

УДК № 623.784.658(0711)

Оценка эффективности развития глобальной энергетики на базе использования лунных ресурсов «Гелий-3»

М.Н.Богачева

Аннотация

В данной статье рассказывается о промышленном освоении Луны, а именно о добыче, обработке и доставке лунного «Гелия-3». В статье так же приведены расчеты экономической целесообразности реализации данного проекта.

Ключевые слова:

«Гелий-3», Луна, экономическая эффективность, добыча, десорбция, разделение, доставка, реголит.

Введение

В последние годы в области Космической деятельности резко возросла актуальность решения глобальных задач научно-технического, экономического и социального развития с использованием потенциала космонавтики.

В ряду многих приоритетных и перспективных космических проектов и программ появляются такие проекты, которые до недавнего времени носили фундаментальный характер и не имели четко выраженного прикладного аспекта. К их числу, можно отнести проект «Гелий-3», который может кардинально решить сразу несколько проблем мировой энергетики. Это главным образом: проблема экологической безопасности энергопроизводства, проблема независимости от истощения энергоресурсов и от использования углеводородных ресурсов. Именно эти проблемы являются уже сейчас главными факторами и индикаторами мировых энергетических кризисов будущего.

Проект добычи, доставки с Луны на Землю и использования для выработки энергии на основе изотопа Гелия-3 является одним из самых трудных, перспективных и дорогих по инвестициям. Но по критериям экономической, экологической и социальной эффективности он несомненно превосходит все возможные альтернативы. При этом

следует признать, что реальную конкуренцию этому проекту может составить проект солнечных электростанций и трансляторов энергии на Землю.

Ясно, что для этого проекта уже сейчас остро встают следующие вопросы:

- оценка инвестиций;
- прогнозирование сроков реализации этапов и проекта в целом;
- оценка рисков;
- сравнительная оценка себестоимости и цен на электроэнергию, выработанную термоядерным синтезом, использующим Гелий-3;
- модели организации и управления процессом реализации;
- правовое сопровождение и международное сотрудничество
- и т.д.

Такие вопросы требуют аргументированных ответов, которые естественно являются прогнозными. Но они могут быть положены в основу дальнейших детальных экономических обоснований. Результаты настоящей статьи являются практически первой попыткой дать экономическое обоснование результатам проекта «Гелий-3», поскольку техническая реализуемость его уже достаточно серьезно проработана. Эти материалы докладывались на двух международных и одной национальной конференциях по космонавтике и вызвали несомненный интерес, как ученых, так и представителей промышленных отраслей.

Гелий 3 рождается на Солнце, отчего иногда называется «солнечным изотопом». В окружающее пространство гелий-3 разносится солнечным ветром. Магнитное поле Земли отклоняет значительную часть этого ветра, а потому гелий-3 составляет лишь одну триллионную часть земной атмосферы - примерно 4000 т. На самой Земле его еще меньше — около 500 кг. Содержание Гелия 3 на Луне в 10 тысяч раз выше, чем на Земле. На нашем спутнике, где нет рассеяния в атмосфере, гелий оседает в реголите, верхнем слое лунного грунта и может быть извлечен без особенных усилий. По оценкам, только в море Спокойствия площадью 280 тысяч кв. км содержится 850 млрд тонн пригодного к добыче реголита, из которого можно добыть 9,5 тонны гелия-3. Анализ шести образцов грунта, привезенных экспедициями «Apollo», и двух образцов, доставленных советскими автоматическими станциями «Луна» (Е-8-5), показал, что в реголите, покрывающем все моря и плоскогорья Луны, содержится до 10^6 тонн гелия-3, что обеспечило бы потребности земной энергетики, даже выросшей по сравнению с современной в несколько раз, на целое тысячелетие.

Для экспертной оценки и рассмотрения эффективности реализации проекта выделено четыре основных этапа:

Этап первый: добыча реголита. Специальные комбайны будут собирать реголит с поверхностного слоя толщиной около 2 м и доставлять его на пункты переработки или же перерабатывать непосредственно в процессе добычи. Энергозатраты на добычу 1 тонны Гелия-3 составят

$$Q_{\text{доб.}} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ ГДж}$$

Этап второй: десорбция гелия из реголита. Энергозатраты на реализацию составят:

$$Q_{\text{десорб.}} = 180 \text{ ГДж}$$

Этап третий: разделение изотопов He^3 и He^4 . Энергозатраты составят:

$$Q_{\text{разд.}} = 180 \text{ МДж}$$

Этап четвертый: доставка Гелия-3 на Землю.

$$Q_{\text{достав.}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ ГДж/кг}$$

Целевой эффект в энергоеденицах, полученный при сжигании в реакторе 1 кг He^3

$$Q_{\text{сжиг}} = 6 \cdot 10^5 \text{ ГДж/кг.}$$

Чистый эффект от сжигания 1 кг He^3 на Земле (аналог экономического эффекта) составит:

$$\mathcal{E} = Q_{\text{сжиг.}} - \sum_{j=1}^4 Q_i \quad (1)$$

Где:

Q_i - энергозатраты по i-ому этапу проекта.

По прогнозным приведенным выше оценкам величина эффекта составит:

$$\mathcal{E} = 597598 \text{ ГДж/кг}$$

То есть в результате проведенных выше расчетов виден 250-кратный выигрыш в энергии. Эти цифры могут серьезно измениться в зависимости от технологий, которые будут использованы для добычи и разделения на Луне He^3 . В настоящее время в проектах реализуется два принципа:

- добыча реголита и нагрев;
- выпаривание из Лунного грунта без добычи реголита.

Рассмотрим основные экономические показатели проекта. При расчетах за основу принята цена доставки на Землю Гелия:

$$C_{\text{гг-3}} = 10 \text{ млрд.дол.}$$

Где: $C_{\text{гг-3}}$ – цена 1 тонны Гелия-3 доставленной на землю.

Энергетика России (300 ГВт) потребляла бы примерно 40 т гелия-3 в год. Таким образом, стоимость годового энергетического обеспечения

$$C_{\text{г.лнз}} = 10 \text{ млрд. дол} \cdot 40 \text{ т} = 400 \text{ млрд. дол}$$

Где: $C_{г.нз}$ – стоимость годового энергетического обеспечения России Гелием-3.

По данным ОАО «СО ЕЭС», выработка электроэнергии в ЕЭС России в марте 2009 года составила 87 млрд. кВт•ч, потребление – 85,5 млрд. кВт•ч. При цене в 3,05 руб./кВт•ч, Расчет ведется на 12 месяцев, в месяце в среднем 30 дней и 24 часа в сутках.

$$C_{г.н} = (87 \text{ млрд. кВт}\cdot\text{ч} * 12 * 24 * 30 * 3,05) / 30 = 76420,8 \text{ млрд. дол}$$

Где: $C_{г.н}$ – стоимость годового энергетического обеспечения России за 2009 год.

Таким образом при переходе на гелий -3 снижение затрат на энергетику составят:

$$\Delta Z = 76420,8 - 400 = 76020,8 \text{ млрд. дол}$$

Т.е рентабельность перехода энергетического комплекса на гелий -3 составляет:

$$R = (76420,8 / 76020,8) * 100 = 99,5\%$$

В каждом полете на Луну целесообразно было бы привозить 1/3 годовой потребности, то есть 13-15 т.

Производить гелий-3 возможно лишь при криогенных (сверхнизких) температурах, транспортировать только в жидком состоянии. В каждом полете на Луну целесообразно было бы привозить 1/3 годовой потребности, то есть 13—15 т. Суммарные затраты для начала осуществления лунного проекта, составят **11** миллиардов долларов. Оптимистические оценки экспертов относительно стоимости доставки He^3 на Землю к моменту реализации проекта (эксплуатации) достигают 1 млрд. \$ за полет.

Исходя из приведенных выше прогнозных оценок можно построить и подсчитать финансовые потоки доходов и расходов по проекту.

Примем ставку дисконтирования по проекту $i=17\%$. По предварительным оценкам 1-ую партию Гелия-3 доставим на 10-ый год проекта.

При стоимости кВт/ч – 3,05 рубля(0,1 дол.).

Годовой доход по данному проекту составит:

$$П = (0,1 \text{ дол} * 85,5 \text{ млрд. кВт}\cdot\text{ч} * 12 * 24 * 30) - 400 \text{ млрд. дол} = 73472 \text{ млрд. дол}$$

Где: Π - доход по проекту

NPV- это эффект от реализации проекта приведенный по фактору времени к моменту начала его осуществления.

$$NPV = 70130 \text{ млрд. дол.}$$

Внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return) – это такая процентная ставка, при которой NPV=0.

$$IRR = 152\%$$

Период возврата (PPS - статический срок окупаемости) проекта определяет календарный промежуток времени от момента первоначального вложения капитала в проект до момента времени, когда нарастающий итог суммарного чистого дохода (чистого денежного потока) становится равным нулю.

$$PPS = 10$$

т.е. проект полностью окупится примерно через 10 лет.

Период возврата (PPD - динамический срок окупаемости) проекта определяет календарный промежуток времени от момента первоначального вложения капитала в проект до момента времени, когда нарастающий итог суммарного чистого дохода (чистого денежного потока) становится равным нулю.

$$PPD = 10,$$

т.е. проект полностью окупится (в динамике) примерно через 10 лет

Таким образом, для заданных условий расчетов, добыча лунного гелия-3 выглядит вполне экономически приемлемым даже с учетом стоимости разработки лунной космической системы, создания и амортизации стоимости лунной промышленности и инфраструктуры.

Рентабельность проекта может оказаться существенно выше по мере развития проекта (в 2-3раза) при полученных дополнительных эффектов:

- сокращение потребления газа, угля, солнечных энергоносителей;
- сокращение затрат на транспортировку (межконтинентальную) углеводородного топлива;
- сокращение расходов на природовосстановительную деятельность;
- сокращение затрат на устранение политических рисков и конфликтов, связанных с проблемами энергобезопасности;
- сокращение расходов на геологоразведку и содержание трубопроводных систем
- и др.

По оценке директора Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН академика Эрика Галимова одна тонна Гелия-3 эквивалентна по количеству получаемой энергии 20 млн. тонн нефти (154 млн. баррелей).

Всей энергетике планеты потребуется 200-400 тонн Гелия-3.

Во второй половине нынешнего века в результате роста энергопотребления потребность в лунном сырье возрастет до 800-1000 тонн в год.

При цене 75\$/баррель стоимость 154 млн. баррелей нефти (эквивалент 1т He³ составит:

$$C_{б.н}=11,5 \text{ млрд долларов}$$

Таким образом, имея достаточные запасы нефти - экономическая целесообразность добычи на луне He³ будет, может быть поставлена под сомнение. Тем более что космические перелеты менее надежны. Плюс затраты на разработку технологий. И самое важное – отсутствие отработанной технологии термоядерных реакторов. С другой стороны будет происходить удешевление космических перелетов, в том числе и за счет массовости. Ведь промышленному освоению Луны будет необходима отработанная масштабная логистическая база. Нефть будет неизбежно расти в цене (по завершению кризиса). И уже при 150 долларах/баррель экономическая целесообразность освоения Луны является неоспоримой.

$$C_{б.н}=153,8 \text{ млн.баррель} * 150 \text{ долларов/баррель}=23,07 \text{ млрд дол}$$

$C_{б.н}$ - цена 153,8 баррелей нефти = 1 тонне Гелия 3.

$$C_{гг-3}= 10 \text{ млрд.дол.}$$

Где: $C_{гг-3}$ – цена 1 тонны Гелия-3 доставленной на землю.

В результаты видно соотношение стоимостей. При более высокой стоимости нефти видно значительное ценовое преимущество Гелия-3 над нефтью.

По изложенным материалам можно сделать следующие выводы:

- Гелий-3 является наиболее выгодной альтернативой нефти и газу, запасов которых на Земле осталось в среднем на 50 лет. Эта реакция наиболее не зависима от ресурсов- Гелий-3 на первых порах можно добывать на Луне, в а последствии в атмосферах планет гигантов, запасы его только на Юпитере составляют 10²⁰ тонн;
- С внедрением данного проекта можно значительно улучшить экологическую ситуацию на Земле в силу преимущества самой реакции- она наиболее экологически безопасна из всех известных ядерных реакций- это единственная из возможных в промышленном масштабе ядерных реакций, при которой в принципе нет радиоактивности;
- В результате перехода на Гелий-3 при прежних ценах на нефть мы имеем значительное снижение цен на энергоресурсы;

- Именно такая программа создаст мощный импульс для развития наукоемких отраслей-космической, ядерной, электронной и прочих, которые станут локомотивом экономики, что просто необходимо во время Мирового Экономического Кризиса. Кроме того, полученные технологии можно будет применить и во многих других областях народного хозяйства;
- Предварительно проведенные сценарные прогностические оценки могут быть обоснованием для развития более точных и детальных методов экономической оценки такого проекта как «Гелий-3» и подобных космических проектов.

Сведения об авторах

Богачева Марина Николаевна - студент Московского Авиационного Института (Государственного технического Университета), marishaforeve@mail.ru, тел 8-916-511-18-80