

Alexander O. MAYBORODA,
CEO, LLC "AVANTA-Consulting" Research Company,
Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com

Graphics of drawings – Dmitry Anisimov
The author of drawings – Alexander Mayboroda

ABSTRACT Initial phases of the transit from the Type I planetary civilization to the Type II space (stellar) civilization in accordance with N. Kardashev's classification, when energy consumption is comparable to stellar capacity, are considered. Astroengineering for megastructures creation is regarded as the basis of the Type II civilization (or the supercivilization). The rudiments of this activity are evidenced in modern industry that is reflected in the projects of planetary ground and geocosmic systems examined in the article. It is shown that the scale factor gives megasystems the qualities which are inaccessible for rocket macrosystems in the conditions of unit costs reduction and cargo traffic increase. The stages of global geocosmic systems deployment that provide their realization in the XXI century are considered.

Keywords: *vacuum tube train, maglev, planetran, hyperloop, microgravitron, general planetary vehicle, non-rocket spacelaunch, megastructures, astroengineering*

PLANETARY TRANSPORT SYSTEMS SET UP ASTROENGINEERING AND THE FORMATION OF THE TYPE II STELLAR CIVILIZATION

ПЛАНЕТАРНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ — НАЧАЛО АСТРОИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ II ТИПА



Александр Олегович МАЙБОРОДА,
директор научно-исследовательской компании
ООО «АВАНТА-Консалтинг», Ростов-на-Дону, Россия,
mayboro@gmail.com

Графика рисунков – Дмитрий Анисимов
Автор рисунков – Александр Майборода

АННОТАЦИЯ I Рассматриваются начальные фазы перехода от земной цивилизации I типа к космической (звездной) цивилизации II типа по классификации Н. Кардашёва, когда энергопотребление сравнимо с мощностью звезды. Основой цивилизации II типа, или сверхцивилизации, считается астроинженерная деятельность по созданию мегаструктур. Зачатки этой деятельности наблюдаются в современной промышленности, что отражено в рассмотренных проектах планетарных наземных и геокосмических систем. Показано, что масштабный фактор придает мегасистемам качества, недоступные ракетным макросистемам в сокращении удельных затрат и увеличении грузопотока. Рассматриваются этапы развертывания глобальных геокосмических систем, обеспечивающих их реализацию в XXI веке.

Ключевые слова: вакуумный поезд, Маглев, Планетран, Хайперлуп, Микрогравитрон, общепланетное транспортное средство, безракетный космический запуск, мегаструктуры, астроинженерная деятельность

ВВЕДЕНИЕ

В своей последней работе известный физик-теоретик Стивен Хокинг предупредил: отказ от космической экспансии повлечет неизбежную гибель цивилизации. По его мнению, космос таит в себе множество опасностей, но именно поэтому нужно осваивать его, а не ждать неизбежной астероидной катастрофы. «Гибель человечества – это не научная фантастика, это гарантировано физическими законами и теорией вероятности», – напомнил Хокинг [1, с. 177–178].

Обобщением неизбежности освоения Солнечной системы стала «шкала Кардашёва» – шкала развития цивилизаций, предложенная советским радиоастрономом Н. С. Кардашёвым [2]. На основе данных о росте энергопотребления он рассчитал, что примерно через 3200 лет количество потребляемой человечеством энергии сравняется с энергией, выделяемой Солнцем. Это стало основанием его концепции о появлении в будущем цивилизации II типа, или сверхцивилизации. В отличие от цивилизации I типа, энергопотребление которой сравнимо с мощностью, получаемой планетой от родительской звезды, цивилизация II типа должна использовать всю энергию своей звезды. Для усвоения энергии, выделяемой Солнцем, необходимо построить перехватывающую излучение оболочку астрономических размеров. Таким образом, основой цивилизации II типа является астроинженерная деятельность – технологии создания промышленно-энергетических мегаструк-

тур и реконструкции Солнечной системы. Примеры проектов таких мегаструктур – сфера Дайсона и раковина Покровского [3, 4].

Создание искусственных мегаобъектов требует проведения операций с космическими объектами масштаба планет, разборки небесных тел для получения конструкционных материалов.

Инструменты астроинженерной деятельности должны соответствовать масштабам и массам оперируемых объектов. Создание таких мегаинструментов – процесс, который закладывается еще при формировании цивилизации I типа в виде планетарных сооружений.

Переходными мегасистемами от цивилизации I типа к цивилизации II типа будут различные конструкции в околоземном пространстве и на Луне: космические и лунные электростанции, орбитальные зеркала. Различные типы космических лифтов и орбитальных колец тоже представляют собой примеры начального этапа в создании мегасистем.

Такие космические мегасистемы существуют пока в теории, но им предшествуют земные мегасистемы, возможные в ближайшем будущем. Это, прежде всего, земные транспортные системы планетарного масштаба. Оценка перспективности мегапроектов должна производиться не на основе старой макротехнической парадигмы, а исходя из задачи движения в цивилизацию II типа.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ PLANETRAP AND HYPERLOOP

Планетарные мегаконструкции в виде подводных плавающих тоннелей SFT (submerged floating tunnel) давно привлекают внимание стран Европы, а также Китая, Индонезии, США. Концепции SFT предполагают создание трансатлантического транспортного тоннеля между Северной Америкой и Европой [6]. Предусмотрено создание вакуумных трубопроводов для сверхзвуковых поездов, использующих магнитную левитацию и линейный электропривод. Эти поезда способны развивать скорость от 500 до 8000 км/ч. SFT должны проходить на глубине минимум 50 м с использованием тросовой системы крепления ко дну океана. Один из предложенных маршрутов трансат-

лантического поезда проходит через северо-восточную Канаду, а затем направляется к Британским островам и континентальной Европе.

В настоящее время прогресс, достигнутый в технологиях прокладки подземных тоннелей, реанимирует проекты подземных глобальных транспортных сетей. Одним из близких к реализации является проект Hyperloop, решающий задачу перемещения пассажиров со сверхзвуковой скоростью [7].

Эти проекты воспроизводят заново пионерский проект гиперзвуковой транспортной системы Planetrap [8]. В 1978 году корпорация RAND опубликовала разработку Роберта М. Саль-

тера под названием «Транспланетные системы метро» – проект подземной высокоскоростной железнодорожной системы, связывающей большую часть Соединенных Штатов, а затем и всю планету. Поезда перемещаются в безвоздушных туннелях со скоростью до 22 500 км/ч (6,25 км/с). На экваториальной трассе при движении по ходу вращения планеты необходимо добавить всего 1,2 км/с, чтобы поезд достиг первой космической скорости, и пассажиры с грузами потеряли вес, как на орбитальной станции. Таким образом, незначительная модернизация способна преобразовать поезда Planetrap в подземные спутники Земли, на борту которых возникает состояние невесомости.

Пассажиры поезда системы Planetran при движении с максимальной скоростью должны испытывать частичную невесомость – понижение веса на 62%, или уменьшение его в 2,7 раза. При движении поезда со скоростью спутника будет достигнуто состояние полной невесомости, или состояние микрогравитации. Для промышленности получение микрогравитации в наземном транспорте, а не на борту космического аппарата, качественно улучшает производственные возможности. Эксперименты по производству различных высокопрочных материалов, композитов и высокочистых веществ показали, что в условиях микрогравитации можно получить результаты, недостижимые в обычных наземных условиях. Еще в прошлом веке было подсчитано, что космосе возможно производство уникальной продукции на сумму около 50 млрд долларов ежегодно (по современному курсу это около 200 млрд).

НЕЗНАЧИТЕЛЬНАЯ
МОДЕРНИЗАЦИЯ СПОСОБНА
ПРЕОБРАЗОВАТЬ ПОЕЗДА
ПРОЕКТА PLANETRAN
В ПОДЗЕМНЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ,
НА БОРТУ КОТОРЫХ ВОЗНИКАЕТ
СОСТОЯНИЕ НЕВЕСОМОСТИ.

Однако переход к промышленному производству не произошел из-за высокой стоимости вывода в космос и, самое главное, возвращения из космоса полезных грузов – порядка 10 тысяч долларов США за 1 кг. Вместе с тем затраты на получение микрогравитации на борту подземных спутников составляют порядка 1 доллара США за 1 кг, что делает их сильным конкурентом МКС.

Таким образом, решением проблемы организации рентабельного массового производства материалов в условиях невесомости станет использование в качестве носителей оборудования не космических аппаратов, а наземных транспортных средств, движущихся с первой

учно-техническом центре «Микрогравитация» Союза НИО СССР [10, 11]. Исследования велись при содействии Федерации космонавтики СССР. Проект «антигравитационной» системы получил название «Микрогравитрон», сокращенное наименование – МГТ.

РЕШЕНИЕМ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕНТАБЕЛЬНОГО МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ СТАНЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ НЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, А НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ДВИЖУЩИХСЯ С ПЕРВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СКОРОСТЬЮ ПО ДУГЕ С РАДИУСОМ ПЛАНЕТЫ В ВАКУУМИРОВАННОМ ТРУБОПРОВОДЕ.

космической скоростью по дуге с радиусом планеты в вакуумированном трубопроводе. Дополнительно к микрогравитации на борту таких подземных спутников добавляется использование недорогого высокого вакуума за счет эффекта молекулярного экрана – образования аэродинамической тени за кормой «вагонов», точно так же, как этот эффект использовался в экспериментах на борту МКС [9].

Возможность непассажирского промышленного применения транспортных средств в качестве генераторов микрогравитации была исследована в СССР. В целях развития и ускорения исследований, начатых общественным КБ в 1987 году в Новочеркасском политехническом институте, в ХНО Минвуза РСФСР открыли тему фундаментальной НИР с государственным финансированием «Исследование транспортных систем с магнитным подвесом и линейным электроприводом, предназначенных для получения микрогравитации в наземных условиях». Дополнительно фундаментальная НИР проводилась в Ростовском региональном на-

Были рассмотрены варианты размещения МГТ на территории СССР и за рубежом – в том числе по линии экватора. На территории СССР, проходя по эстакаде и тоннелям, такая система могла бы дать около 15 минут невесомости. Пролет по трубопроводу, удлиненному за счет участков на территории Европы, добавит еще несколько минут. В дальнейшем трассу МГТ можно продлевать в океан на основе тоннелей SFT с перспективой закольцевать трассу.

Начальный экваториальный участок МГТ предполагается длиной 2700 км, из которой: 225 км – участок разгона аппарата в течение 1 минуты до скорости около 7,5 км/с; 2250 км – участок пятиминутной невесомости; 225 км – участок торможения. Пиковая мощность линейного электропривода – 1 ГВт при частоте запусков 1 аппарат в 1 минуту и 5,2 ГВт при частоте 10 аппаратов в 1 минуту для аппаратов массой в 1000 кг. Полезная нагрузка аппарата – до 100 кг сырья. Для достижения невесомости длительностью 10 минут протяженность МГТ составит 5000 км, 15 минут – 7200 км, 30 минут –

14 000 км. Масса продукции МГТ – от 50 до 500 тыс. т в год, себестоимость – 3–18 долл/кг. Наиболее массовой продукцией будут изделия из пенометаллов, например лонжероны для авиационной, автомобильной и железнодорожной техники. Источником финансирования развёртывания МГТ – производственная прибыль.

Замыкание трубопровода в кольцо по линии экватора даст скачок на совершенно иной технологический уровень – получение в наземных условиях длительной невесомости. Вдоль вакуумного трубопровода с дискретным потоком аппаратов целесообразно проложить параллельный трубопровод для образования сплошного кольцевого поезда из сцепки

аппаратов-носителей производственного оборудования. Такое решение сократит себестоимость производства продукции благодаря постоянному нахождению на кольце производственного оборудования и ограничению грузопотока только сырьем и готовой продукцией.

Этапы развития подводной трассы МГТ показаны на рис. 1.



ПЛАНЕТАРНЫЕ ГЕОКОСМИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ – ОТС И ORS

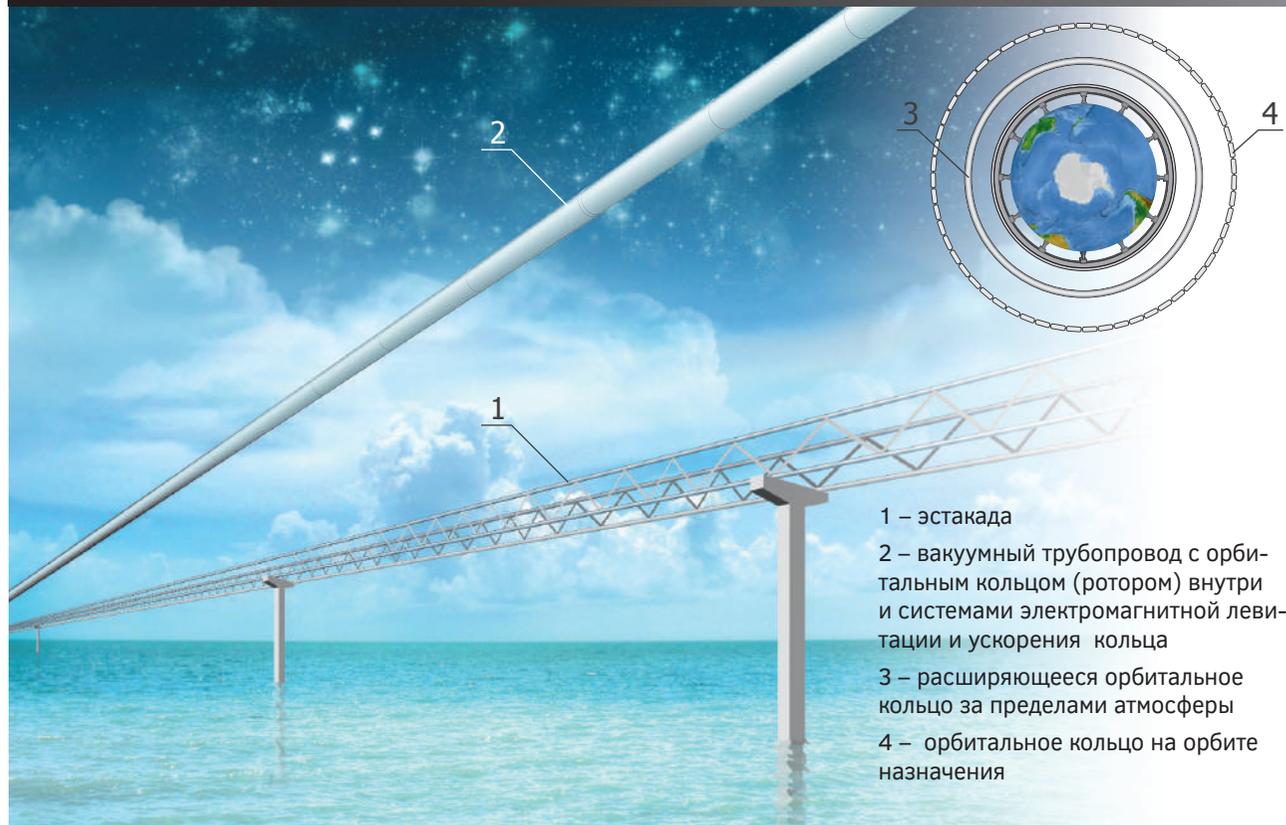
Потенциал МГТ превышает возможности производства продукции на орбитальных станциях. Вместе с тем цели индустриализации космоса шире вопроса применения невесомости в производстве, поэтому продолжают поиски новых видов геокосмического транспорта, более эффективных, чем ракета. К числу перспективных

средств безракетного космического запуска относится проект орбитального кольца, который имеет различные варианты реализации: в виде проекта общепланетного транспортного средства (ОТС) А. Юницкого и проекта Orbital Ring Systems (ORS) П. Берча [12, с. 155–337, 13].

В одном из вариантов ОТС представляет собой располо-

женный по экватору вакуумный трубопровод с кольцом-ротором внутри. Кольцо является ротором электродвигателя и от контакта с корпусом трубопровода удерживается системой электромагнитов, реализующих принцип магнитной левитации. Начинка кольца – стержни из металлов и другого сырья для космических

Рис. 2. Принципиальная схема устройства и работы ОТС



заводов. Кольцо имеет в поперечнике около 10 см, погонный метр кольца может иметь массу от 10 до 50 кг. Соответственно, его масса варьируется от 400 тыс. т до 2 млн т.

Вакуумный трубопровод ОТС располагается на эстакаде, опоясывающей Землю. В начальном состоянии он закреплен на эстакаде. После откачки воздуха кольцо раскручивается до 10 км/с. Время раскрутки кольца массой 2 млн т – 1 неделя при мощности разгонного электродвигателя около 0,1 ТВт. Неограниченная длительность разгона до орбитальной скорости – уникальная особенность мегасистем, благодаря которой могут использоваться недорогие двигатели с большим ресурсом и низкой удельной мощностью – 1 кВт/кг. Вместе с тем это преимущество предполагает использование такого типа магнитного

подвеса, который имел бы близкую к нулю силу сопротивления движению, что для ОТС пока нереально. Из-за центробежной силы на скорости около 8 км/с кольцо сначала уравнивает себя, а затем создает подъемную силу и стремится расширяться вместе с трубопроводом. После отпускания зажимов кольцо ОТС начинает подниматься вверх относительно эстакады. Зазоры между сегментами и эластичные соединения позволяют увеличивать длину. Кольцо расширяется, выходит за пределы атмосферы и после прекращения подъема происходит продольное раскрытие и сброс трубопровода. Достигнутая высота определяется избытком первоначальной кинетической энергии кольца и массой трубопровода. На орбите происходит утилизация кольца ОТС – сырье поступает в перерабатывающие заводы-спутники.

По оценкам разработчиков ОТС, цена доставки грузов составит 1-10 долл/кг. В ходе освоения Солнечной системы инопланетные системы типа ОТС обеспечат неограниченный доступ на Юпитер и Сатурн. Принципиальная схема устройства и работы ОТС показана на рис. 2.

**ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
СУХОПУТНЫХ УЧАСТКОВ ОТС
ВОЗНИКНЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ
ПРОВОДИТЬ РАБОТЫ ПО
ВЫРАВНИВАНИЮ ТРАССЫ.
НА ГОРНЫХ УЧАСТКАХ СКВОЗЬ
ХРЕБТЫ ПРИДЕТСЯ ПРОРЕЗАТЬ
КАНЬОНЫ.**

Есть трудности со строительством сухопутных участков ОТС из-за значительных перепадов высот. Эстакаду придется прокладывать через горные хребты, что предполагает работы по выравниванию трассы. На горных участках сквозь хребты придется прорезать каньоны.

Система ORS П. Берча отличается от ОТС способами строительства и выводом грузов на орбиту. ORS сооружается непосредственно в космосе, что устраняет проблемы, характерные для наземного строительства. Конструктивно система ORS – это вариант ОТС, постоянно находя-

щийся в космосе, но соединенный тросами с Землей. Тросы используются для стабилизации положения кольца и как лифты для доставки грузов с Земли на орбитальное кольцо, где грузовые капсулы при помощи электромагнитной катапульты разгоняются до орбитальной скорости.

ТРАНСПОРТНАЯ ГЕОКОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «МИКРОГРАВИТРОН»

Неотъемлемой частью ОТС и ORS является магнитный подвес. Из-за большой массы ОТС и ORS невозможно использовать постоянные редкоземельные магниты по причине дефицита редкоземельных материалов. По той же причине невозможно использовать сверхпроводящие магниты. Поэтому для ОТС подходит подвес только одного типа – электродинамический подвес (ЭДП), который имеет наилучшие показатели по величине зазора и надежности.

Вместе с тем ЭДП создает значительную силу сопротивления движению. Сила торможения ЭДП – около 3% от создаваемой ЭДП силы левитации, причем она почти не зависит от скорости. Это подтверждается исследованиями, в которых моделировалась магнитная левитация экипажа над бесконечной проводящей полосой из алюминия при скоростях до 16 км/с [14]. Таким образом, вследствие зависимости мощности сопротивления движению от произведения силы торможения на скорость, при запуске ОТС с массой кольца в 2 млн т затраты мощности на преодоление сил сопротив-

ления ЭДП составят максимально 3,5 ТВт. Это в 35 раз больше проектной мощности разгонного линейного электропривода ОТС в 0,1 ТВт (для семидневного разгона). Отметим, что установленная мощность всех электростанций планеты – 2 ТВт.

Вариант ОТС с массой кольца равной 400 тыс. т имеет лучшие характеристики – максимальная мощность сопротивления ЭДП равна 0,71 ТВт. Поскольку мощность, потребная для ускорения кольца, должна быть больше мощности сопротивления движению, то реальная мощность ОТС должна быть порядка 1,5 ТВт и выше. Таким образом, даже упрощенный вариант ОТС не будет быстро реализован без революции в энергетике.

Поможет следующая модернизация ОТС – понижение скорости кольца с 10 до 8 км/с и использование в качестве подъемной не центробежной силы кольца, а тяги авиационных и ракетных двигателей.

В ближайшем будущем аналогичная ОТС система может быть создана на базе кольцевого МГТ, который не имеет проблем с тормозной мощностью ЭДП, так как

разгоняется не все кольцо сразу, как в ОТС, а только его фрагменты – они поочередно выводятся на подземную орбиту и затем стыкуются в накопительном кольцевом трубопроводе.

Капсулы имеют массу, равную 10^7 массы планетарного кольца ОТС, и потому с практически незаметными издержками на тормозную мощность разгоняются до орбитальной скорости, при которой обнуляется вес и исчезает необходимость в магнитной левитации (кроме корректирующей), а соответственно, исчезают потери на сопротивление движению капсул с ЭДП.

Кольцевой состав из грузовых капсул подобен кольцу ОТС и может также запускаться в космос, но при этом без использования общепланетарной эстакады. Вывод разогнанных грузовых капсул из накопительного кольца МГТ в космос возможен сквозь атмосферу через вакуумный трубопровод, который оборудован воздушно-реактивными и/или ракетными двигателями и поднимается за счет их тяги. Выпускной вакуумный трубопровод может использоваться в двух вариантах:

1. В виде неотделяемого трубопровода, образующего после подъема в месте соединения с кольцом МГТ касательную к поверхности планеты длиной 505 км, с выпускным окном на высоте 20 км (или выше);
2. В виде отделяемого трубопровода, разрывающего связь с кольцом МГТ, и поднимаемого па-

ГРУЗОВЫЕ КАПСУЛЫ ИМЕЮТ МАССУ, РАВНУЮ 10^7 МАССЫ ПЛАНЕТАРНОГО КОЛЬЦА ОТС, И ПОТОМУ С ПРАКТИЧЕСКИ НЕЗАМЕТНЫМИ ИЗДЕРЖКАМИ НА ТОРМОЗНУЮ МОЩНОСТЬ РАЗГОНЯЮТСЯ ДО ОРБИТАЛЬНОЙ СКОРОСТИ, ПРИ КОТОРОЙ ОБНУЛЯЕТСЯ ВЕС И ИСЧЕЗАЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ В МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ – КРОМЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ.

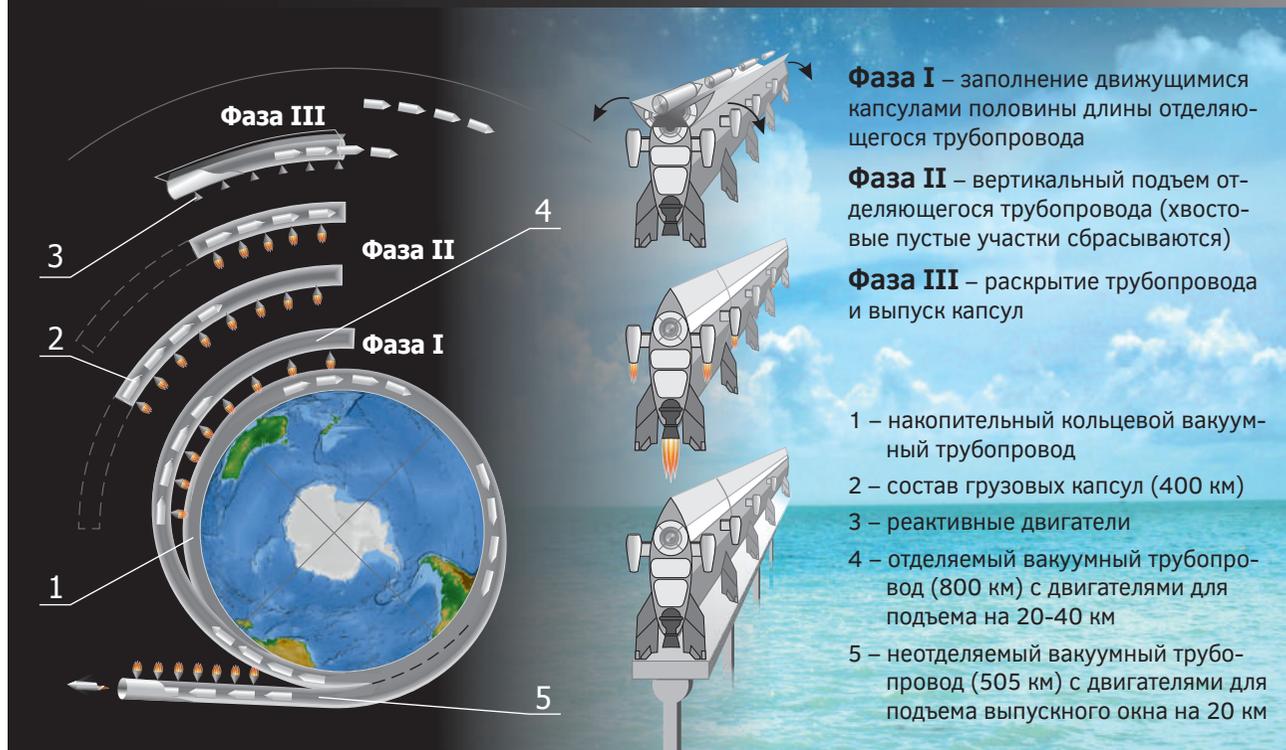
раллельно поверхности планеты сегмента кольца длиной 800 км, который продольно раскрывается и выпускает сцепку капсул длиной 400 км на высотах 20–40 км.

В варианте 2 на высоте выпуска капсул в атмосферу вертикальная составляющая скорости может быть больше 1 км/с.

В обоих вариантах капсулы должны быть оснащены корректирующим ракетным двигателем для выдачи разгонного импульса в апогее (от 100 м/с) и перевода капсул на орбиту с перигеем выше 300 км. Цена доставки грузов в космос при помощи кольцевого МГТ составит порядка 10 долл/кг.

Эксплуатация МГТ завершается созданием аналога ORS-ОТС. Источник финансирования строительства ORS-ОТС – прибыль от эксплуатации МГТ. Принципиальная схема космических запусков на основе МГТ показана на рис. 3.

Рис. 3. Принципиальная схема космических запусков на основе МГТ



Выводы

1. Планетарные транспортные системы (мегаструктуры) позволяют реализовать максимально эффективные способы ускорения грузов до орбитальной скорости, недоступные при использовании макроструктур.

2. Создание планетарных геокосмических транспортных систем соответствует техническим и экономическим возможностям цивилизации первой половины XXI века.

3. Реализация мегаструктур определяется в основном политической волей руководства ведущих держав.

4. Экономические выгоды совместной эксплуатации мегаструктур перевешивают выгоды конфронтации государств и конкуренции национальных экономик. Такая ситуация создает

экономическую основу для интеграции в противовес конфронтационным центробежным тенденциям.

5. Оценка значимости исследований мегасистем и целесообразности их расширения должна проводиться не с позиций макротехнических моделей прошлого, а на основе понимания того факта, что превращение цивилизации из земной в космическую и дальнейшая эволюция в сторону цивилизации II типа на основе мегасистем неизбежны.

6. С учетом опыта НИР по планетарной системе «Микрогравитрон» в СССР, получившей статус фундаментальной НИР и государственное финансирование, целесообразно возобновить программу исследований с приданием им международного характера.

**Литература**

1. **Хокинг С.** Краткие ответы на большие вопросы. М.: Бомбора, 2019.
2. **Кардашёв Н.С.** Передача информации внеземными цивилизациями // *Астрономический журнал*. 1964. Т. 41. № 2. С. 282–287.
3. **J. Dyson, Freeman** (1960). Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation. *Science*, vol. 131, iss. 3414, pp. 1667–1668. DOI: 10.1126/science.131.3414.1667
4. **Покровский Г.И.** Архитектура в космосе // *Населенный космос*. М.: Наука, 1972. С. 345–352.
6. **Carl Hoffman** (April 12, 2004). "Trans-Atlantic MagLev: Vacuum Tube Train". *Popular Science* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.popsci.com/scitech/article/2004-04/trans-atlantic-maglev> (Дата обращения: 10.10.2018).
7. **Musk, Elon** (August 12, 2013). "Hyperloop Alpha" (PDF) [Электронный ресурс] // SpaceX. URL: https://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha-20130812.pdf (Дата обращения: 09.09.2018).
8. **Robert M. Salter**. Trans-Planetary Subway Systems // RAND Corporation. 1978. 35 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rand.org/pubs/papers/P6092.html> (Дата обращения: 10.12.2018).
9. **Пчеляков О.П., Блинов В.В., Никифоров А.И. и др.** Создание высоковакуумной зоны в аэродинамическом следе за защитным экраном на высотах H= 250 - 400 км [Электронный ресурс] // *Космические аппараты и технологии*. 2018. №3 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-vysokovakuumnoy-zony-v-aerodinamicheskom-slede-za-zaschitnym-ekranom-v-usloviyah-orbitalnogo-poleta-na-vysotah-h-250-400-km> (Дата обращения: 10.12.2018).
10. **Майборода А.О.** Завод в невесомости // *Кадры индустрии*. 1987. 14 ноября.
11. **Галин В.** По планете со скоростью спутника // *Новое время*. 1989. №1. С. 46–47.
12. **Юницкий А.Э.** Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе. Минск: Беларуская навука, 2017. 379 с.
13. **Paul Birch**. Orbital Ring Systems and Jacob's Ladders-I. *Journal of the British Interplanetary Society*, November 1982, vol. 35, pp. 475–497.
14. **Кочубей Т.В., Майборода А.О.** О влиянии геометрических параметров системы электродинамического подвеса на силовые его характеристики // *Космонавтика и ракетостроение*. 2010. №3. ФГУП ЦНИИМаш. С. 133–140.

References

1. **Khoking S.** *Kratkie otvety na bol'shie voprosy*. Moscow: Bombora, 2019.
2. **Kardashev N.S.** *Peredacha informatsii vnezemnymi tsivilizatsiyami*. *Astronomicheskij zhurnal*, 1964, vol. 41, no. 2, pp. 282–287.
3. **J. Dyson, Freeman** (1960). Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation. *Science*, vol. 131, iss. 3414, pp. 1667–1668. DOI: 10.1126/science.131.3414.1667
4. **Pokrovskiy G.I.** *Arkhitektura v kosmose*. *Naselenny kosmos*, Moscow: Nauka, 1972, pp. 345–352.
6. **Carl Hoffman** (April 12, 2004). "Trans-Atlantic MagLev: Vacuum Tube Train". *Popular Science*. Available at: <https://www.popsci.com/scitech/article/2004-04/trans-atlantic-maglev> (Retrieval date: 10.01.2019).
7. **Musk, Elon** (August 12, 2013). "Hyperloop Alpha" (PDF). SpaceX. Available at: https://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha-20130812.pdf (Retrieval date: 10.01.2019).
8. **Robert M. Salter**. *Trans-Planetary Subway Systems*. RAND Corporation. 1978. 35 p. Available at: <https://www.rand.org/pubs/papers/P6092.html> (Retrieval date: 10.01.2019).
9. **Pchelyakov O.P., Blinov V.V., Nikiforov A.I. et al.** Sozdanie vysokovakuumnoy zony v aerodinamicheskom slede za zashchitnym ekranom na vysotakh H= 250 - 400 km. *Kosmicheskie apparaty i tekhnologii*, 2018, no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-vysokovakuumnoy-zony-v-aerodinamicheskom-slede-za-zaschitnym-ekranom-v-usloviyah-orbitalnogo-poleta-na-vysotah-h-250-400-km> (Retrieval date: 10.01.2019).
10. **Mayboroda A.O.** *Zavod v nevesomosti*. *Kadry industrii*, 1987, November 14.
11. **Galin V.** *Po planete so skorost'yu sputnika*. *Novoe vremya*, 1989, no. 1, pp. 46–47.
12. **Yunitskiy A.E.** *Strunnye transportnye sistemy: na Zemle i v kosmose*. Minsk: *Belaruskaya navuka*. 379 p.
13. **Paul Birch**. *Orbital Ring Systems and Jacob's Ladders-I*. *Journal of the British Interplanetary Society*, November 1982, vol. 35, pp. 475–497.
14. **Kochubey T.V., Mayboroda A.O.** *O vliyaniy geometricheskikh parametrov sistemy elektrodinamicheskogo podvesa na silovye ego kharakteristiki*. *Kosmonavtika i raketostroyeniye*, 2010, no. 3, pp. 133–140.

© Майборода А.О., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 27.12.2018

Принята к публикации: 19.01.2019

Модератор: Плетнер К. В.**Конфликт интересов:** отсутствует**Для цитирования:**

Майборода А. О. Планетарные транспортные системы – начало аэроинженерной деятельности и формирования космической цивилизации II типа // Воздушно-космическая сфера. 2019. №1(98). С. 40–48.