

ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗЕМЛИ

Виталий Семенов, начальник отдела ФГУП "Исследовательский Центр им. М.В. Келдыша", д.т.н.

В недалеком будущем на развитие цивилизации будет влиять ряд новых факторов, которые ранее не обнаруживали себя в явной форме и которые имеют внутренние и внешние причины.

К внутренним причинам относятся:

- рост численности населения Земли, которое согласно научным прогнозам может достигнуть к концу XXI века 12 млрд человек и приблизиться к предельному значению (15...20 млрд человек). Энергопотребление современной цивилизации постоянно увеличивается. Это касается всех сторон жизни человечества: промышленности, транспорта, сельского хозяйства, обеспечения все более разнообразных потребностей людей;

- бурное экстенсивное развитие энергетики, базирующейся в основном на углеродном и углеводородном топливе (нефть, газ), и, в особенности, опережающее развитие наземного транспорта приводят к изменению климата. В настоящее время энергопотребление по первичным источникам энергии (уголь, нефть, газ, атомная энергия, гидроэнергетика) составляет $16 \text{ ТВт} = 16 \cdot 10^{12} \text{ Вт}$. Если использовать существующие технологии, то при темпах роста 1,5 % в год через 100 лет может приблизиться к 100 ТВт - предельному экологическому значению, которое может выдержать биосфера планеты.

К внешним причинам относятся:

- регулярное падение на Землю крупных метеоритных и кометных фрагментов. Фрагменты типа "Тунгусский метеорит" (диаметром около 100 м и массой примерно 233 тыс. тонн) падают на Землю с периодичностью один раз в 100 лет. Такая катастрофа создает на площади 60 x 60 км поражающий эффект, аналогичный взрыву боеприпаса с тротильным эквивалентом 15 Мт (атомная бомба, сброшенная на Хиросиму, имела тротильный эквивалент 0,02 Мт). Космическое тело, угодившее не так давно в Юпитер, вызвало взрыв, объем облака которого сравним с объемом нашей планеты. "Космическая опасность" - угроза абсолютно реальная и вовсе не исчерпывается опасностью, генерируемой одними странами Земли в отношении других через околоземное космическое пространство.

- периодичность изменения положения магнитных полюсов Земли каждые 200 тыс. лет. По прогнозам ученых ближайшая перемена мест Северного и Южного магнитных полюсов произойдет примерно через 2000 лет. Магнитное поле Земли на какой-то период времени исчезнет, и Земля лишится магнитной защиты от ионизирующей радиации, которая обусловлена солнечными вспышками и галактическим излучением. Защита цивилизации от такого катаклизма потребует некоего технического решения, проработкой которого целесообразно заняться уже сегодня.

Всю совокупность сформулированных выше проблем помимо их глобальности объединяет тот факт, что для их решения человечество нуждается в альтернативных источниках энергии, существенно отличающихся от используемых в настоящее время.

Общие подходы к концепции глобального энергоснабжения Земли

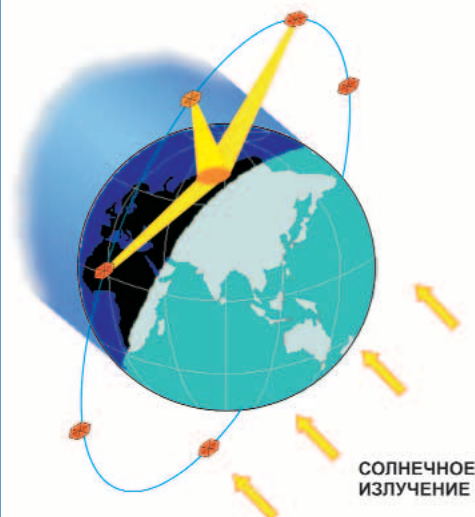
Поиски экологически чистой энергетики приводят к пониманию необходимости переноса производства наиболее энергоемких и экологически опасных материалов, и в том числе выработки электроэнергии, в космос с дистанционной передачей ее на Землю. О та-

кой перспективе говорил еще в 1928 г. Константин Эдуардович Циолковский в работе "Будущее Земли и человечества": "Солнечная энергия - главное, только мы не умеем ею пользоваться... Только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом".

Разрабатываемая в России концепция глобальной космической системы производства энергии опирается на следующие принципы:

- глобальное, региональное, местное энергообеспечение общества является общепланетной социально-политической проблемой;
- управление экологической безопасностью на глобальном, региональном, местном уровне должно осуществляться на основе космического мониторинга как наиболее достоверного и надежного технического средства с использованием "зеленых" тарифов за энергию, которые должны учитывать социальную значимость энергоносителя;
- государства должны наладить поддержку развития возобновляемых источников энергии (гидротехника, солнечные и ветровые генераторы, приливные морские электростанции) с оптимизацией регионального и местного состава таких источников энергии;
- долю электроэнергии, производимой на атомных станциях, необходимо

СИСТЕМА ОРБИТАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИПОЛЯРНЫХ ГОРОДОВ



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ:

1. Размер освещаемого района	= 17 км
2. Уровень освещенности при сплошной облачности, обеспеченный одним КА	> 5 лк.
3. Время работы:	
3.1. В годичном цикле – ноябрь, декабрь, январь, февраль	
3.2. В суточном цикле – с 8 до 16 часов местного времени	
4. Орбита круговая солнечно-синхронная	
4.1. Высота орбиты	H = 1700 км
4.2. Наклонение	i = 103
4.3. Восходящий узел 22.03 – точка весеннего равноденствия	
5. Число КА-рефлекторов в системе	100-120
6. Масса одного КА5 – 6,5 т	
7. Число КА в группе, выводимой одним пуском РН-35 на низкую опорную орбиту	5 - 6
8. Ресурс	15 лет

Рис. 1

оптимизировать для регионального и местного уровня;

- следует определить оптимальное сочетание энергетики наземного и космического базирования в интересах глобального, регионального, местного развития экономики с учетом экологической обстановки;
- для выработки, аккумулирования, передачи энергии и устранения негативных последствий роста энергообеспечения населения следует использовать авиационно-космические технологии (как наиболее развитые и современные из всего спектра применяемых человечеством в современном производстве).

Первый этап создания системы космического энергоснабжения

Система освещения с орбиты приполярных городов Земли полярной ночью была рассмотрена в Техническом предложении (первая проектная стадия), разработанном в 1992 г. Центром Келдыша и РКК "Энергия" имени Королева. Систему, использующую орбитальные спутники-рефлекторы, предлагалось использовать для освещения Норильска, а также других городов в период с ноября по февраль, начиная с 8 часов утра до 16 часов местного времени.

Освещение производится отраженным солнечным светом с помощью плоского тонкопленочного рефлектора, вращающегося на околоземной орбите. Эффективность метода обусловлена многими факторами, и в первую очередь благотворным психологическим воздействием на население при организации естественного солнечного освещения в период полярной ночи. Освещение орбитальным источником отличается гораздо большей экологической чистотой по сравнению с электрическим освещением, так как последнее полезно использует примерно 1 % энергии (в основном углеводородного топлива), и к тому же создает электромагнитное загрязнение окружающей среды.

Указанный метод освещения целесообразно применять и для освещения определенных районов моря. Это продлевает световой день, тем самым повышается масса планктона в поверхностных слоях воды. В результате этого существенно возрастут рыбные запасы. Следует упомянуть, что все затраты на открытие Америки были окуплены именно освоением богатых рыбой районов у берегов Ньюфаундленда. Благодаря дополнительной подсветке и предотвращению весенних заморозков может быть достигнуто существенное повышение продуктивности сельских хозяйств в северных широтах. Облик и основные характеристики системы орбитального освещения приполярных городов представлены на рис. 1.

Второй этап развития системы космического энергоснабжения

На этом этапе предполагается организовать на орбите преобразование энергии светового излучения Солнца в СВЧ-энергию, которая затем по узконаправленному лучу "сбрасывается" на Землю. Этот способ передачи энергии сопряжен с определенной экологической опасностью для наземных и летящих в атмосфере объектов. Избежать потенциальной опасности можно, если СВЧ-излучение с длиной волны $\lambda=0,5$ см передавать с помощью параболической антенны на приемную антенну (ректенну), расположенную на высоте 10 км на привязном аэростате. СВЧ-излучение с указанной длиной волны беспрепятственно проходит через верхние слои атмосферы, но на высотах менее 10 км оно резонансно поглощается молекулами кислорода. Основные характеристики такой системы электроснабжения из космоса, состоящей из восьми космических электростанций на орбите, представлены

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ		
Характеристика	Величина	Примечание
Рабочая орбита:		
- круговая, высотой, км	940	Орбита солнечно-синхронная
- наклонение орбиты, град	103	
Число космических аппаратов в системе, шт.	8	
Установленная выходная электрическая мощность солнечной батареи на каждом космическом аппарате, МВт	6	К.п.д. преобразования солнечной энергии в постоянный ток (напряжение 110 В) - 10 %
Мощность, принимаемая последовательно ректенной от каждого космического аппарата, МВт	2,5	Длительность передачи энергии от каждого космического аппарата ~15 мин
Диаметр излучающей антенны, м	270	
Размер солнечной батареи, м	160 x 160	Используются две солнечные батареи
Диаметр ректенны, м	270	
Масса одного космического аппарата (космической электростанции), т	35	
Ресурс, лет	30	
Грузоподъемность ракеты-носителя РН-35, т	35	При доставке на орбиту высотой 200 км.

в таблице, а внешний облик показан на рис. 2. В таблице размерность одиночной космической электростанции (и связанная с ней мощность 6 МВт) приведена с учетом грузоподъемности (35 тонн) перспективной ракеты-носителя РН-35, а также габаритов грузового отсека (Ø 6,5 м, длина 22 м).

Средства развертывания космических электростанций

Анализ развития энергетики и новых авиационно-космических технологических разработок показал, что к концу XXI века можно будет создать космический сегмент энергетики суммарной принимаемой мощностью на Земле на уровне 4 ТВт ($4 \cdot 10^{12}$ Вт). Это составит 8 % от всех мощностей по первичным энергоносителям с учетом внедрения в наземную энергетику новых технологий (эффективные газотурбинные энергоустановки, тепловые насосы, автомобильный и авиационный транспорт на водороде, оптимальная доля возобновляемых источников энергии и атомных электростанций). Реальность выхода на указанный уровень мощностей в космическом сегменте энергетики зависит от трех факторов:

- числа оборудованных соответствующим образом космодромов;
- численности и эффективности ракет-носителей;

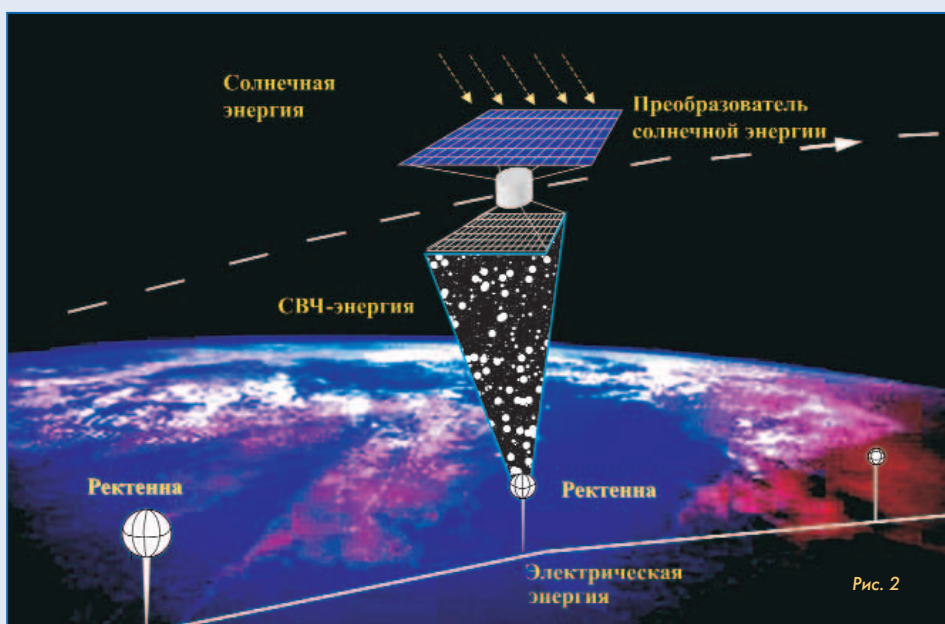


Рис. 2

- оптимальной модульности космической электростанции.

В настоящее время на Земле действует 22 космодрома. Реально рассчитывать, что к 2030 г., когда начнется развертывание космического сегмента энергетики, их станет 24.

В отношении флота ракет-носителей следует отметить, что разрабатываемые в настоящее время технологии позволят создать к 2015-2020 гг. двухступенчатую ракету-носитель РН-35. Она будет иметь первую ступень многократного использования и грузоподъемность 35 т. Стоимость выведения килограмма грузов таким носителем составит примерно \$1000, а надежность ракеты-носителя должна быть доведена до 0,9995. К 2030 г. на ее основе планируется создать ракету-носитель РН-70 грузоподъемностью 70 т. Стоимость выведения килограмма грузов такой ракетой оценивается величиной \$300...500. Сравнение возможностей использования таких носителей иллюстрируется рис. 4. Применение ракет-носителей указанного класса позволит выводить на опорную орбиту космическую электростанцию с суммарной электрической мощностью солнечных батарей 15 МВт, созданной на основе модуля мощностью 6 МВт.

Учитывая, что для подготовки повторного старта ракеты-носителя многократного применения потребуется около одной недели, получается, что одна стартовая позиция может обеспечить 52 пуска в год. Если разместить на космодроме пять стартовых позиций, то каждый космодром должен иметь, как минимум, пять ра-



Рис. 3

кет-носителей типа РН-70. Таким образом, к концу XXI века мировой флот ракет-носителей многократного применения должен иметь примерно 120 ракет-носителей типа РН-70, что представляется реальным. Для сравнения: мировой парк самолетов Boeing 747 со стартовой массой 320...378 т насчитывает около 1000 машин.

Даже с преодолением сложнейших инженерно-технологических задач, которые ставит глобальная система, аналогичная описанной, все равно остаются две проблемы, решение которых можно искать только совместными усилиями промышленно развитых стран.

Первая проблема связана с заметной экологической нагрузкой на биосферу, создаваемой

примерно 6000 пусками ракет-носителей в год. Ее следует сопоставлять с экологической опасностью, порождаемой традиционными технологиями в энергетике и на транспорте.

Вторая проблема связана с необходимостью расширения списка стран, использующих современные космические технологии, при осуществлении непрерывного приема и транспортировки переданной из космоса энергии.

Применение новой техники в глобальном масштабе невозможно без согласованной деятельности науки и промышленности различных стран. В связи с осуществлением столь грандиозного проекта возникает еще ряд технических задач, решение которых потребует разработки новых двигательных и энергетических установок, использующих поступающую из космоса энергию.

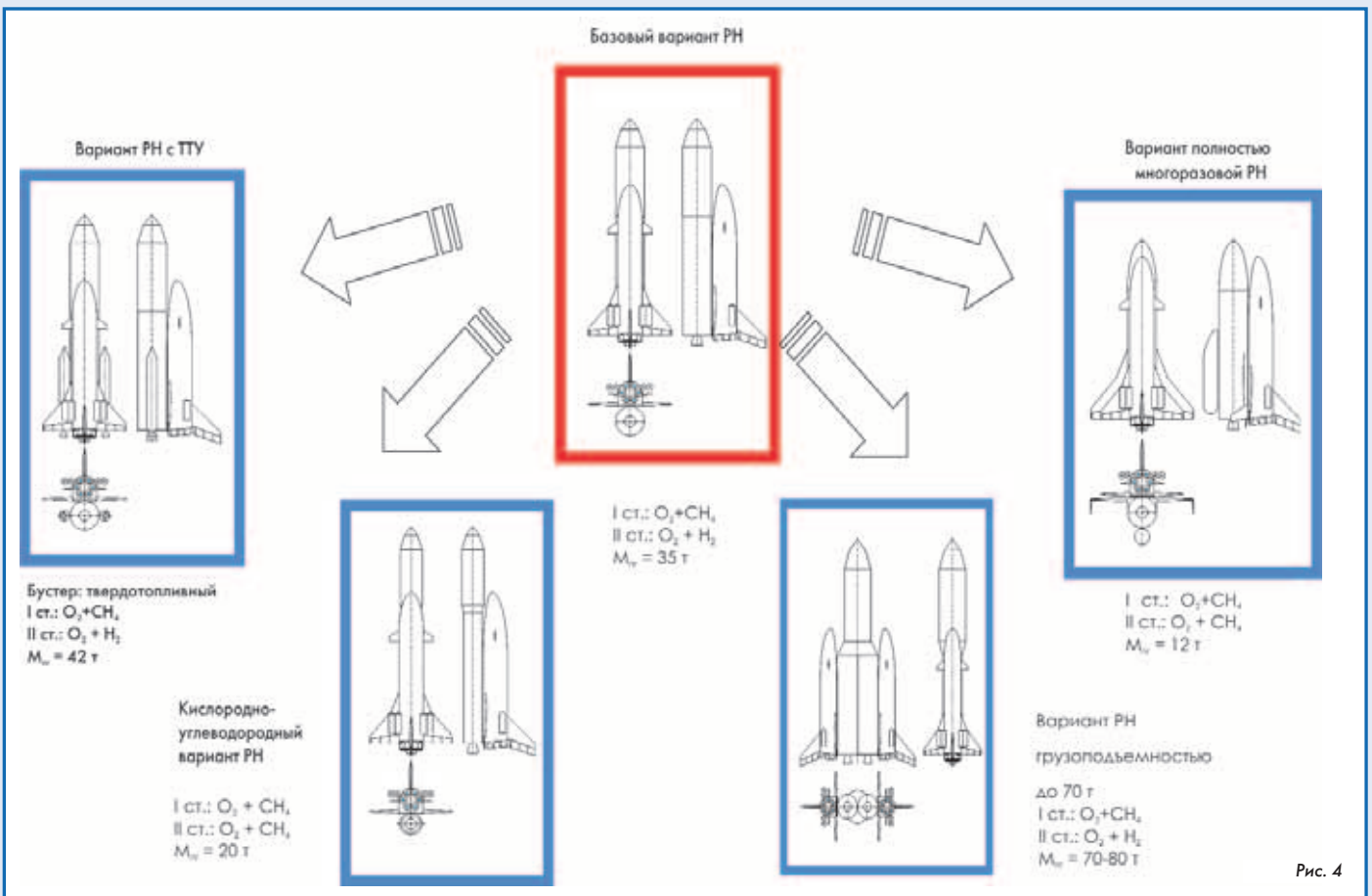


Рис. 4