

12.12.2023 17:25:00

Лунная промышленность на новых физических принципах

Ядерные взрывные технологии - мощный ускоритель индустриализации планет Солнечной системы

 Александр Майборода (/authors/138772/)

Об авторе: Александр Олегович Майборода - предприниматель, автор группы изобретений в сфере космического транспорта (патенты США, ЕС и СНГ), член организации содействия развитию космической деятельности «Московский космический клуб».

Тэги: луна (/search/tags/?tags=луна), космос (/search/tags/?tags=космос), технологии (/search/tags/?tags=технологии), исследование космоса (/search/tags/?tags=исследование космоса), космонавтика (/search/tags/?tags=космонавтика), полет на луну (/search/tags/?tags=полет на луну)

В «НГ-науке» от 25 октября 2023 года была опубликована острополемическая статья Андрея Ваганова «Зачем человечество так упорно выталкивают в Космос. Никаких глобальных проблем космонавтика, и лунная гонка в частности, пока не смогла решить» (https://ng.ru/nauka/2023-10-24/9_8860_space.html). Кроме всего прочего, в ней автор пишет о почти непреодолимых технических и технологических проблемах освоения Луны и тем более дальнего космоса. Однако концептуальные решения хозяйственного, промышленного освоения Луны уже существуют. Мало того, принципы создания промышленности при помощи ядерной энергии на Луне применимы и к индустриализации Марса, карликовых планет и спутников планет-гигантов. И, как ни странно, недавний отзыв российским парламентом ратификации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) может способствовать тому, чтобы РФ стала лидером в этом процессе.

Мертвое небесное тело

В 1963 году США, СССР и Великобритании был подписан договор о запрещении ядерных взрывов в трех средах: космосе, атмосфере и на Земле. Напряжение в мире от ожидания ядерного апокалипсиса спало, но договор вызвал глубокое разочарование среди специалистов, работавших над мирным применением ядерных зарядов в космосе. Были остановлены работы по проекту «Орион», представлявшего разработку ядерно-импульсного двигателя (ЯРД), использующего маломощные ядерные заряды, заморожено развитие проекта по использованию промышленных «подземных» ядерных взрывов на Луне для масштабного производства кислорода и металлов из лунных пород. Таким образом, ДВЗЯИ застопорил космическую экспансию, запер человечество на Земле.

Между тем многие пионеры астронавтики, в частности Краффт Эрик (которого цитирует и Андрей Ваганов), считали, что именно ядерно-импульсные ракеты обеспечат завоевание Солнечной системы. Фримен Дэйсон, ключевой разработчик проекта «Орион», так определил возможные результаты реализации проекта: «На Марс - в 1965 году, на Сатурн - в 1970-



За пределами орбиты Марса и пояса астероидов ядерная энергия - пока единственный способ быстрой и недорогой индустриализации большей части Солнечной системы. Иллюстрация сгенерирована нейросетью Kandinsky 2.2

систем с импульсными ЯРД и применение ядерных взрывов в промышленных целях. Но политики пошли еще дальше в запретительной деятельности и в 1996 году создали договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, ДВЗЯИ. Большая часть государств подписали и ратифицировали договор. И вот Россия отозвала свою подпись под ратификацией этого договора.

Сейчас стоимость доставки грузов на Луну в лучшем случае составляет около 100 тыс. долл. за 1 кг. В порядке вещей цена доставки более 1 млн долл. за 1 кг.

Чем меньше ракета, тем выше удельная стоимость доставки. Понятно, что на фоне таких цен постоянно идут разговоры о непрактичности освоения Луны и других небесных тел. Однако призывы свернуть пилотируемую космонавтику под предлогом непомерных затрат оправданы лишь частично - разумно говорить только о непрактичности космонавтики на основе химических ракет. Сворачивать надо как раз эту техническую основу в виде неэффективных химических ракет и взамен возрождать космонавтику на основе импульсных ЯРД и промышленных камуфлетных ядерных взрывов на Луне, Марсе и других небесных телах.

Вместе с тем химические ракеты могут обрести второе дыхание в случае производства ракетного топлива, прежде всего кислородного компонента, на Луне и Марсе. Как показывал тот же Эрике, солнечная энергия малоэффективна для масштабного производства топлива и конструкционных материалов из лунного сырья. Промышленные масштабы - это объемы производства от миллиона тонн в год, что пока не под силу солнечной энергетике. Быстро создать ракетно-топливную промышленность на Луне, как показал Эрике, можно только при помощи промышленных камуфлетных ядерных взрывов.

Луна - мертвое небесное тело со смертельным радиационным фоном от солнечного ветра и галактических лучей, постоянно бомбардируемое астероидами и космическими камнями. Мощность ударов астероидов подчас превышает мощность ядерных зарядов. Эрике резонно замечал, что, если производить взрывы термоядерных или ядерных зарядов на

м!» В наше время должны были появиться исследовательские базы и колонии на Луне, Марсе, на спутниках Юпитера и Сатурна и крупных астероидах. Отказ от применения ядерных зарядов в космосе сделал все это невозможным.

Чистой идеей осталась и детально проработанная концепция промышленного освоения Луны Краффта Эрике. Его концепция была основана на самых эффективных технологиях, таких как транспортные ракеты с импульсными ядерными двигателями и термоядерные заряды, взрывающиеся для термолитизации лунных пород в целях получения кислорода и металлов. Кислород необходим для заправки химических ракет, металлы - для лунной промышленности.

Краффт Эрике мечтал, что в договор будут внесены соответствующие поправки, разрешающие разработку

достаточной глубине, в толщине лунных пород, поверхностная природная среда Луны нимало не пострадает.

Камуфлетные ядерные взрывы, исключая выход радиации на лунную поверхность, не несут угрозы лунной экосистеме, даже если бы она существовала. Но экосистема как таковая просто отсутствует на Луне. Парадоксально, но искусственную экосистему на Луне в виде отдельных очагов жизни - колоний можно быстро и недорого создать и поддерживать только при помощи промышленных ядерных взрывов. В мертвом лунном мире, враждебном жизни с Земли, ядерная энергия помогает созидать жизнь - радиоактивный атом становится «зеленым».

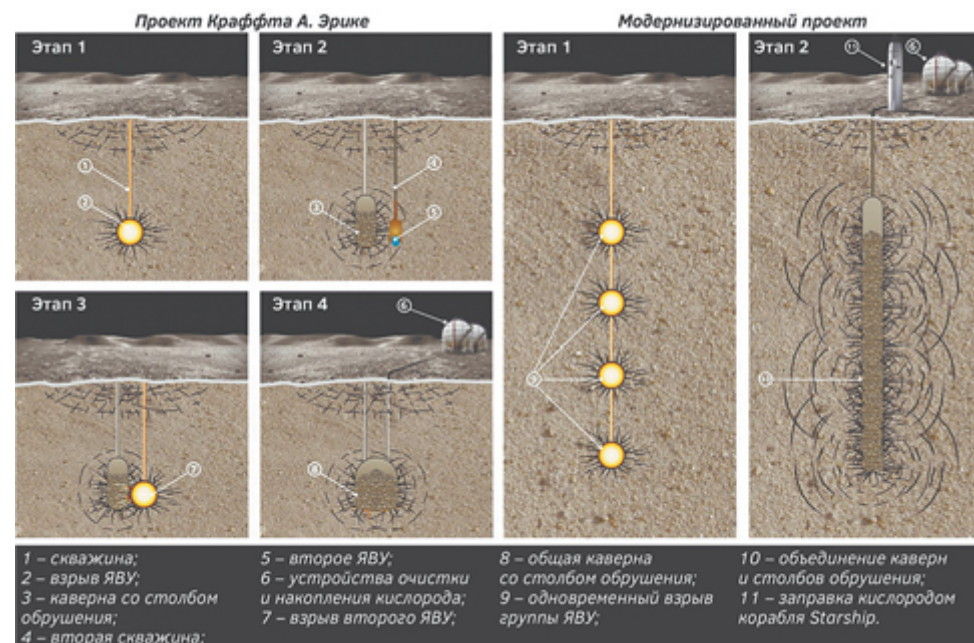


Рис. 1. Взрывная технология извлечения кислорода из лунных пород.

Лунный кислород

Подлунный взрыв освободит большое количество кислорода: ведь его содержание в лунных породах достигает до 40%. Если удалять кислород из взрывной каверны достаточно быстро, в окружающих каверну природных лунных породах будут образовываться богатые металлические руды. В условиях Земли такая технология не сможет найти применения из-за опасности нанесения ущерба природе. Луна же как будто специально создана для развития на ней взрывной технологии. В отличие от живой земной, лунная мертвая природа нечувствительна к «загрязняющему» воздействию индустрии. Таким образом, благодаря принципиально новому технологическому фактору энергетический сектор лунной индустрии тесно смыкается с ее сырьевым сектором.

Оценка производства кислорода по технологии Краффта Эрике дает следующие цифры. Для получения кислорода выгодно использовать заряды средней и большой мощности, около 1 Мт. Это уменьшает радиоактивное заражение продуктов ввиду минимизированного использования делящихся ядерных материалов - большая часть энергии выделяется за счет ядерного синтеза. Такие термоядерные взрывы считаются «чистыми».

При взрыве такой мощности на большой глубине в базальте радиус зоны испарения составляет 20 м, в которой масса испарившегося базальта - 90 600 т. Содержание кислорода в испаренном камне и термическом разложении оксидов - 36 000 т. С учетом выделения кислорода в зоне плавления, окружающую зону испарения, может дополнительно выделяться от 12 200 до 56 600 т кислорода.

За зоной плавления идет горячая твердофазная зона смятия и дробления. В ней также может происходить выделение кислорода при разложении оксида железа FeO . Разложение FeO может дать минимум 50 000 т дополнительно к массе кислорода из зон испарения и плавления. Итоговое выделение: от 98 000 т до 143 000 т на 1 Мт. В среднем - 120 000 т кислорода, O_2 .

Таким образом, при годовом расходе термоядерных зарядов суммарной мощностью 8 Мт объем производства кислорода лунной промышленностью достигнет 1 млн т. Масштабы производства могут достаточно быстро наращиваться по мере роста спроса на ракетное топливо для заправки космических кораблей вне Земли. Крупным потребителем лунного кислорода станут компании, реализующие планы колонизации Марса и других небесных тел. Другим потребителем станут компании, ведущие деятельность в околоземном космосе, например сооружающие спутниковые солнечные электростанции для снабжения Земли чистой энергией.

Принципиальная схема процесса показана на рис. 1 (этапы 1, 2, 3 и 4). Чтобы предотвратить интенсивное реокисление металлов и кремния, кислород нужно удалить из взрывной каверны так быстро, как это только возможно. С этой целью Эрике предлагает использовать пробуренный заранее канал, идущий с поверхности Луны до размещенной на нужной глубине начальной полости, в которую закладывается ядерный заряд. Между начальной полостью и нижним концом канала оставляется перемычка точно расчетной толщины. При взрыве эта перемычка мгновенно разрушается, и горячий кислород по каналу устремится вверх. Над верхним устьем канала должны быть заранее сооружены приемно-очистные сооружения и емкости для хранения кислорода. Однако это не самое лучшее решение. Причем сегодня уже ясно, что технология Краффта Эрике может быть улучшена. На рис. 1 (этапы 5 и 6) показана схема оптимизации процесса.

Необходимо заметить, что максимальной устойчивостью к наведенной радиоактивности обладает всего несколько элементов: водород, гелий, бериллий, углерод, кислород, свинец. В этом отношении кислород из ядерной полости-хранилища (после очистки от радиоактивной пыли в циклонах) не представляет такой опасности, как, например, азот воздуха, очень чувствительный к наведенной радиации.

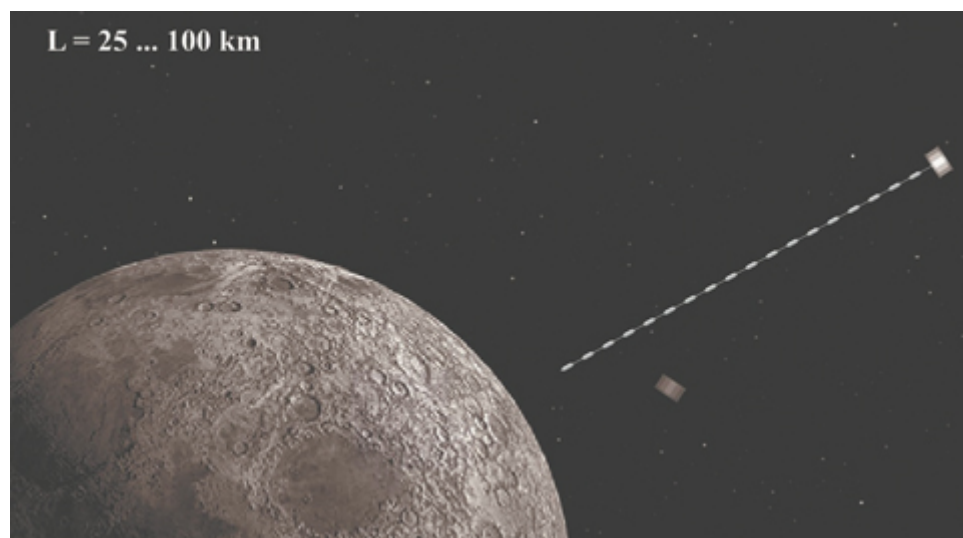


Рис. 2. Цепь из ударников, разворачиваемая на подлете к Луне.

Ударно-канатное бурение

Глубина камуфлетного взрыва в лунных условиях для заряда мощностью в 1 Мт должна быть в 3000 м от поверхности, что в 2,5 раза больше, чем на Земле. Для заряда мощностью в 400 кт глубина составит 2250 м. При мощности заряда в 9 кт глубина - 625 м.

Буровое оборудование для закладки зарядов на Луне имеет небольшую массу, если использовать давно известный ударно-канатный способ бурения. В древнем Китае пробивали скважины глубиной более 1200 м, при их бурении применялись инструменты из бамбука и ручной труд. Этот способ в усовершенствованном виде применяется до сих пор. Требуется тренога с электролебедкой и буровой инструмент массой 1200 кг.

Специалисты считают, что крепкие породы выгоднее бурить ударно-канатным способом даже на глубины больше 1000 м. При этом они отмечают, что механическая скорость ударного бурения в очень крепких породах близка к скорости роторного бурения, а иногда даже равна ей; в то же время затраты на ударное бурение при этих условиях в 2,5 раза меньше, чем на роторное. Разработаны новые способы, при которых механическая скорость бурения возрастает от 2 до 10 раз по сравнению со скоростью роторного бурения. Для лунных условий ударно-канатный способ является наилучшим.

Можно оценить себестоимость получения кислорода по способу Краффта Эрике в нынешних ценах. Подрыв заряда мощностью 400 кт создаст 50 тыс. т кислорода, себестоимость которого составит 0,56 долл. на 1 кг. Это в 180 тыс. раз меньше стоимости доставки кислорода на Луну традиционным способом!

Необходимо также учесть затраты на доставку термоядерного заряда, бурового оборудования и станции откачки, очистки и накопления кислорода. Однако это не фиксированные величины - они уменьшаются по мере ядерной индустриализации Луны.

Сегодня доставка грузов на Луну составляет в лучшем случае 100 тыс. долл. на 1 кг. А завтра, при промышленном производстве кислорода на Луне и снабжении лунным кислородом многоразовых челноков, цена снизится на порядки. При заправке лунным кислородом челноков «Луна - околоземная орбита - Луна» - меньше 2 млн долл.

Доставка бурового оборудования обойдется дороже - в районе 300 млн долл. в текущих ценах. Однако это оборудование может использоваться многократно (по меньшей мере еще на 10 скважинах). Поэтому в себестоимости единичного взрыва вклад со стороны бурового оборудования не превысит 30 млн долл.

Вклад в издержки со стороны резервуаров хранения кислорода и очистной системы будет незначительным, поскольку полученный кислород хранится в «подземном» резервуаре, а не в наружных емкостях - он расходуется для заправки челноков не одномоментно, а порциями. Затраты на доставку накопительно-очистного комплекса оцениваются в 300 млн долл.

Таким образом, с учетом указанных основных стоимостных факторов на первом этапе суммарные затраты составят 390 млн долл. на единичный взрыв. Если масса полученного кислорода равна 50 тыс. т, то себестоимость кислорода составит 7,8 долл. на 1 кг.

В дальнейшем благодаря снижению стоимости полетов на Луну, когда цена доставки грузов с околоземной орбиты на Луну сократится со 100 тыс. долл. на 1 кг, к примеру, до 10 тыс. долл. на 1 кг, суммарные затраты на единичный взрыв снизятся до 64,2 млн долл. В этом случае себестоимость кислорода составит 1,3 долл. на 1 кг.

Следующий раунд снижения цен на полеты к Луне, до 5 тыс. долл. на 1 кг, сойдет суммарные затраты на единичный взрыв до 46,1 млн долл. Это сократит стоимость кислорода на лунных заправочных станциях до 0,92 долл. на 1 кг.

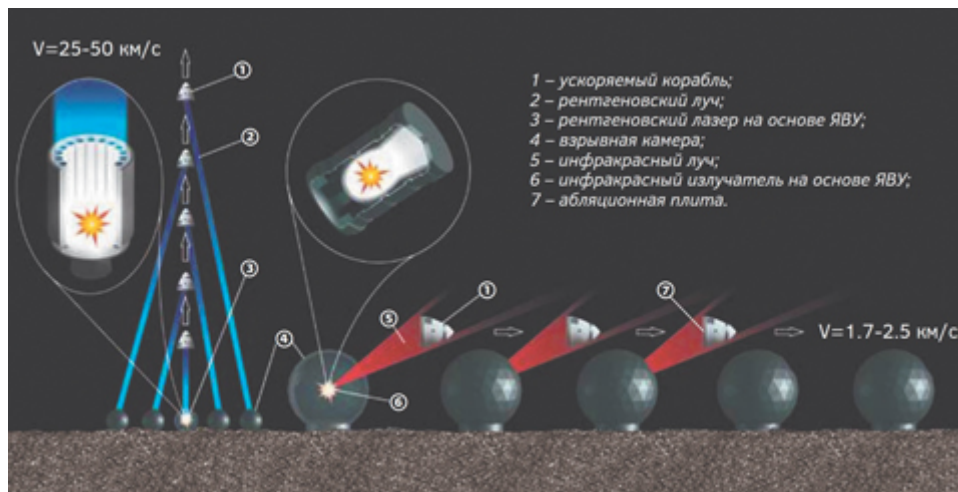


Рис. 3. Запуск грузовых кораблей типа «Орион»
сфокусированным излучением камерных зарядов.
Иллюстрации автора

Лунная «нефть»

К сожалению, ракеты на Луне можно заправлять только кислородом, а горючее - водород или метан - придется доставлять на Луну. Ракеты с кислородно-водородным двигателем на каждые 100 кг лунного кислорода должны привезти с Земли 20 кг водорода (водород в ракетном топливе берется с избытком). Ракеты с кислородно-метановым двигателем на каждые 100 кг кислорода должны доставить до 27,9 кг земного метана (тоже с избытком). Это несколько уменьшает массу доставляемого груза, но все равно выгодно.

Еще в прошлом веке были испытаны двигатели с порошком алюминия в качестве горючего. Были также предложены кислородные двигатели с горючим на основе порошкообразных магния и кремния. Эти три вида горючего производятся на Луне при камуфлетных термоядерных взрывах. Залежи этих веществ могут разрабатываться приблизительно через 10 лет после их образования на месте взрывов, что несомненно внесет вклад в сокращение стоимости лунного ракетного топлива.

Издержки по созданию скважин также могут быть сокращены, причем космическим методом, реальным на Луне, но недоступным в земных условиях. Первоначальная пробивка скважин может осуществляться потоком тел высокой плотности, например из железа (Майборода А.О. База на Луне: технологично и недорого // Техника - молодежи. № 14. 2017). На рис. 2 показана принципиальная схема такого космического способа пробивки скважин.

Первоначально цепь ударников может запускаться с околоземной орбиты. Затем, на стадии продвинутой индустриализации, запуск может осуществляться с Луны ракетами, заправленными лунным топливом и ударниками из лунного железа. Допустимо использование и базальтовых ударников, хотя это требует увеличения их массы. Ударники могут содержать порции высоколетучих веществ.

На этапе разработки искусственных месторождений металлов, порожденных термоядерными взрывами, возможно создание системы запуска космических кораблей энергией ядерных взрывов, как в проекте «Орион». Проект может быть модифицирован - в качестве источника энергии используются ядерные взрывы, осуществляемые в стальных камерах, аналогичных большой взрывной камере «Сфера» Взрывного центра Объединенного Института высоких температур РАН (ОИВТ РАН).

Герметично изолированные взрывы мощности меньше 0,1 кт осуществляются во взрывных камерах, то есть вне природной среды, без рассеивания делящихся материалов и продуктов цепной реакции. Камеры оснащены окнами, которые в момент взрыва герметизируются газовым (плазменным) затвором. Излучение от взрыва пропускается наружу, а продукты деления и не прореагировавшие уран или плутоний запираются в камере. Делящиеся материалы после очистки могут использоваться повторно.

В качестве ядерных зарядов используются заряды, спроектированные в ходе работ по проекту «Орион». Большая часть их энергии выделяется в виде сфокусированного в одну сторону излучения. В зарядах «Орион» излучение инфракрасное. Могут применяться также маломощные заряды, генерирующие направленное рентгеновское излучение. Излучение вызывает абляцию (испарение вещества) толкающей плиты корабля, что создает реактивную тягу с высоким удельным импульсом.

Индустриализация Луны может привести к созданию космической транспортной системы, основанной на камерных ядерных взрывах, которые генерируют инфракрасные сфокусированные потоки и рентгеновское лазерное излучение. Лунная транспортная система запуска космических аппаратов обеспечит достижение скорости около 20-30 км/с и выше.

Принципиальные схемы создания реактивной тяги импульсами излучений из взрывных камер на Луне показаны на рис. 3. Вместе с тем запуски со скоростью в десятки километров в секунду должны быть редки. В основном модернизированная система «Орион» должна эксплуатироваться для запусков со скоростью около 2,5-3 км/с. Такая скорость достаточна для доставки грузов в околоземное пространство и на инопланетные колонии.

Выводы

Принципы создания промышленности при помощи ядерной энергии на Луне применимы и к индустриализации Марса, карликовых планет и спутников планет-гигантов. За пределами орбиты Марса и пояса астероидов практически невозможно использовать солнечную энергию. Здесь ядерная энергия, особенно в импульсно-взрывной форме, - пока единственный способ быстрой и недорогой индустриализации большей части Солнечной системы. А атмосферы планет-гигантов содержат доступные (аппаратам-накопителям типа PROFAC) запасы термоядерного топлива, которое пока можно использовать только в термоядерных зарядах. Термоядерные реакторы, даже если дозреют до промышленного применения, будут на порядки дороже в эксплуатации, чем термоядерные заряды.

Лунная промышленность на новых физических принципах для промышленно слабых стран и аутсайдеров космической гонки может стать тем самым револьвером «Кольт», который, по известной поговорке, уравнил людей, сотворенных природой физически неравными. Простота и дешевизна индустриализации Луны на основе нуклеизации промышленности, при условии равного доступа к Луне, обеспечит выравнивание уровня развития если не на Земле, то в космосе. Разумеется, успехи наций в индустриализации Луны будут содействовать их развитию на Земле и выравниванию экономических потенциалов.

Движение в этом направлении можно начинать сегодня. Например, для начала провести испытания на Луне по пробитию скважины цепью стальных ударников, падающих со скоростью 2,5-3 км/с. А завтра осуществить пробный взрыв в недрах Луны.