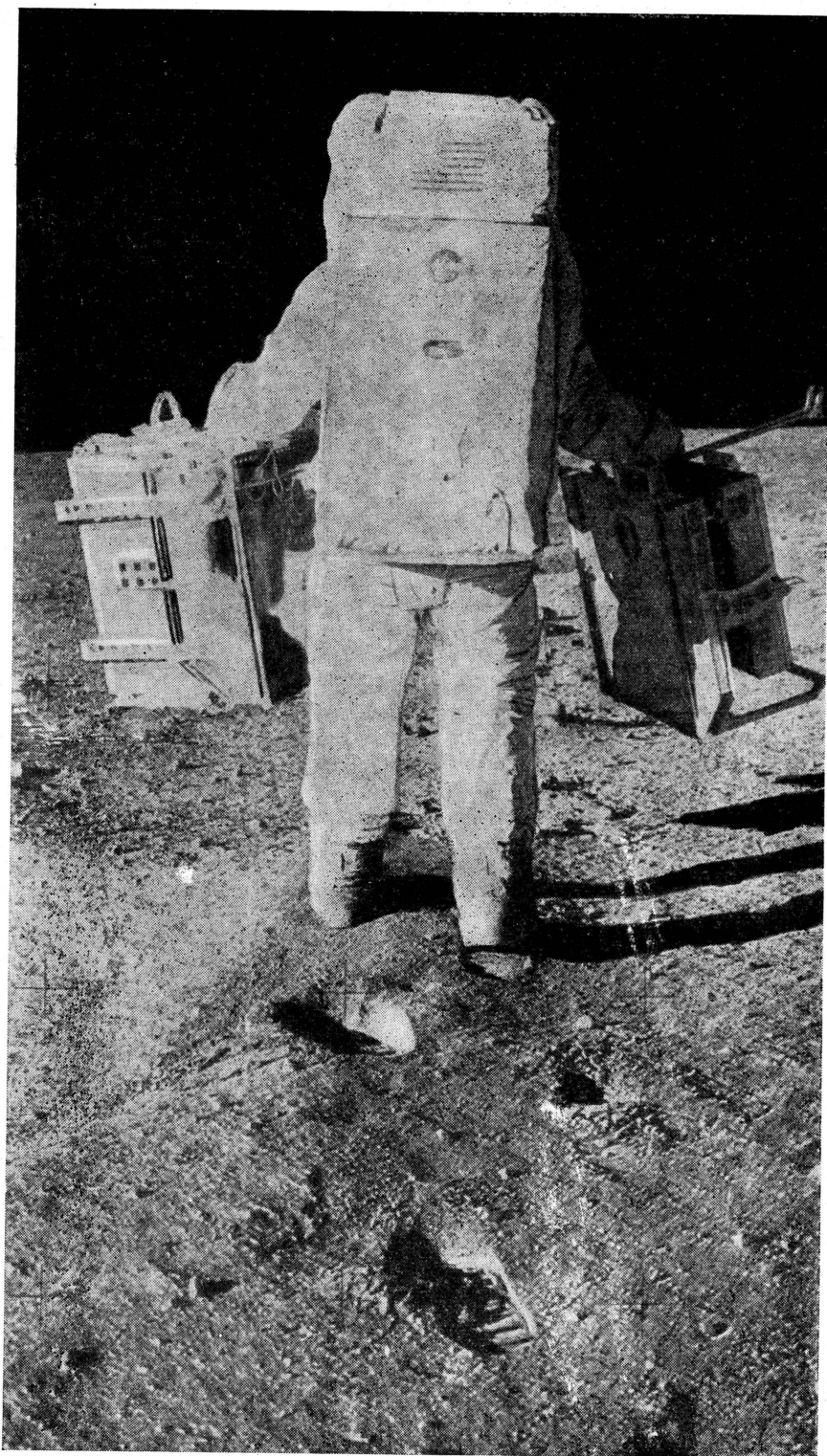
Вентили температурного контроля, кислородный и водный, расположены в нижней правой части ранца. Электрические и коммуникационные датчики, регулятор давления кислорода и индикаторы физического состояния космонавта находятся на пульте дистанционного управления, размещенного на груди скафандра. На этом пульте можно установить широкоплечную, 70-мм фотоаппаратную камеру.

ПОДВИЖНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

У космонавта, облаченного в скафандр и снабженного ранцем, центр тяжести перемещается вверх и несколько назад. Чтобы не потерять равновесие, он наклоняется вперед. На поворотах его движения несколько замедлены. Это объясняется небольшим сцеплением подошв обуви с лунным грунтом. Однако привычной скорости поворота можно легко добиться.

Переход из состояния покоя в состояние движения тоже заметно медленнее, чем на Земле. Чтобы двигаться быстрее, нужно сделать три или четыре шага с небольшим ускорением или сильно наклониться вперед и энергично оттолкнуться, набрав нужную скорость с первого шага. Оба эти способа удовлетворительны, но обычно использовался первый из них.

Были испробованы три способа движения вперед: хождение, подскоки при ходьбе и бег вприпрыжку. Хождение использовалось для обычных операций около лунной кабины и для переноски грузов. Скорость хождения не превышала полуметра в секунду. При больших скоростях космонавт, делая шаг, как бы взлетал вверх. При беге вприпрыжку он обеими ногами одновременно отталкивался от поверхности. Последний способ оказался наиболее эффективным при передвижении на большие расстояния, так как достигалась скорость $1\text{—}1,5 \text{ м/сек}$, а на отдельных участках до $2,0 \text{ м/сек}$. Много времени уходило



Космонавт переносит оборудование для экспериментов

на то, чтобы выбрать наилучший путь на неровной поверхности.

Скачки похожи на бег вприпрыжку, но при скачках на Луне, в отличие от бега, ноги двигаются довольно медленно. Создается ощущение медленного бега. Бег, каким мы его знаем на Земле, на Луне воспроизвести невозможно.

Остановиться во время ходьбы сразу нельзя, можно только после одного или двух шагов, во время скачков — после трех или четырех скачков. Шаги в сторону затруднены ограниченной подвижностью скафандра. В общем, движение по лунной поверхности требует больше расчета и внимания, чем передвижение по Земле.

Конечно, в условиях лунного притяжения хочется прыгать вверх. Свободные прыжки с сохранением контроля за движением возможны до одного метра. Прыжки на большую высоту часто заканчивались падением. Наибольшая высота прыжка составляла два метра, т. е. до третьей ступени лестницы лунной кабины. В этом случае космонавту удалось сохранить равновесие только потому, что он сумел схватиться за лестницу руками.

Падения не имели неприятных последствий. Скорость их настолько мала, что нет оснований опасаться каких-либо повреждений. Обычно при нарушении равновесия падение можно предотвратить простым поворотом и шагом в ту сторону, куда падаешь. Если упадешь лицом вниз, можно легко подняться без посторонней помощи. При падении на спину нужно приложить больше усилий, чтобы подняться самостоятельно. Конечно, с помощью другого космонавта встать на ноги проще всего. Во время двух лунных экспедиций мы старались как можно меньше касаться скафандром поверхности Луны, чтобы не повредить его обломками пород.

Скорость передвижения и стабильное положение в известной степени зависят от самой природы лунной поверхности. Хотя грунт и кажется мягким, след углублялся обычно менее чем на 1 см. Частицы грунта малы и легко прилипали к скафандру и обуви. Следы были намного глубже (5 см) на валу и в донной части кра-

тера, диаметр которого составлял 5 м. Обычно наш путь между двумя точками был извилистым, так как мы старались избежать неровностей.

Один из космонавтов, ступив на покрытый пылью плоский кусок породы, поскользнулся. Но, в общем, устойчивость вполне достаточная. Крутизна склонов кратера 12—20°, где был обнаружен «Сервейер», не вызывала никаких трудностей для экипажа лунной кабины «Аполлона-12». Космонавтам пока не приходилось преодолевать крутые склоны больших кратеров (40°).

РАБОТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

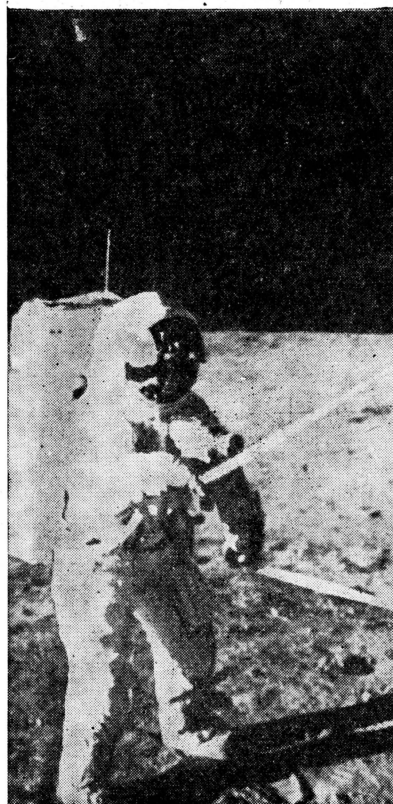
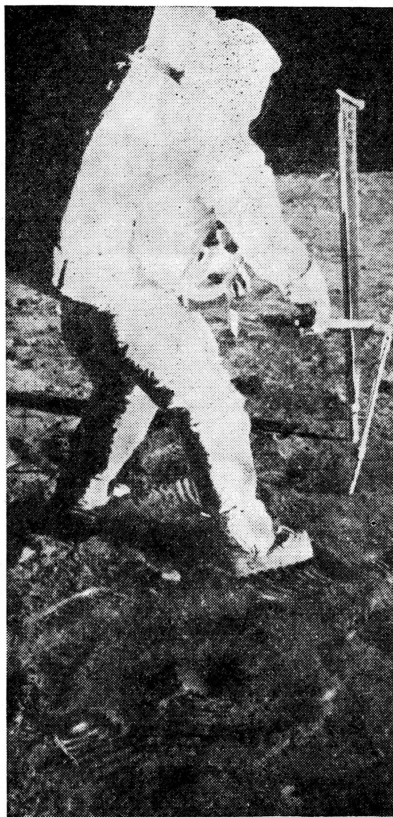
Физическая работа, которая выполнялась на поверхности Луны, заключалась в выгрузке и погрузке оборудования, переноске и установке оборудования для экспериментов, сборе образцов пород и бурении скважин для отбора проб грунта.

Перенос грузов осуществлялся различными способами. Космонавт переносил сразу оборудование для экспериментов, которое на Земле весит 74,3 кг (на Луне 12,4 кг). Дополнительный груз в некоторых случаях оказывался даже полезным, так как с увеличением веса усиливалась сила трения и создавалась большая устойчивость.

Для закрепления и переноски оборудования мы с удовольствием использовали ранец. При этом второй космонавт помогал нагружать и снимать груз.

В лунную кабину мы доставляли оборудование, используя тягу. Этот процесс на Луне значительно отличается от того, что мы привыкли делать в земных условиях. На Луне следует прилагать сравнительно небольшие усилия, хотя большой наклон тела может вызывать частые падения. Тем не менее мы намерены использовать этот принцип в дальнейшем, так как в скором времени на лунной поверхности придется перемещать значительно больше грузов. Следовало бы, конечно, изобрести специальное средство типа тележки-рикши для транспортировки оборудования.

При монтаже оборудования для исследования солнечного ветра, при



Введение штанг в лунный грунт

закреплении флагштока и при отборе проб грунта мы вводили штанги и грунтоносы. Экспедиция «Аполлона-11» ввела грунтоносы лишь на 20 см, но не до полного упора, однако было замечено, что с углублением сопротивление возрастало. Экипаж лунной кабины «Аполлона-12» сумел ввести грунтонос глубже.

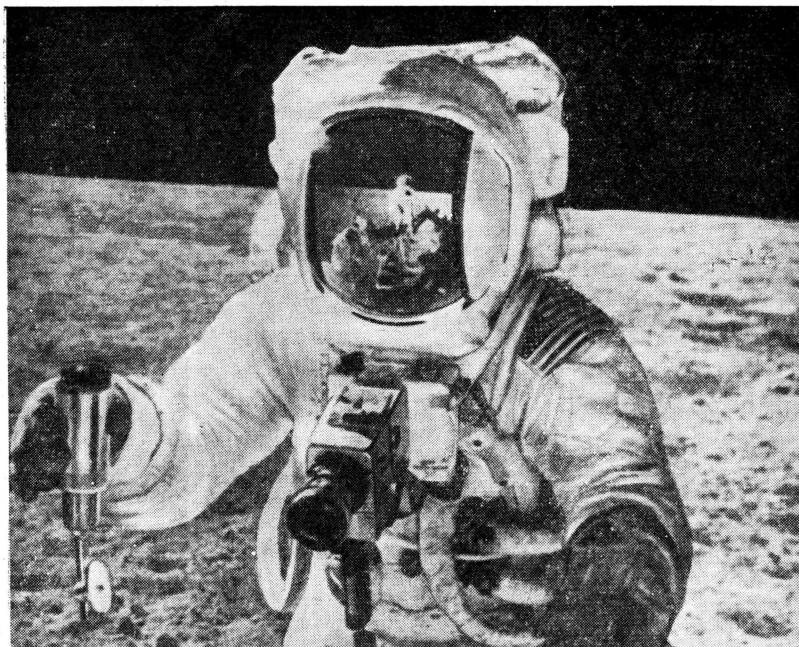
Интересные особенности выявились при сборе совком образцов лунного грунта. Сила трения, удерживающая образец в совке, пропорциональна весу образца на Луне, который, естественно, был весьма мал. Поэтому образец соскальзывал при самых небольших ускорениях. Открытым совком следует действовать гораздо медленнее и осторожнее, чем на Земле, если хочешь донести содержимое совка до контейнера. Хотя мы познакомились с этой особенностью в процессе подготовки к полету, я потерял довольно много материала во время сбора образцов.

Эффективность работы на поверхности Луны значительно снижается тем, что в скафандре трудно нагибаться, так как невозможно согнуть скафандр в талии или шее. При попытке нагнуться создается впечатление, будто спина и шея находятся в гипсовом корсете. Чтобы поднять какой-нибудь предмет, нужно потратить много труда и времени. Модификация скафандра может облегчить эти трудности, но, очевидно, в течение ближайших нескольких лет нельзя будет устранить эти недостатки.

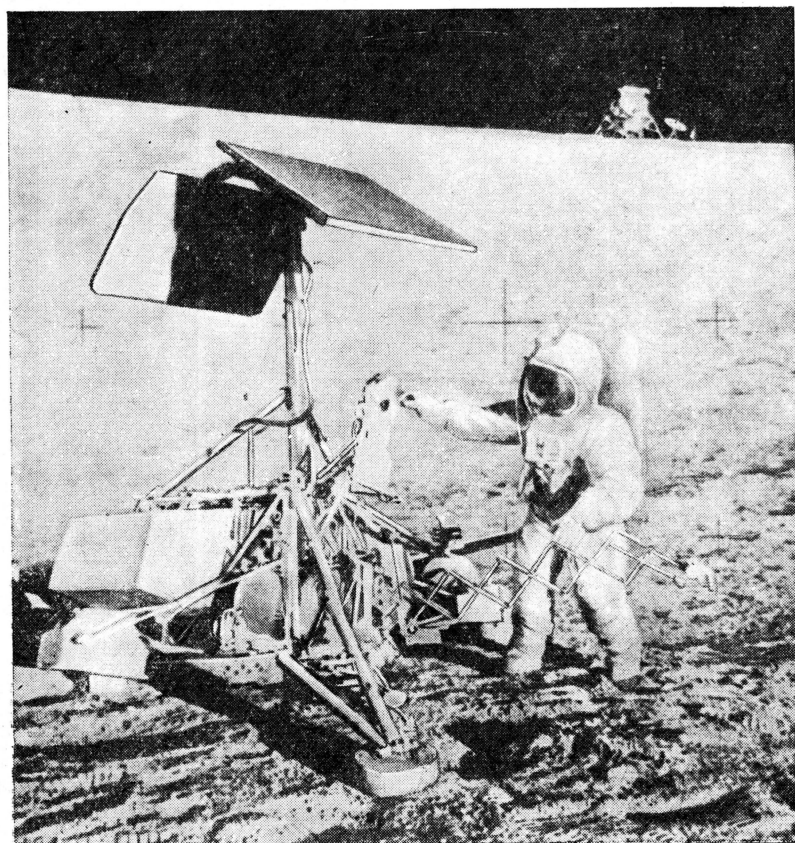
ФОТОГРАФИРОВАНИЕ

Фотографирование неподвижных предметов осуществлялось обычной широкоплочной 70-миллиметровой камерой «Хассельблад», снабженной автоматической подачей пленки. Камера несколько модифицирована. Пленка с тонкой подложкой позволила получить 160 кадров за один заряд камеры. Наводка производилась вручную. Видоискатель и экспонометр не использовались. Камера была ук-

Для перемещения грузов можно использовать принцип тяги



Космонавт с фотографической камерой на Луне



Космонавт у автоматической лунной станции «Сервейер»

реплена на пульте дистанционного управления, который размещен на груди космонавта. Повернувшись к объекту съемки, космонавт спускал затвор аппарата. Выдержки «по светам» и «по теням» сильно отличались, поэтому на верхней части камеры нанесена таблица выдержек для различных условий съемки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ

Определение рабочей нагрузки или расхода энергии человека, находящегося на поверхности Луны, является необходимым условием для планирования и осуществления исследований. При определении реальной рабочей нагрузки учитывались три фактора: сердечная деятельность, потребление кислорода и выделение тепла. Были созданы кардиотахические методы регистрации сердечной деятельности космонавта через каждые 30 секунд. Для постоянной записи телеметрической информации использовался самописец.

Расход энергии экипажа лунной кабины «Аполлона-11» колебался от 225 до 350 ккал/час при норме 275—300 ккал/час. Поэтому продолжительность лунных прогулок во второй лунной экспедиции была продлена до четырех часов.

Две экспедиции на космических кораблях «Аполлон-11» и «Аполлон-12» позволили накопить некоторые сведения о поведении человека на Луне. Созданное защитное снаряжение помогло космонавтам жить и работать в условиях враждебного вакуума и аномальных температур. Лунное притяжение оказалось весьма благоприятным для работы космонавтов. Мы не обнаружили ни физических, ни психологических затруднений, которые помешали бы планировать дальнейшие исследовательские работы на поверхности Луны.

Совершенствование скафандров повысит эффективность деятельности на Луне и поможет провести более сложные и тонкие эксперименты. На ближайшее десятилетие можно планировать значительно более широкую программу исследований, которые намного увеличат наши знания и понимание природы естественного спутника Земли.