

Менеджмент безопасности и управление в чрезвычайных ситуациях

На пути к геокосмической системе обеспечения человечества ресурсами и энергией

*Ворожихин Владимир Вальтерович
Вольное экономическое общество Москвы
Москва, Россия, vorozhikhin@mail.ru*

В статье рассматривается необходимость и возможность подготовки человечества к освоению ресурсов и энергии космоса. Значимость вопросов энергобезопасности постоянно растет. Перспективным направлением развития энергетики является космическая энергия. В статье рассматриваются виды космических ресурсов и энергии, современное состояние и перспективы энерго-технологий транспортных космических установок, энергообеспечения космических и планетарных потребителей.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, космические технологии, космические ресурсы, геокосмическая энергетика.

Стратегия освоения топливно-энергетических ресурсов Земли должна строиться с позиций возможности их использования человечеством для преодоления барьеров доступа к ресурсам Вселенной, а не как источник удовлетворения текущих потребностей и загрязнения планеты.

Концепции космической энергетики, впервые созданные в 1960-х годах, до сих пор не известны широкой общественности. На энергетических выставках и конференциях космическая энергетика упоминается весьма редко, даже наиболее известные спутники солнечной фотоэлектрической энергии. На исследования в этой области потрачено около 1/1000 от 1 % из примерно 1 трлн. долл. США, что правительства потратили за последние 50 лет [1]. Тем не менее, эта проблема даже не глобальна — она выходит за рамки планеты, позволяя перейти человечеству к освоению природных ресурсов и энергии космоса, не сравнимых с ресурсами Земли. Сегодня все энергетическое потребление человечества составляет около 5 % достигающей энергии солнечных лучей.

К разработке такого варианта развития побуждают нарастающие проблемы энергетической безопасности, связанные с проблемами обеспечения населения водой и продовольствием — безопасностью Nexus. Значительно — до 7 млрд. человек (7,021,836,029 на июль 2012) [2] —

увеличилось население Земли, растет качество жизни и энергетические потребности жителей развитых и развивающихся стран. Это приводит к росту глобальной потребности в энергии, что обостряет проблемы энергетической безопасности — именно с этих позиций оценивают изменения своей национальной энергобезопасности США.

Развитые страны имеют приблизительно 1 кВт электрогенерирующих мощностей на душу населения. Увеличение населения, снижение бедности, включая энергетическую бедность, рост численности среднего класса и повышение качества жизни приведут к потребности в электрических мощностях, оцениваемой в 10 000 гигавайт — примерно на порядок больше существующих сегодня мощностей. Это означает, что в течение столетия в мире должно не только вводиться по 100 ГВт мощностей, но и должны быть обеспечены экологически чистые источники производства электроэнергии.

Значимость энергетики как основы жизнеобеспечения и деятельности человека вынуждает национальные правительства и международные организации рассматривать вопросы энергетической безопасности как одни из важнейших для мирового развития.

Сегодня вопросы энергетики являются одними из наиболее обсуждаемых в мире. За последние три года ведущими исследовательскими организациями мира проведено более 260 исследований, в рамках которых рассматривались существующие тенденции роста потребления энергии и возможных источников его покрытия, прогнозировались развитие новых технологий, риски и экономическая эффективность энергетических систем, за полтора последних месяца 2012 года — 15 исследований.

Увеличение потребления приведет к существенному росту конкуренции в борьбе за энергетические ресурсы и ставит проблемы поддержания глобальной конкурентоспособности для стран, не обладающих значимыми топливно-энергетическими ресурсами. Реалии современного мира, связанные с углублением глобализации и ограниченностью энергетических ресурсов, приводят к обострению борьбы за доступ к мировым ресурсам. Не случайно в последнее время развиваются положения М. Тэтчер о принадлежности любых мировых ресурсов мировому сообществу в целом. От реализации на практике этого положения пострадают страны, имеющие экономику сырьевого типа.

Рынок возобновляемых источников энергии перешел в фазу гиперроста, а инвестиции в ВИЭ в этом году превысили инвестиции в традиционную энергетику. Мы оказались на этапе стратегического перелома, который определит развитие энергетических технологий и рынков на ближайшее десятилетие. В том числе с учетом решений крупнейших производителей и потребителей энергии — решатся ли США на отказ от транспортной инфраструктуры, ориентированной на нефть

теплопродукты, и последует ли за ними мир, или тренды развития разойдутся? Новая архитектура мировой энергетики должна обеспечить энергетическую безопасность и ликвидировать энергетическую бедность — даже сегодня доступа к электроэнергии не имеют 1,4 млрд. человек, 3 млрд. используют уголь и местные виды топлива для отопления и приготовления пищи.

В ЕТР-2012[3] представлены подробные сценарии и стратегии до 2050 года, показывающие, что должно быть сделано для создания чистой, безопасной и конкурентоспособной энергетики будущего:

- текущий прогресс по внедрению чистых энергий, и что можно сделать, чтобы ускорить его;

- как энергетическая безопасность и низкая энергия углерода связаны между собой;

- как энергии системы станут более сложными в будущем, поэтому системная интеграция выгодна и как она может быть достигнута;

- как спрос на отопление и охлаждение будет развиваться драматично и какие решения будут удовлетворять его;

- почему гибкие системы электричества становятся все более важными, и как система с умными сетями, аккумулированием энергии может работать;

- почему водород может играть большую роль в энергетической системе будущего;

- почему ископаемое топливо исчезнет, но роль его изменится, и что это означает для энергетической системы в целом;

- что нужно, чтобы реализовать потенциал улавливания и хранения углерода (CCS);

- могут ли имеющиеся технологии позволить миру иметь нулевую энергию?

Но есть принципиально иной путь обеспечения потребностей в энергии, который связан с преодолением барьеров и организацией доступа к ресурсам и энергии космоса. Развитие ВИЭ и традиционных нефтегазовых и угольных энергетических технологий, бурное развитие информационных и космических технологий, силовой, «информационной» и наноэлектроники, интеллектуальных систем управления создает принципиально новые возможности развития человечества и решения энергетических проблем в частности. Умная геокосмическая энергетика и высокотехнологичное освоение ресурсов позволяют преодолеть барьеры на пути к безграничным ресурсам вселенной. Это космические ресурсы и энергия.

Космические ресурсы и энергия крайне многообразны. Рассмотрим ряд из них:

Солнечная энергия: поток, проходящий через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной ас-

трономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен 1367 Вт/м^2 (солнечная постоянная). Из-за поглощения при прохождении атмосферной массы Земли максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на экваторе) — 1020 Вт/м^2 . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в три раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше [4].

Органические ресурсы [5]: газовое облако, в состав которого входит метиловый спирт, было недавно обнаружено учеными в области W3(OH) Млечного пути. Наличие паров метилового спирта в облаке было обнаружено посредством модернизированных радиотелескопов MERLIN. Еще в 2001 году американские астрономы сообщали об обнаружении неподалеку от центра Млечного пути облака винилового спирта. Он практически не присутствует на Земле в свободном состоянии. А в 2004 году облако из метилового спирта было обнаружено вокруг формирующейся звезды. В настоящее время в космическом пространстве насчитывается порядка 130 органических веществ, каждое из которых лишней раз доказывает, что жизнь вполне могла зародиться в условиях открытого космоса. Каждое вещество, обнаруженное в космосе, грозит переворотом в научной жизни, а доступ к космическим объемам — перевороту на рынках.

Плазма [6]: два звездных скопления — «Abell 399» и «Abell 401» соединяют газовые потоки с температурой порядка 80 млн. градусов Цельсия. Они протянулись более чем на 10 млн. световых лет. Этот астрономический объект европейские астрономы обнаружили благодаря космическому телескопу «Планк».

Звезды и планеты [7]: астрофизик Алан Босс из вашингтонского института Карнеги уверен, что «в 85 процентах систем, схожих с нашей, есть хотя бы одна планета вроде Земли», на которой существуют все условия для развития живых организмов: «Учитывая тот факт, что в Млечном пути около 100 млрд. систем, а во Вселенной порядка 100 млрд галактик, проведя несложные вычисления, можно прийти к следующему выводу: существует приблизительно 10 миллиардов триллионов планет, пригодных для обитания развитых существ», — отметил он.

Астероиды: Пояс Койпера (англ. — *Kuiper Belt*) — обширный рой малых космических тел, орбиты которых расположены за орбитой Нептуна [8]. Пояс был открыт в 1990-х гг. и получил своё название по имени американского астрофизика Дж. Койпера, выдвинувшего гипотезу о наличии подобного пояса ещё в 1952 г. Первый объект пояса Койпера открыт в 1992 г., к январю 2003 г. было открыто около 730 подобных ледяных тел. Почти все они имеют массу, сравнимую с массой крупнейших астероидов, и диаметр, исчисляемый сотнями километров. Всего же в

этом рое малых тел на краю планетной системы предполагается наличие нескольких десятков тысяч объектов, а суммарная масса этого пояса может превышать массу Земли. Практически все известные транснептуновые объекты принадлежат к одной из четырёх групп. Самую большую группу составляют «кьюбиваны» (англ. — *cubewano*, от обозначения первого открытого тела, принадлежащего к данной группе, — 1992 QB1, движущиеся по орбитам, близким к круговой, и имеющие период обращения примерно в 260—320 лет. Самый крупный КВО этой группы, об открытии которого было сообщено 7 октября 2002 г., — Кваоар (Quaoar), с периодом обращения 284 года и диаметром почти в полторы тысячи км. Это самая крупная из малых планет Солнечной системы. Вторую группу составляют «плутины», т. е. «плутончики» (англ. — *plutino*), характеристики которых подобны характеристикам Плутона. Самый яркий плутино Иксион, открытый к январю 2003 г., имеет диаметр примерно в половину диаметра Плутона. Всего же известно около 140 плутино. Третью, немногочисленную группу, составляют транснептуновые объекты, движущиеся в каком-либо ином резонансе с Нептуном, нежели 2: 3. Четвёртую группу составляют объекты SDO (англ. — Scattered Disk Object, от scattered — «рассыпанный, разбросанный») с очень вытянутыми орбитами, которые, никогда не приближаясь близко к Солнцу, удаляются в своём движении на самые окраины Солнечной системы. Самую вытянутую орбиту из планет этой группы имеет 2000 OO67 с периодом обращения вокруг Солнца 13 300 лет.

Потоки и пояса заряженных частиц: Джеймс Ван Аллен обнаружил радиационные пояса, окружающие Землю и которые носят его имя, в 1950-х гг. — две вложенные тороидальные области, наполненные высокоэнергетическими частицами, разделенные «щелью», областью пространства, заполненной частицами с низкой энергией. Внутренний пояс Ван Аллена располагается на высотах от 1600 до 13000 километров выше поверхности Земли и состоит из высокоэнергетических протонов и электронов, а внешний пояс, располагающийся на высотах от 19 до 40 тысяч километров, состоит большей частью из высокоэнергетических электронов. Вся эта структура немного пульсирует и колеблется под воздействием солнечных ветров, но считается, что она постоянна и надежна, как, скажем, Луна [9]. После запуска НАСА спутников RBSP 30 августа 2012 года и выброса массы материи кроны Солнца на следующий день данные телескопа Relativistic Electron-Proton Telescope (REPT) на высоте 13—16 тысяч километров впервые обнаружено плотное радиационное образование. Начиная с 7 сентября 2012 года пояса Ван Аллена снова образовали стройную структуру из трех вложенных друг в друга колец. Внешний пояс состоял преимущественно из сверхвысокоэнергетических электронов, которые находятся на самом высоком краю энергетического диапазона этих частиц, от 6.2 до 7.5 МэВ. По-

сле 1 октября это кольцо, второе внешнее кольцо и низкоэнергетический разделительный промежуток разрушились и исчезли. Внутренний пояс оставался стабильным. 10 октября второй внешний пояс начал восстанавливаться, и пояса Ван Аллена приобрели снова всем знакомые привычные очертания.

Кинетическая энергия космических тел представляет собой потенциальный запас энергии, который может быть реализован за счет создания устройств электромагнитного съема энергии, выделенной в виде тепла при столкновении с мишенью.

Преобразование материи (массы) в энергию (например, 1 кг) в другие формы энергии (например, тепла, света и других излучений) может освободить огромное количество энергии ($\sim 9 \cdot 10^{16}$ Дж = 21 мегатонна в тротиловом эквиваленте), как это можно видеть в ядерных реакторах и ядерном оружии. Преобразование части массы в энергию с появлением кинетического оружия перестает быть темой фантастики. Появление кинетического оружия поставило проблему защиты от поражающего действия, которая может решаться за счет уклонения объекта от столкновения, изменения траектории снаряда и создания мишени, неподвижной или движущейся встречно.

Преобразование материи при помощи энергии не противоречит законам физики, однако массовый эквивалент единицы энергии ничтожен, поэтому потери энергии (потери массы) от большинства систем трудно измерить по массе, если потери энергии очень велики. Примеры превращения энергии в материю (т. е. кинетической энергии в частицы с массой покоя) находятся в области физики высоких энергий ядерной физики [10]. Энергия позволяет проводить преобразования материи. Известны преобразования материи с выделением энергии при ядерном и термоядерном взрыве. Управляемая реакция деления стала основой ядерной энергетики. В американской компании Black Lite Power Inc. В результате многолетних исследований пришли к выводу о возможности получать путем энергетического воздействия снова атомы вещества и разработали технологию для осуществления этого процесса. Это позволяет надеяться, что реализация этих процессов станет возможной на промышленном уровне, а не будет ограничена уникальными и единичными научными достижениями, которые невозможно было применить вне пределов лабораторий [11]. Автор нового метода — Миллз Рэнделл Л., планирует получить новые материалы с новыми качествами, такими, как высокая термическая устойчивость и низкая реактивность. Наблюдавшиеся в экспериментах показатели, в особенности ионизационной энергии, подтвердили с высокой точностью теоретически рассчитанную Рэнделлом ионизационную энергию согласно его уравнениям. Удивительно, что к 2012 г. осмеянную в 2005 г. научным сообществом технологию, стали подтверждать именитые ученые и лаборатории.

Уровень развития космической сферы деятельности и тренды взаимного развития национального космоса определяются взаимодействием и конкуренцией за будущее.

В 2009 году общий объем продаж предприятий космического сектора экономики составил в мире 175,44 млрд. долл. США, из которых 90,58 млрд. долл. пришлось на продажи космических продуктов и услуг конечным пользователям. Суммарный объем национальных космических бюджетов в этот же период составил 86,17 млрд. долл., из которых 64,42 млрд. долл. пришлось на космический бюджет США [12]. В 2009 году в мире на космические программы было потрачено [13] \$68 млрд, в том числе в США — \$48,8 млрд, ЕС — \$7,9 млрд, Японии — \$3 млрд, России — \$2,8 млрд, Китае — \$2 млрд.

Космический рынок — это крупный и быстроразвивающийся сегмент мирового рынка высоких технологий. Космическая экономика пятый год подряд продолжала наращивать темпы роста и не подвергалась последствиям спада, который принес убытки многим другим индустриям во время пика рецессии. Темпы роста космической экономики в 2010 году составили 7,7 %, увеличившись с 5% годовых, которые наблюдались в 2008 и 2009 гг. Валовой объем рынков космической экономики в 2010 году увеличился на 20 млрд. долларов и составил около 276,52 млрд. Основная часть прибыли была получена в коммерческом секторе.

Таблица 1

**Темпы роста глобальной космической экономики
и мирового валового продукта, %**

Год	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Объем космической экономики, млрд. долл.				186,8	217,6	232,3	244,1	256,8	276,5	
Темпы роста КЭ, %					16,5	6,8	5,1	5,2	7,7	
*Величина прироста валового продукта, %	1.9	3.8	4.9	4.7	5.3	5.2	3.1	-0.8	5.0	3.6
The Space Report – 2011, SpaceFoundantion, Colorado Springs, CO 80907 USA, 176 p. – p. 8.;										
*CIA World Factbook https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/										

Основные направления космической отрасли: фундаментальные и прикладные научные исследования, проектные и опытно-конструкторские работы, производство космических аппаратов (КА) и наземного оборудования, производство ракетной техники и наземного оборудования, пусковые услуги, услуги космических систем связи, услуги космических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), услуги систем спутниковой навигации, пилотируемая космонавтика.

В настоящее время в отрядах космонавтов (астронавтов) разных стран (РФ, США, ЕКА, КНР, Японии, Канады) всего насчитывается

около 215 действующих космонавтов. В связи с планами развития пилотируемой космонавтики их число возрастет к 2040—2045 гг. в 2—3 раза. К концу века в мире будет насчитываться около 1200—1300 действующих профессиональных космонавтов [14]. США вышли на путь коммерциализации космических полетов. Коммерциализация оборонных технологий уже принесла победу в гонке вооружений с СССР — ситуация повторяется в условиях слабого и коррупционного государства России.

До последнего времени российская космонавтика остается одной из областей высокой национальной конкурентоспособности, во многом обуславливая наше место среди ведущих экономически развитых держав. Космические технологии имеют высший уровень сложности (современные КА — это 300 тыс. элементов) и надежности, выделяясь среди глобальных технологий — информационных и финансовых, и глобализирующихся — транспортных и энергетических. По сути, они включают в себя все направления человеческой деятельности, формируя искусственную среду обитания человека вне земли, развивая все технологии для использования в крайне жестких условиях высоких перепадов температур, значительных радиационных нагрузок, вакуума, различных гравитационных условий, высокой неопределенности и неполноты знания.

Россия входит в тройку стран-лидеров по развитию космической деятельности, сохраняя в целом конкурентоспособные позиции. Для континентальной державы с огромной территорией, богатыми запасами полезных ископаемых и неравномерно развитыми коммуникациями только использование космических средств для решения задач в области связи, теле- и радиовещания, дистанционного зондирования Земли из космоса, мониторинга объектов и ресурсов, навигации и картографии создает надежный фундамент территориальной и системной целостности страны, информационного и духовного единства ее многонационального народа. Космонавтика и российские космические достижения дают возможность гордиться нашей родной страной [15], они являются одним из ключевых факторов экономического и социального развития страны, роста уровня жизни и обеспечения национальной безопасности, укрепления обороны, эффективного развития науки и технологий, модернизации экономики.

Важнейшие направления космической энергетики — обеспечение перемещения в космосе с высокими скоростями и энергообеспечение потребителей. Энергетика космического двигателя должна создавать высокий импульс — эффективным будет двигатель с высокой скоростью истечения массы. Оценим возможности различных технологий энергообеспечения космических двигателей применительно к полету к одной из ближайших планет — на Марс с коротким пребыванием экипажа на его по-

верхности (около 30 суток) в лучшие синодические периоды противостояний Земли и Марса (ближайший в 2017–2018 годах), которые повторяются с периодичностью около 18 лет (табл. 2): химической — жидкостных реактивных двигателей (ЖРД), ядерных ракетных двигателей (ЯРД), солнечной электрореактивной двигательной установки (СЭРДУ), электрореактивной двигательной установки (ЯЭРДУ).

Применение электрореактивных двигателей ЭРД в качестве маршевых двигательных установок для межорбитальных перелетов (особенно для КА большой массы) невозможно без создания энергетических установок большой мощности — для марсианской пилотируемой экспедиции необходима энергетическая установка мощностью 15-30 МВт. Другая проблема — необходимость разработки ЭРД большой электрической мощности (десятки кВт и более) с длительным ресурсом работы (до 10 000 час.). Сегодня создать маршевый ЭРД мощностью около 100 кВт или выше на Земле невозможно — требуется создание вакуумных камер, уникальных по объему и скорости откачки продуктов сгорания.

Таблица 2

Сравнительные характеристики двигательных установок с использованием разных энерготехнологий применительно к полету на Марс

Параметр	Технология			
	ЖРД	ЯРД	СЭРДУ	ЯЭРДУ
Стартовая масса, тонн	1000 (600–700)	700	350–450	500–600
Длительность экспедиции, сут.	900	450	1000	650–750
Составлено по материалам: Борисов В. Застраившие между Луной и Марсом [17]				

Китайские ученые из Северо-Западного политехнического университета в Сиане объявили об успешном испытании концептуально нового «левитирующего» двигателя. EmDrive [16] представляет собой закрытый конический контейнер, который резонирует под воздействием микроволнового излучения и создает тягу с широкой стороны «сопла» (рис. 1). В сравнении с современными реактивными двигателями он невероятно прост и дешев в изготовлении. Разработчик британский инженер Роджер Шайвер в 2003 году построил демонстрационный двигатель, который развил крошечную тягу в 16 миллиньютонов. Критики, в том числе и из НАСА, сошлись во мнении, что «успех» Шайвера был следствием электронных помех, неучтенного влияния сквозняка, гравитации и т. д. Китайские ученые создали прототип двигателя, который на испытаниях превратил пару киловатт входной мощности в около 720 миллиньютонов (72 граммов) тяги. Такая тяга может показаться ничтожной, однако ионный двигатель XIPS компании Boeing при большей в 2 раза потребляемой мощности создает на четверть меньше тяги. При этом XIPS требует для эксплуатации не только источник электро-

энергии, но и большой запас топлива. К 2016 году инженер планирует построить первый прототип на сверхпроводниках, что позволит в перспективе увеличить тягу EmDrive в тысячи раз — вплоть до возможности отрыва космических кораблей от поверхности планеты и выхода на околоземную орбиту.

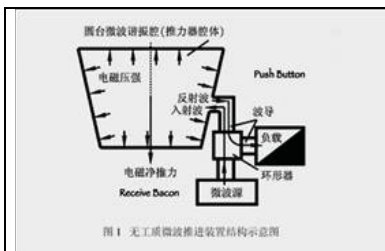


Рис. 1. Электромагнитное излучение, двигаясь со скоростью света, имеет определенный импульс, который многократно переотражается и создает тягу в одном из направлений

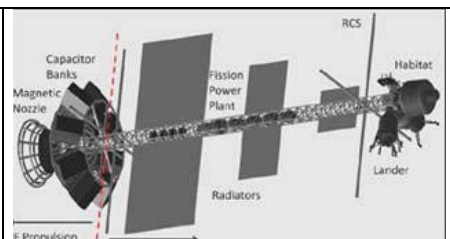


Рис. 2. Проект Z-пинч корабля, разработанный в 2010 году, предполагает, что это будет аппарат длиной 125 м (в два раза длиннее МКС), поэтому собирать его придется на орбите

Термоядерный ракетный двигатель США для глубокого космоса на основе установки для исследований в области воздействия ядерных взрывов пытаются специалисты из Университета Алабамы в Хантсвилле, НАСА, Boeing — они используют бывшую военную установку Decade Module Two (DM2) для сборки устройства Charger-1 Pulsed Power Generator. Когда 50-тонный Charger-1 соберут, это будет одна из самых крупных и мощных импульсных энергетических систем в мире (рис. 2). Разряд установки Charger-1 может производить плазму, которая сжимается собственным магнитным полем (Z-пинч эффект) и при размере в палец может заключать в себе 20 % всей энергии, которую потребляет человечество в текущий момент времени. Главная цель разработчиков термоядерного ракетного двигателя — получить на выходе больше энергии, чем было потрачено на инициацию термоядерного синтеза.

Бывший военный модуль DM2 в 500-наносекундном электрическом импульсе выдает до 1 тераватта мощности — около 6 % от потребления электроэнергии в мире. Двигатель от разрушения защищает Z-пинч эффект, сжимающий плазму в магнитном поле. Масса плотной плазмы, через которую пропускают ток порядка мегампер в течение 10–6 секунды, в камере сгорания всего 0,02 кг, но ее начальная кинетическая энергия достигает 1 ГДж. На выходе получается реактивная тяга в 3812 ньютонов-секунд за импульс при частоте 10 импульсов в секунду и удельном импульсе 19 436 секунд. В НАСА рассчитывают на то, что количество энергии, выделяющейся при реакции синтеза, будет в 3 раза больше количе-

ства энергии, необходимого для зажигания. Это означает, что за 100 наносекунд до начала следующего импульса конденсаторам необходимо «сбросить» в камеру сгорания 333 МДж энергии. Это весьма сложная проблема — даже учитывая высокую эффективность конденсаторов (80 %), необходимо будет решить задачу создания накопителей, которые смогут очень быстро заряжаться и разряжаться. США по силам собрать корабль с сухим весом около 390 тонн. Это сравнимо с МКС, а учитывая, что в США активно ведется разработка мощнейшей ракеты-носителя SLS, способной выводить на низкую околоземную орбиту до 130 тонн груза, сборка Z-пинч корабля — задача вполне решаемая. При массе полезной нагрузки в 150 тонн общая масса корабля составит почти 600 тыс. тонн. Это ненамного больше МКС весом 400 тонн, однако возможности у Z-пинч корабля будут совсем другие: за 1,5 суток максимальной тяги двигателя Z-пинч корабль достигнет Марса через 90 дней. Если полная тяга продлится 8,7 суток, то до Марса можно будет добраться всего за 30 дней! При этом корабль за вдвое меньшее время полета доставит на 35–55 % больше полезного груза, чем сравнимая химическая ракета. Малое время полета решает проблему рисков длительного пребывания в напичканном опасностями космосе, а также уменьшает сложность систем жизнеобеспечения и защиты космического корабля.

В России завершено эскизное проектирование космического транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса [17]. Полученные в 2012 году результаты позволяют перейти в 2013 году в рамках госпрограммы «Космическая деятельность России на 2013—2020 годы» к этапу рабочего проектирования и изготовления оборудования и образцов для автономных испытаний.

Наиболее очевидным и проработанным решением вопроса энергообеспечения космических и планетарных потребителей являются спутники солнечной энергии (или SPS), собирающие солнечную энергию 24 часа в сутки в пространстве, и направляющие ее микроволновых пучков для приемников на Земле. В 1968 году американский инженер Питер Глейзер предложил проект такой системы. КСЭС представляет собой платформу размером 5×13 км, покрытую солнечными батареями из Si с КПД 13,7 % и передающую энергию мощностью 5 млн кВт с геостационарной орбиты на Землю СВЧ-лучом.

Основные проблемы:

- создание многокилометровых конструкций в космосе: вывод 12,3 тысяч тонн на геостационарную орбиту,
- сборка конструкции на орбите, невозможность наземной отработки;
- передача мощности от ФЭП к преобразователю по токовымдам (конструкция, масса);
- переориентация конструкции с использованием топлива.

В 1970-х годах Министерство энергетики США (DOE) потратило около \$ 20 млн. на некоторые исследования SPS. Был разработан прямоугольной спутник размером 5 км × 10 км, использующий солнечные батареи для генерации постоянного тока и микроволновых пучков частотой 2,45 ГГц для передачи мощности на Землю.

Очередной этап развития космической энергетики связан с созданием в июне 2007 г. в США общественного форума космическим фондом Frontier Foundation, а также Альянса за будущее солнечной космической энергетики.

Сегодня проекты космических солнечных электростанций КСЭС существуют во многих странах — США, Японии, Европе, России.

10 октября 2007 г. Министерство обороны США, Офис Национальной Космической безопасности публикует промежуточную оценку космической солнечной энергии и проект КСЭС, представляющий собой 5-километровую конструкцию, в которой 2 группы параболических зеркал через поворотные зеркала концентрируют солнечное излучение на высокотемпературные фотоэлектропреобразователи (ФЭП) из GaAs с КПД 35 %. От ФЭП энергия передается микроволновому преобразователю, который через антенну транслирует её на Землю СВЧ-лучом.

Положительные решения:

- сокращена площадь дорогих ФЭП
- исключены тоководы.

Основные проблемы: создание многокилометровых конструкций в космосе: вывод тысяч тонн в космос, сборка огромной конструкции в космосе, невозможность наземной обработки; ориентирование гигантских концентраторов с точностью 1°.

Японская КСЭС состоит из 100 модулей мощностью по 2,5 МВт размером генерирующей и излучающей платформы 100 м × 95 м, подвешенной на тросах длиной 10 км к контейнеру 010 × 15 м. Используется гравитационная стабилизация. Рассматриваются два метода передачи энергии — микроволновые пучки (M-SSPS) и лазерный луч (L-SSPS). Стоимость КСЭС 24 млрд. долл. Создание КСЭС планируется к 2025 г. Стоимость электроэнергии в 6 раз ниже её стоимости на наземных электростанциях в Японии.

EADS — Astrium — ведущая европейская компания по производству спутников и спутникового оборудования объявила в январе 2010 года о планах запуска демонстрационного спутника с солнечной энергетической установкой на борту. Для передачи энергии на Землю предполагается использование излучения инфракрасного лазера, более безопасного с экологической и биологической точки зрения, чем микроволновое излучение, применяемое в проектах США и Японии. Эффективность устройства преобразования энергии лазерного луча в электрическую энергию составит до 80 процентов. Размер финансирования и целевые показатели по мощности не разглашаются.

Российский проект КСЭС [18] со сроком создания до 2018 г. стоимостью 10 млрд. руб. направлен на использование преимуществ лазеров над СВЧ-системами:

- КПД преобразования электроэнергии в инфракрасный лазерный сигнал доходит до 80 %;
- значительно меньшая расходимость лазерного луча (10-6 радиана) по сравнению с СВЧ сигналом;
- реальные достижения в миниатюризации элементной базы (по световоду диаметром 250 микрон передаётся световая мощность 25 кВт);
- возможность приёма энергии в высокоширотных районах России от КСЭС, находящейся на геостационарной орбите;
- российские производители в направлении волоконных световодов сейчас занимают ведущие позиции в мире («ИРЭ Полюс», г. Фрязино);
- возможность приёма потока лазерной энергии в высокоширотных районах России, где расположены основные энергопотребители.

Для приёма СВЧ создание стены высотой 20 километров или привязного аэростата аналогичного размера нереально. Использование ретранслятора значительно усложняет систему. В лазерной концепции проблема высокоширотного приёма энергии может быть решена путём создания требуемой по площади приёмной системы на стене высотного сооружения (стена дома в 30 этажей) или созданием привязного аэростата с боковым приёмом энергии.

КСЭС с лазерным (ИК) каналом передачи энергии оказывает меньшее экологическое и биологическое воздействие, поскольку СВЧ-луч греет по объёму, в то время, как ИК-луч греет только по поверхности, локализует зону приёма энергии — она на 5 порядков меньше: диаметр пятна на Земле при использовании лазера 36 м и 20 км в СВЧ-диапазоне. При аэростатном приёме возможен выбор длины волны, интенсивно поглощающейся на компонентах нижних слоёв атмосферы (например = 1,3 мкм), при необходимости возможна расфокусировка луча.

Концепция КСЭС реализована на основе центробежных бескаркасных конструкций. Для генерации энергии 1 млн. кВт при КПД 10 % потребует полотно диаметром 3 км (28,3 км²). Ее основные преимущества:

- отсутствие крупногабаритного жесткого каркаса, составляющего до 50 % стоимости всей КСЭС, и, соответственно, его изготовления, вывoda на орбиту и сборки в космосе;
- не требуется ориентации с точностью ± 10 , нет силовых тоководов;
- возможность переориентации (слежения за Солнцем) на гироскопическом принципе без затрат рабочего тела, поскольку сама центробежная система является тяжёлым гироскопом;
- возможность наземной отработки и автоматизированного развёртывания на орбите;

- имеется уникальный отечественный опыт наземной и орбитальной отработки (космический эксперимент «Знамя 2»);
- ориентация без расхода топлива.

Основные проблемы:

- создание на основе нанотехнологий фотопреобразующих и приёмно-излучающих элементов;
- создание агрегатов развертывания для батареи диаметром несколько километров.

«Кто имеет энергию в космосе — тот владеет космосом» — развитие энерговозможностей приводит к расширению области доступных для решения задач (табл. 3).

Таблица 3

Оценка необходимой мощности КСЭС для решения задач освоения космоса

Задачи	Мощность, кВт
<ul style="list-style-type: none"> •Высокопериодический радиолокационный контроль объектов на земной поверхности, в воздушном и космическом пространстве •Глобальные системы связи высокой производительности •Создание долговременной лунной базы •Промышленное производство в космосе 	50–500
<ul style="list-style-type: none"> •Межорбитальные буксиры •Освоение лунных сырьевых ресурсов •Очистка околоземного пространства от космического мусора 	500–5000
<ul style="list-style-type: none"> •Межорбитальная транспортировка целевых грузов в межпланетной зоне •Пилотируемые полеты на Марс •Защита земли от астероидной опасности 	5000–25 000
Мельников. Презентация на НТС ЦНИИмаш проекта «Создание демонстрационного прототипа космической солнечной электростанции (КСЭС) мощностью 100 кВт» [18]	

Один квадратный километр — миллион квадратных метров — на орбите получает непрерывно около 1,4 ГВт. Таким образом, с эффективностью солнечной ячейки 20 % и эффективностью передачи на Землю % 50 (достижимая сегодня), нужно 10 км² для создания 1 ГВт на Земле. Таким образом, для строительства 100 ГВт в год потребуется 1000 км² солнечных элементов. Поставки даже 10 % электроэнергии из космоса позволит создать огромный спрос на изделия электронной промышленности!

С точки зрения экологии, борьбы с энергетической и экономической бедностью, развитию высокотехнологичных производств и снижения международной напряженности проект крайне привлекателен. Устойчивый спрос на фотоэлектричество создает привлекательные условия развития электронной промышленности и электроэнергетики. Проект позволяет снизить барьеры освоения космоса, создания мощностей ко-

смического производства, раздвигающего космические горизонты и создающего необходимую энергетическую систему для развития человечества без истощения ресурсов планеты.

Создание такой системы также позволяет обеспечить энергией космические станции и корабли, создать беспроводную энергетическую сеть, связывающую корабли-разведчики. Современные технологии 3D-принтеров и технологии освоения ресурсов астероидов позволяют создавать беспилотные автоматические устройства, включающиеся в общую энергетическую сеть, причем использование технологий самовоспроизводящихся роботов позволит формировать энергетическую сеть без непосредственного участия человека, ограничиваясь стратегическим управлением направлений ее развития и переходом на более совершенные технологии.

При высоком уровне мощности (МВт – ГВт и более) имеют существенные преимущества:

- по простоте конструкции (не имеют высокотемпературных контуров, экологически чисты, не несут катастрофических последствий при аварии, допускают ремонт, не требуют захоронения)
- стоимостным характеристикам при крупномасштабном производстве
- удельным (Вт/кг) характеристикам в 3–5 раз лучше
- в перспективе развития нанотехнологий имеют большие перспективы к совершенствованию.

Литература

1. Introduction – Energy From Space [Электронный ресурс] // Space futur. URL: <http://www.spacefuture.com/power/introduction.shtml> (дата обращения 27.05.2013).

2. The world factbook [Электронный ресурс] // Central intelligence agency. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html> (дата обращения 27.05.2013).

3. Перспективы энергетических технологий 2012. Международное энергетическое агентство (IEA), 2012. 690 с.

4. Солнечная энергетика [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика

5. В космосе есть спирт [Электронный ресурс] // Вести-2012.ру. 2012. 25 сентября. URL: <http://cosmos.2012vesti.ru/2012/07/v-kosmoseest-spirit> (дата обращения 27.05.2013).

6. Европейские астрономы обнаружили в космосе «горячие газовые мосты» [Электронный ресурс] // Российская газета. 2012. 21 ноября. URL: <http://www.rg.ru/2012/11/21/gaz-anons.html> (дата обращения 27.05.2013).

7. В космосе есть 10 миллиардов триллионов планет, пригодных для жизни [Электронный ресурс] // Российская газета. 2009. 18 февраля.

URL: <http://www.rg.ru/2009/02/18/kosmos-anons.html> (дата обращения 27.05.2013).

8. Пояс Койпера [Электронный ресурс] // Вести-2012.ру. 2011. 4 января. URL: <http://cosmos.2012vesti.ru/2011/01/poyas-kojpera/> (дата обращения 27.05.2013).

9. Спутники RBSP сделали открытие в поясах Ван Аллена, шокировавшее ученых [Электронный ресурс] // DailyTechInfo.2013. 7 марта. URL: <http://www.dailytechinfo.org/space/4597-sputniki-rbsp-sdelali-otkrytie-v-poyasah-van-allena-shokirovavshee-uchenyh.html> (дата обращения 27.05.2013).

10. Energy transformation [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Energy#Energy_transformation (дата обращения 27.05.2013).

11. Сбылась мечта Эйнштейна? — преобразование материи в энергию и энергии в материю стало возможным не только в лаборатории... [Электронный ресурс] // Конспектируем.ру: собрание уникальных материалов. URL: <http://konspektiruem.ru/news/Sbylas-mechta-ehinshteina-preobrazovanie-materii-v-ehnergiju-i-ehnergii-v-materiju-stalo-vozmozhnym-ne-tolko-v-laboratorii/> (дата обращения 27.05.2013).

12. *Пайсон Д.Б.* Институты и институциональное проектирование в сфере космической деятельности: Автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. М., 2011. 51 с.

13. Исследование: США затратили на космические программы \$48,8 млрд [Электронный ресурс] // Взгляд: деловая газета. 2010. 3 марта. URL: <http://www.vz.ru/news/2010/3/3/380557.html> (дата обращения 27.05.2013).

14. Космонавтика XXI века. М.: РТСофт, 2011. 864 с.

15. Стратегические направления и приоритетные области развития для кластера «Космические технологии и телекоммуникации» Фонда «Сколково». М.: Сколково, 2012. 56 с.

16. Китайцы испытали «левитирующий» двигатель [Электронный ресурс] // CNews R&D: наука и разработки. URL: http://rnd.cnews.ru/tech/news/line/index_science.shtml?2013/02/13/519044 (дата обращения 27.05.2013).

17. *Борисов В.* Застрявшие между Луной и Марсом [Электронный ресурс] // Военно-промышленный курьер (ВПК): общероссийская еженедельная газета. URL: <http://vpk-news.ru/news/14929> (дата обращения 27.05.2013).

18. Создание демонстрационного прототипа космической солнечной электростанции (КСЭС) мощностью 100 кВт. [Электронный ресурс]: проект. URL: http://www.expertclub.ru/sections/energy/action/8/Melynikov_-_Prezentatsiya_na_NTS_TCNII mash_proekta_KSES.pdf (дата обращения 27.05.2013).

Towards the geocosmic system of providing humankind with energy and resources

Vorozhikhin Vladimir

*Free Economic Society of Moscow
Moscow, Russia, vorozhikhin@mail.ru*

The paper considers call for and possibility of humankind to become ready to utilization of resources and energy of outer space. Importance of energy security issues is permanently growing. Promising direction of energy development is utilization of outer space energy. Author considers types of outer space resources and energy, current status and prospects of energy related technologies of spacecraft and provision of space and Earth-based users with energy.

Keywords: energy security, space technologies, outer space resources, geocosmic energy.

References

1. Introduction – Energy From Space [Elektronnyy resurs] // Spase futur. URL: <http://www.spacefuture.com/power/introduction.shtml> (data obrashcheniya 27.05.2013).

2. The world factbook [Elektronnyy resurs] // Central intelligence agency. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html> (data obrashcheniya 27.05.2013).

3. Perspektivy energeticheskikh tekhnologiy 2012. Mezhdunarodnoe energeticheskoe agentstvo (IEA), 2012. 690 s.

4. Solnechnaya energetika [Elektronnyy resurs] // Wikipedia. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Solnechnaya_energetika

5. V kosmose est' spirt [Elektronnyy resurs] // Vesti-2012.ru. 2012. 25 sentyabrya. URL: <http://cosmos.2012vesti.ru/2012/07/v-kosmose-est-spirt> (data obrashcheniya 27.05.2013).

6. Evropeyskie astronomy obnaruzhili v kosmose «goryachie gazovye mosty» [Elektronnyy resurs] // Rossiyskaya gazeta. 2012. 21 noyabrya. URL: <http://www.rg.ru/2012/11/21/gaz-anons.html> (data obrashcheniya 27.05.2013).

7. V kosmose est' 10 milliardov trillionov planet, prigodnykh dlya zhizni [Elektronnyy resurs] // Rossiyskaya gazeta. 2009. 18 fevralya. URL: <http://www.rg.ru/2009/02/18/kosmos-anons.html> (data obrashcheniya 27.05.2013).

8. Poyas Koypera [Elektronnyy resurs] // Vesti-2012.ru. 2011. 4 yanvarya. URL: <http://cosmos.2012vesti.ru/2011/01/poyas-kojpera/> (data obrashcheniya 27.05.2013).

9. Sputniki RBSP sdelali otkrytie v poyasakh Van Allena, shokirovavshee uchenykh [Elektronnyy resurs] // DailyTechInfo.2013. 7 marta. URL: <http://www.dailytechinfo.org/space/4597-sputniki-rbsp-sdelali-otkrytie-v-poyasah-van-allena-shokirovavshee-uchenyh.html> (data obrashcheniya 27.05.2013).

10. Energy transformation [Elektronnyy resurs] // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Energy#Energy_transformation (data obrashcheniya 27.05.2013).

11. Sbylas' mechta Eynshteyna? – preobrazovanie materii v energiyu i energii v materiyu stalo vozmozhnym ne tol'ko v laboratorii... [Elektronnyy resurs] // Konspektiruem.ru: sobranie unikal'nykh materialov. URL: <http://konspektiruem.ru/news/Sbylas-mechta-ehinshteina-preobrazovanie-materii-v-ehnergiju-i-ehnergii-v-materiju-stalo-vozmozhnym-netolko-v-laboratorii/> (data obrashcheniya 27.05.2013).

12. *Payson D.B.* Instituty i institutsional'noe proektirovanie v sfere kosmicheskoy deyatelnosti: Avtoref. diss. ... d-ra ekon. nauk. M., 2011. 51 s.

13. Issledovanie: SShA zatratili na kosmicheskie programmy \$48,8 mlrd [Elektronnyy resurs] // Vzglyad: delovaya gazeta. 2010. 3 marta. URL: <http://www.vz.ru/news/2010/3/3/380557.html> (data obrashcheniya 27.05.2013).

14. Kosmonavtika XXI veka. M.: RTSoft, 2011. 864 s.

15. Strategicheskie napravleniya i prioritetye oblasti razvitiya dlya klastera «Kosmicheskie tekhnologii i telekommunikatsii» Fonda «Skolkovo». M.: Skolkovo, 2012. 56 s.

16. Kitaytsy ispytali «levitiruyushchiy» dvigatel' [Elektronnyy resurs] // CNews R&D: nauka i razrabotki. URL: http://rnd.cnews.ru/tech/news/line/index_science.shtml?2013/02/13/519044 (data obrashcheniya 27.05.2013).

17. *Borisov V.* Zastryavshie mezhdun Lunoy i Marsom [Elektronnyy resurs] // Voенno-promyshlennyy kur'er (VPK): obshcherossiyskaya ezhenedel'naya gazeta. URL: <http://vpk-news.ru/news/14929> (data obrashcheniya 27.05.2013).

18. Sozdanie demonstratsionnogo prototipa kosmicheskoy solnechnoy elektrostantsii (KSES) moshchnost'yu 100 kVt. [Elektronnyy resurs]: proekt. URL: http://www.expertclub.ru/sections/energy/action/8/Melnyikov_-_Prezentatsiya_na_NTS_TCNIImash_proekta_KSES.pdf (data obrashcheniya 27.05.2013).