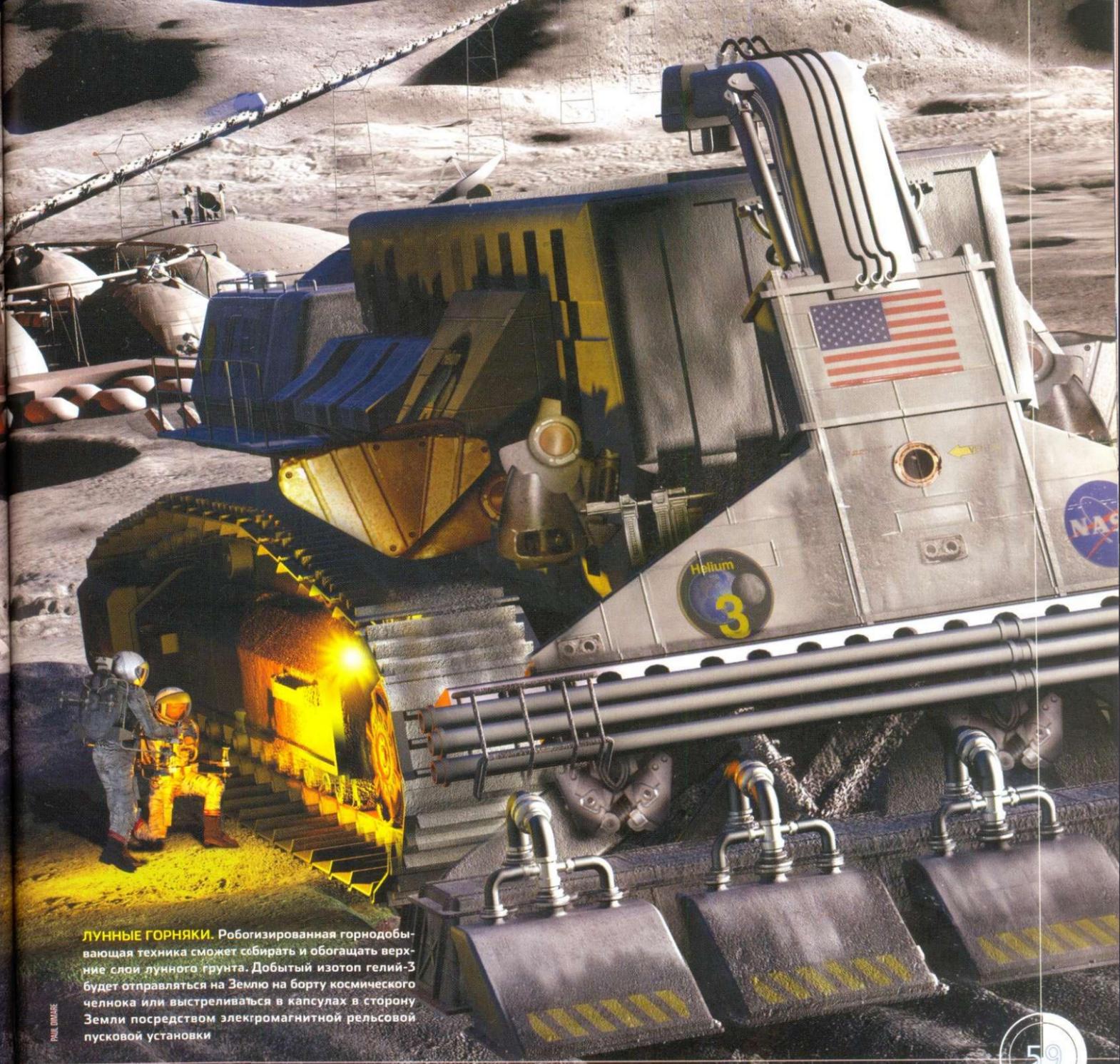
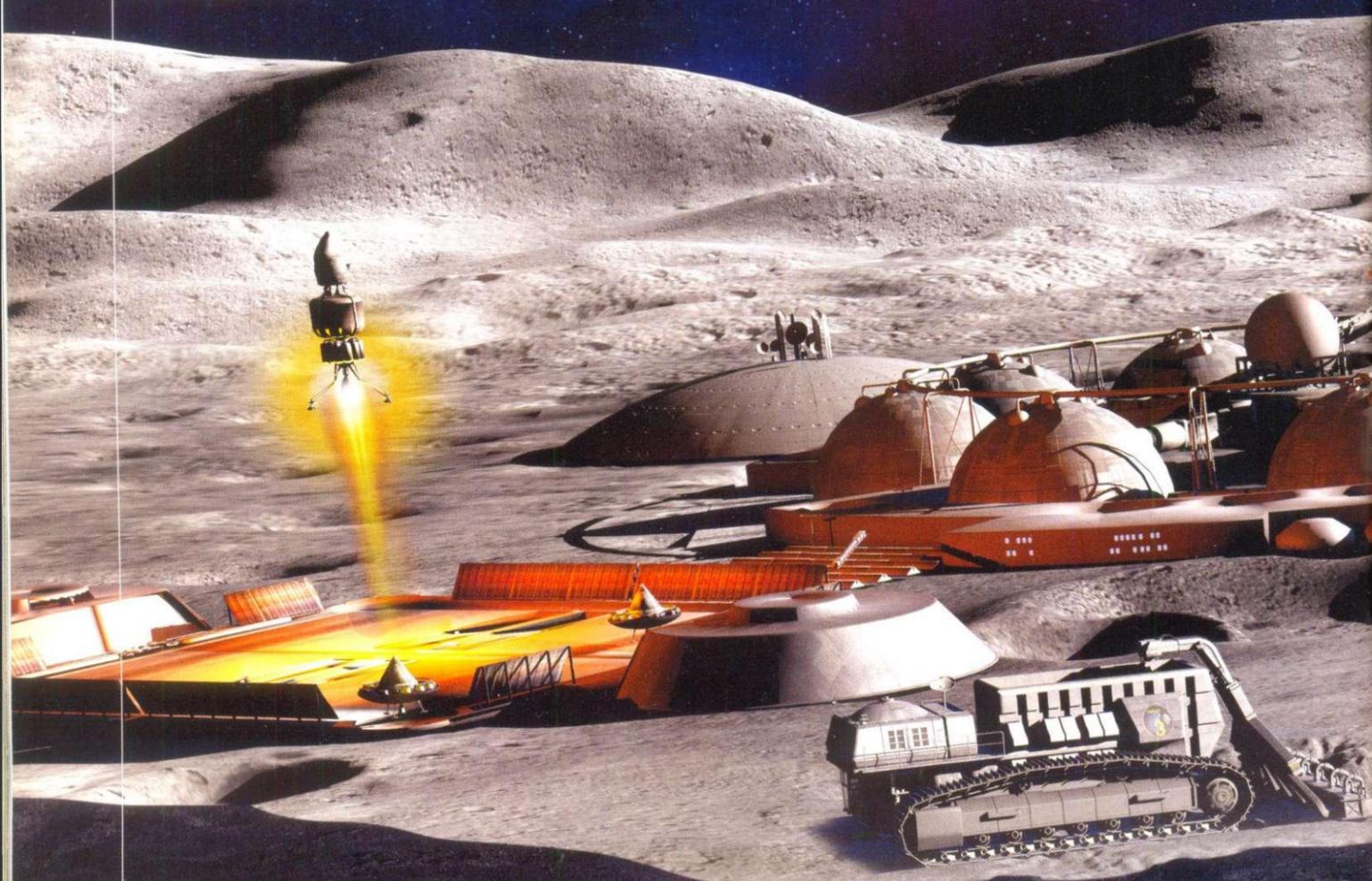


ЛУННЫЕ СОКРОВИЩА

Один из членов экипажа знаменитой лунной станции АПОЛЛОН берется доказать, что ключом к будущему развитию Земли послужат грандиозные запасы экологически чистого ядерного горючего, дожидаящиеся нас в недрах Луны



Харризон Шмитт, член экипажа космического корабля АПОЛЛОН-17, покинул Луну 32 года тому назад. С собой он привез центнер лунных камней и страстное желание увидеть, как человечество продолжит исследования космоса. Шмитт убежден, что пришло время американцам вернуться на Луну. Почему именно теперь, он объясняет в статье, написанной специально для нашего журнала.

ГЕОЛОГИЯ **Лунные горняки**

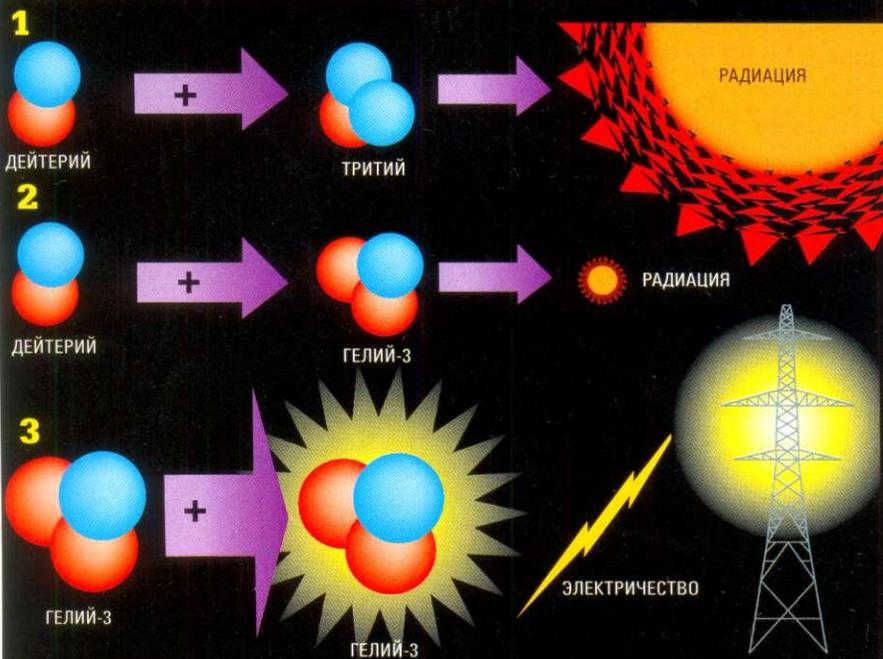
Горсточка земли, подобранная на гребне лунного кратера Камелот, соскользнула с моего совка в тефлоновый пакет и вместе со всей коман-

дой Аполлона-17 отправилась в путь на Землю. В тот день, 13 декабря 1972 года, я, пожалуй, не представлял, что образец грунта 75501, а также образцы, доставленные Аполлоном-11 и другими экспедициями, послужат вескими аргументами для того, чтобы в XXI веке нам потребовалось вновь вернуться на Луну. Осознание придет позже, через тринадцать лет, когда молодые инженеры университета штата Висконсин в образцах лунного грунта обнаружат существенное количество гелия-3. Это весьма любопытное вещество является изотопом хорошо известного газа – того самого, которым по праздникам наполняют разноцветные воздушные шары.

ЛУННЫЕ ГОРНЯКИ. Роботизированная горнодобывающая техника сможет собирать и обогащать верхние слои лунного грунта. Добытый изотоп гелий-3 будет отправляться на Землю на борту космического челнока или выстреливаться в капсулах в сторону Земли посредством электромагнитной рельсовой пусковой установки

ТРИ ОБЛИКА ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Теоретическая основа бездонного источника энергии – знаменитое уравнение Эйнштейна $E=mc^2$ – отражает те огромные объемы энергии, которые можно высвободить путем ядерного синтеза. Солнце питается теплом благодаря реакции, когда атомы водорода сливаются воедино, образуя атомы гелия.



ПЕРВОЕ ПОКОЛЕНИЕ. Исследователи воспроизвели на Земле ту реакцию, которая происходит на Солнце, используя два “тяжелых” изотопа водорода – дейтерий и тритий, – которые вступают в реакцию при более низких температурах, чем обычный водород. Реактор первого поколения на базе синтеза дейтерия и трития работал в экспериментальном режиме в течение 15 лет. Исследования велись в Принстонской лаборатории физики плазмы в Нью-Джерси.

ВТОРОЕ ПОКОЛЕНИЕ. Реакторы первого поколения необходимы для собственно физических исследований, однако в коммерческом плане использовать реакцию дейтерия-трития оказалось невозможно. Среди многих проблем одна из самых важных состоит в том, что при реакции возникают большие потоки радиации в форме нейтронов. Заменяв тритий на гелий-3, мы значительно уменьшим нейтронное излучение и сделаем процесс достаточно безопасным, чтобы размещать термоядерные электростанции именно там, где необходима их энергия, то есть около больших городов. Нынешним летом исследователи из Института термоядерной технологии при университете штата Висконсин, Мэдисон, сообщили, что им удалось запустить и поддерживать реакцию ядерного синтеза с использованием в качестве топлива дейтерия и гелия-3.

ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ. Термоядерные реакторы первого поколения никогда не предназначались для того, чтобы производить энергию в промышленных масштабах. Но даже если бы это удалось, если бы разрешились все проблемы и работа реакторов была бы доведена до совершенства, электроэнергия на этих станциях производилась бы тем же неуклюжим способом, каким она производится в большинстве случаев сейчас. Реакторы использовались бы просто как источники тепла, а дальше, как во всех тепловых электростанциях, потоки пара вращали бы массивные турбины электрогенераторов. Судя по всему, самая перспективная идея в этой сфере – построить реактор третьего поколения, который работал бы исключительно на гелиевом топливе. Тогда нам не потребуется никакой генератор – электроэнергия будет возникать напрямую, и станет возможным эффективно использовать до 70% энергии, содержащейся в ядерном топливе.

Еще до лунных экспедиций небольшое количество гелия-3 удалось обнаружить на Земле, и этот факт заинтриговал научное сообщество. Гелий-3 со своим уникальным внутриатомным строением обещал фантастические перспективы. Если использовать его в реакции ядерного синтеза, того самого, который питает энергию наше Солнце, то можно было бы получить огромные количества электроэнергии, не погрязнув при этом в опаснейших радиоактивных отходах, которые помимо нашей воли производятся в традиционных ядерных реакторах. Добывать гелий на Луне, а затем отправлять на Землю – занятие не из легких, но тех, кто ввяжется в эту авантюру, ждет сногшибательная награда. Гелий-3 мог бы избавить мир от наркотической зависимости, когда жизнь невыносима без ископаемого горючего.

В течение десятилетий, когда исследования космоса посредством обитаемых космических аппаратов свелись практически к нулю, разработка подобного проекта представлялась совершенно нереальной. Конечно, Америка и другие державы посылали время от времени космонавтов на околоземные орбиты, однако в дальние космические пределы человечество предпочитает теперь отправлять только роботов. Ситуация изменилась 14 января 2004 года, когда президент Джордж Буш призвал NASA к “дальнейшему исследованию космоса и расширению человеческого присутствия по всей нашей Солнечной системе”.

Для чего возвращаться

В течение всей истории человечества поиск драгоценных ресурсов – сначала еды, затем минералов и, наконец, энергии – толкал на исследование и освоение все более и более отдаленных уголков планеты. Полагаю, что гелий-3 станет тем ресурсом, который сделает освоение Луны желательным, а следовательно, и возможным.

Хотя на Земле и существует гелий-3 в тех количествах, которые позволяют исследовать его физические свойства, ни о каких коммерчески значимых запасах этого вещества говорить не при-

ходится. Если бы таковые имелись, мы бы, наверное, уже давно научились получать с их помощью электричество. Чем дальше мы продвигаемся в создании термоядерных реакторов, тем острее осознаем привлекательность реактора на базе гелия-3.

Исследователи перепробовали несколько способов укрощения грандиозных энергий водородного синтеза, пытаясь получить мирное электричество. Камнем преткновения оказались трудности достижения температур, необходимых для под-

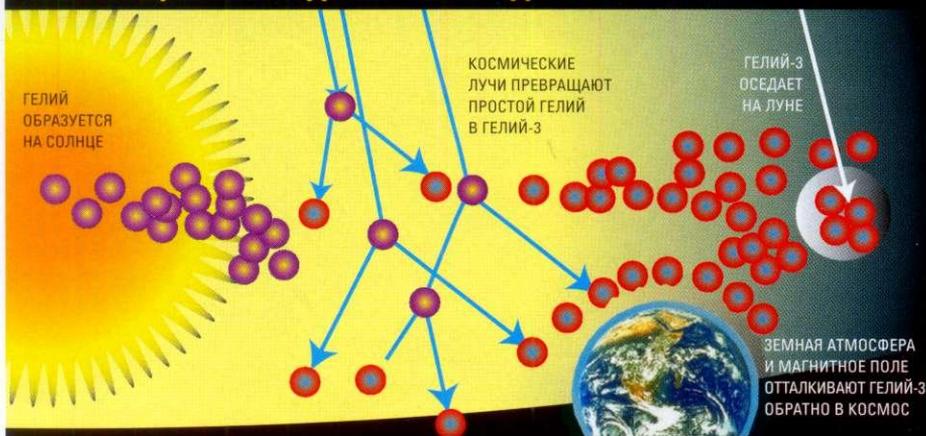
держания реакции. При этих температурах – таких, как на поверхности Солнца – плавятся все известные нам материалы. Поэтому реакцию можно поддерживать, только ограничивая зону процесса магнитным полем, то есть создав своеобразный электромагнитный термос.

На первых порах ученые полагали, что синтеза можно достичь, используя дейтерий, изотоп водорода, обнаруженный в морской воде. Вскоре выяснилось, что требования к температуре и давлению для под-

держания этого процесса в течение хотя бы нескольких дней не увязываются с возможностями технологии магнитного ограничения зоны реакции. Если тритий заменить на гелий-3, вместо магнитов можно использовать электростатическое ограждение, и вообще конструкция реактора становится намного проще, а объемы высокоактивных отходов заметно сокращаются. Этот пово-



НАСТОЯЩИЙ ПРИРОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР



1. Гелий возникает в ходе ядерной реакции на Солнце. Далее, в космосе, под ударами космических лучей из атомов гелия выбиваются нейтроны, и таким образом возникает изотоп гелий-3. Свободные нейтроны сталкиваются с другими атомами гелия, создавая еще больше атомов гелия-3.
2. Магнитное поле Земли отталкивает гелий-3, и он скапливается на Луне.
3. При нагревании грунта и скальной породы высвобождается гелий и гелий-3



рот мысли впервые позволил посмотреть на термоядерный синтез как на прикладную энергетическую задачу. Впрочем, гелий-3 не используется в энергетике не из-за недостатка инженерных талантов, а просто потому, что на Земле фатально не хватает самого изотопа. Огромные количества гелия зарождаются на Солнце, причем малую его долю составляет гелий-3, а остальное – гораздо более часто встречающийся гелий-4. Пока эти атомы движутся к Земле в составе “солнечного ветра”, оба изотопа претерпевают изменения. Столь драгоценный для нас изотоп никогда не достигает Земли, поскольку его отбрасывает прочь земное магнитное поле. К счастью, на Луне магнитного поля нет, так

что здесь он накапливается в поверхностном слое грунта, а в результате постоянного метеоритного дождя перемешивается с пылевыми осадками и скальными осколками, где и ждет нас многие тысячелетия.

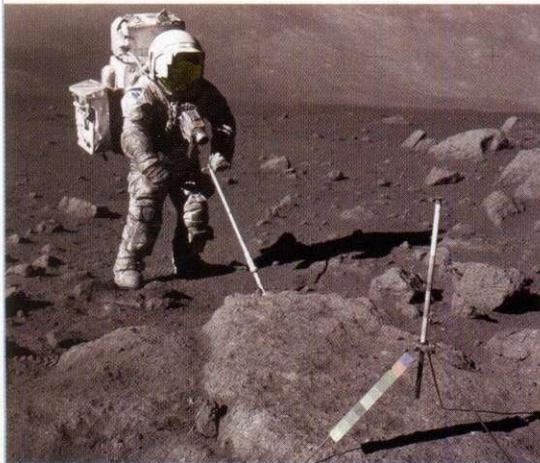
Программа добычи гелия-3 с поверхности Луны не только предоставляет весомые аргументы в пользу строительства на Луне людских поселений – она может принести грандиозные результаты и у нас, на Земле.

Горнодобывающая промышленность в условиях Луны

Анализ образцов, собранных в 1969 году Нилом Армстронгом в ходе первой лунной экспедиции, показал, что

концентрация гелия-3 в лунном грунте не опускается ниже 13 частей на миллиард. В непо потревоженных грунтах эта концентрация может достигать величин 20–30 частей на миллиард. Казалось бы, такие концентрации слишком малы, чтобы принимать их всерьез, однако если посмотреть на заложенную в проекте цену \$1400 за грамм гелия-3, легко подсчитать, что центнер гелия-3 потянет на очень приличную сумму в \$140 миллионов.

Поскольку концентрация гелия-3 достаточно низка, для обогащения придется перерабатывать значительные количества грунта и скальной породы. Если с лунной поверхности площадью примерно два квадратных



НА ЛУНУ ОТПРАВЛЯЕТСЯ НАСТОЯЩИЙ ГЕОЛОГ

В глазах еще стоит картина катастрофы Аполлона-13, публике уже надоели разговоры о космосе, урезается бюджетное финансирование, никто не хочет потерять еще один экипаж – вот в такой атмосфере экспедиция Аполлона-17 стала последним полетом на Луну в XX веке. NASA решает, что из последней лунной экспедиции следует извлечь максимум научной информации, и вносит изменения в список экипажа – так Харрисон Х. Шмитт стал первым и единственным по-настоящему профессиональным геологом, допущенным на поверхность Луны. Выбрать Шмитта было вполне естественно. Имея докторскую степень, полученную в Гарварде, он уже числился в штате астрогеологического отдела Геологической комиссии США (Флагстафф, Аризона). В его обязанности входила подготовка астронавтов к работе на Луне с использованием имитации лунных ландшафтов. В послужном списке Шмитта был лишь один пробел – его никогда не учили летать. За 18 месяцев он смог обрести крылья и стал пилотом реактивного самолета и лунного посадочного модуля. 11 декабря 1972 года он вместе с Юджином Сернаном совершил

посадку на Луну в районе долины Таурус-Литтроу. Первая же лунная прогулка (всего их было три) показала его подлинную научную компетентность и энтузиазм страстного исследователя. Через четыре года после того, как Шмитт вернулся на Землю с центнером лунных камней на борту, его выбрали сенатором США от штата Нью-Мексико. Сейчас он занимает пост президента Инициативной группы по межпланетным полетам, базирующейся в Альбукерке, и является самым страстным сторонником коммерческого освоения Луны.

километра содрать слой грунта толщиной три метра, мы получим около центнера гелия-3. Такого количества хватит, чтобы в течение года питать электричеством Даллас или Детройт.

По земным меркам расходы на процесс горнодобычи оказываются не слишком высокими. Почти всю работу могут выполнять автоматизированные комбайны. Выделение чистого изотопа тоже не представляется слишком сложным. Нагрев вместе с перемешиванием легко высвободит газы, адсорбированные в грунте. Если после этого пары охладить до абсолютного нуля, из смеси будут последовательно выпадать все присутствующие в ней газы. На последнем этапе специальные мембраны помогут отделить гелий-3 от простого гелия.

Принцип управляемой термоядерной реакции второго поколения предполагает слияние дейтерия и гелия-3. В результате реакции образуется высокоэнергетический протон (ион водорода с положительным зарядом) и ион гелия-4 (альфа-частица).

Наиболее важное потенциальное преимущество такой схемы синтеза состоит в ее совместимости с применением электростатических полей для управления ионами топлива и образующимися протонами. Протоны – положительно заряженные частицы, так что их движение можно с помощью полупроводниковых технологий перевести непосредственно в электрический ток. При такой конфигурации нет нужды превращать энергию протонов в тепло, чтобы потом крутить огромные турбогенераторы – прямое преобразование в электричество обещает в перспективе эффективность вплоть до 70%. Электростанции термоядерного синтеза, работающие на дейтерии и гелии-3, должны отличаться от альтернативных низкими капитальными и эксплуатационными расходами. Причины этому – меньшая техническая сложность, более высокая эффективность преобразования энергии, меньшие размеры, отсутствие радиоактивного топлива, угрозы заражения воздуха и воды и, наконец, весьма незначительные хлопоты с отходами

низкого уровня радиоактивности. Получается, что для разработки и строительства первой термоядерной электростанции на основе гелия-3 потребуются капиталовложения порядка \$6 миллиардов. Если ориентироваться на сегодняшние расценки при оптовой продаже электричества (пять центов за киловатт-час), то стоимость энергии из нового источника станет конкурентоспособной после ввода в строй пяти гигаваттных термоядерных станций, которые заменили бы устаревшие электростанции или подключились к питанию новых потребителей.

Новый космический транспорт

В планах освоения Луны, пожалуй, больше всего смущает проблема создания космического аппарата, который мог бы доставить на лунную поверхность рабочий персонал и необходимое оборудование. Базовой моделью, на которой можно было бы разработать надежную многоразовую лунную ракету, остается Аполлон Сатурн V. Пятое Сатурны, самые большие космические корабли в мире, способны забросить на Луну до 50 т груза. Вложив около \$5 млрд., можно разработать модернизированный Сатурн, способный доставить на лунную поверхность 100 т груза при стоимости перевозок в пределах \$3000 за кг.

Возвращение на Луну имеет смысл даже в том случае, если добыча гелия-3 окажется единственной целью. Однако со временем эта дерзкая авантюра должна

принести новые, более весомые дивиденды. Поселения, развернутые ради добычи гелия-3, станут базой для новых форм деятельности, необходимых при исследованиях космоса. Даже имея новое поколение Сатурнов, вряд ли будет экономически оправданно забрасывать на Луну большие количества кислорода, воды или стройматериалов, необходимых для создания постоянных человеческих поселений. Мы должны разработать технологии извлечения этих материалов из имеющихся на месте ресурсов. Переработка лунного грунта в поисках гелия-3 дает уникальную возможность получать их в качестве побочного продукта. Другие возможности могут открыться, если увидать коммерческий смысл в продаже относительно недорогого доступа в космос. Такие дополнительные формы получения прибыли могут включать в себя платные услуги по поддержке государственных программ исследования Луны и других планет, создание астрономических обсерваторий, услуги в плане национальной обороны и, наконец, долгосрочные программы экстренной защиты от падения на Землю астероидов и комет. Разумеется, наличие высоконадежных и недорогих ракетных перевозок создаст возможность для развития космического и лунного туризма.

Осознав столь грандиозные коммерческие перспективы, частнопредпринимательский сектор должен всеми силами поддерживать возвращение на Луну – на этот раз навсегда. **ПМ**

Стефано Коледан



“Лунный камень”, доставленная на Землю скальная порода, содержит в себе следы гелия-3