



ЭКОМИР

**БЕЗРАКЕТНАЯ
ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА:
ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПРОЕКТЫ
2019**

БЕЗРАКЕТНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПРОЕКТЫ 2019

ISBN 978-985-451-413-0



9 789854 514130 >

ООО «Астроинженерные технологии»

БЕЗРАКЕТНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПРОЕКТЫ

Сборник материалов
II международной научно-технической конференции
(21 июня 2019 г., г. Марьина Горка)

Минск
«Парадокс»
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к сборнику материалов II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	7	Описание конструктивных элементов астроинженерной транспортной системы SpaceWay Юницкий А.Э.	41
Вступительное слово А.Э. Юницкого , председателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	12	Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение Юницкий А.Э.	51
Приветственное слово П.И. Климука , заместителя председателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	14	Социально-политическая основа реализации программы SpaceWay Петров Е.О.	59
Вступительное слово Ю.М. Плескачевского , заместителя председателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	16	Мегапроекты индустриализации космоса: ракета, космический лифт, StarTram, общепланетарное транспортное средство Юницкий А.Э., Надеев И.И.	65
Вступительное слово Бапи Даша , сопредседателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	18	Создание математической модели общепланетарного транспортного средства: разгон маховиков, прохождение атмосферы, выход на орбиту Юницкий А.Э., Шаршов Р.А., Абакумов А.А.	77
Вступительное слово Хуссейна Аль Махмуди , участника оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	20	Иновационные бизнес-модели программного комплекса «ЭкоМир» Бадулин К.А.	85
Исторические предпосылки программы SpaceWay как единственного пути устойчивого развития цивилизации технократического типа Юницкий А.Э.	23	Blockchain как единая информационная и экономическая основа экваториального линейного города, его транспортных систем и общепланетарного транспортного средства Кабанов Е.А.	91
Программа SpaceWay – единственно возможный сценарий спасения земной технократической цивилизации от угасания и гибели Юницкий А.Э.	31	Обоснование экономической эффективности реализации программы SpaceWay для стран-участниц на примере Бразилии Юницкий А.Э., Волошина С.А., Лавриненко В.И.	97
		Индустриализация космоса – новая эра человеческого развития и необходимый шаг для спасения биосферы Земли (экономическое обоснование) Бабаян А.В.	103

Принципы и формы международного сотрудничества в реализации программы SpaceWay Казакевич А.П.	111	Почва и почвенные микроорганизмы в биосфере ЭкоКосмоДома Юницкий А.Э., Соловьёва Е.А., Зыль Н.С.	179
Готовность современных цифровых технологий для разработки и производства астроинженерных сооружений Войленко А.В.	117	Системы поддержания оптимальных климатических параметров ЭкоКосмоДома на планете Земля Юницкий А.Э., Григорьев В.Г.	185
Креативный конструктивизм замысла и развития мегасистемы «ЭкоМир»: инженерное творчество с Модерн ТРИЗ – реинвентинг и перспективы Орлов М.А.	125	Растения специального назначения и их использование в ЭкоКосмоДоме Зыль Н.С., Баталевич Н.В., Шахно Е.А.	191
Особенности методов управления проектированием объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля Казначеев Д.В.	133	Использование хлореллы для производства кислорода и очистки сточных вод в замкнутых экосистемах Юницкий А.Э., Синчук О.В.	199
Принципы построения здоровой среды для жизни, деятельности, развития и отдыха человека в условиях ЭкоКосмоДома Ераховец Н.В.	139	Способы преобразования энергии солнечного излучения в электроэнергию для нужд космического промышленного ожерелья «Орбита» Юницкий А.Э., Янчук В.В.	207
Трофические цепи и биологические ритмы как основа создания биосферы ЭкоКосмоДома Юницкий А.Э., Синчук О.В.	145	Гидросфера ЭкоКосмоДома на планете Земля и её составляющие Юницкий А.Э., Боричевский А.Н.	217
ЭкоКосмоДом как пространство для сохранения видового разнообразия тропической и субтропической флоры Юницкий А.Э., Павловский В.К., Феофанов Д.В.	153	Экваториальный линейный город как альтернатива концепции «умных городов» Юницкий А.Э., Семёнов С.С.	223
Экономическая модель тиражирования объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля Юницкий А.Э., Кушниренко А.В., Кулик Е.Н.	159	Решение II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»	230
Обзор возможных конструктивных решений объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля Юницкий А.Э., Жарый С.А., Бонусь А.В., Ераховец Н.В.	169	Глоссарий терминов и определений, упоминаемых в сборнике	234



**Предисловие
к сборнику материалов
II международной
научно-технической
конференции
«Безракетная
индустриализация космоса:
проблемы, идеи, проекты»**

Первая в мире конференция, посвящённая безракетной индустриализации космоса, состоялась в г. Гомеле 26–28 апреля 1988 г.

В то время я руководил патентно-лицензионной службой Института механики металлополимерных систем Академии наук Белорусской Советской Социалистической Республики. В данное научное учреждение я пришёл в 1978 г. (с должности старшего инженера строительного треста на должность простого инженера с меньшей зарплатой) и проработал там 10 лет под началом моего наставника и учителя, заместителя директора по науке Юрия Михайловича Плескачевского.

Примечательна история создания этого института. Учреждённый как научно-исследовательская группа из числа лучших студентов одного из гомельских вузов, сначала преобразован в Гомельский филиал лаборатории Института машиноведения Академии наук БССР, затем – в отдел механики полимеров академии; и только через 13 лет постановлением Совета Министров отдел стал именоваться институтом. Основатель направления механики металлополимерных систем Владимир Алексеевич Белый, в скором времени возглавивший институт и получивший звание академика, в своей работе подчас балансировал на грани закона. Например, чтобы в советской плановой системе получить финансирование, по инициативе Белого в центре Гомеля был вырыт глубокий котлован под фундамент будущего 9-этажного корпуса института. Представьте реакцию Гомельского обкома партии, поставленного перед свершившимся фактом... Для Владимира Алексеевича последствия этого шага могли быть весьма предсказуемыми. Даже сегодня его назвали бы мошенником и авантюристом. Во многом я повторил путь этого белорусского учёного, правда, мой путь оказался более длинным и тернистым.

Первая международная конференция была организована мною при поддержке Советского фонда мира и Федерации космонавтики СССР, членом которой являюсь до сих пор, хотя такой страны нет уже 28 лет. В этом историческом событии приняли участие около 500 человек – инженеры и учёные из 20 городов СССР. В ходе меро-



приятия прозвучали 30 докладов, более 100 выступлений. Конференцию освещали в центральной советской прессе; на киностудии «Беларусьфильм» о ней сняли 30-минутный научно-популярный фильм «В небо на колесе», который демонстрировался в кинотеатрах СССР и за рубежом. Кинолента хорошо передаёт атмосферу мероприятия – тревожный призыв к человечеству опомниться и направить максимум усилий не на разрушение биосферы планеты, а на обеспечение условий сохранения жизни и устойчивого развития нашей технократической цивилизации.

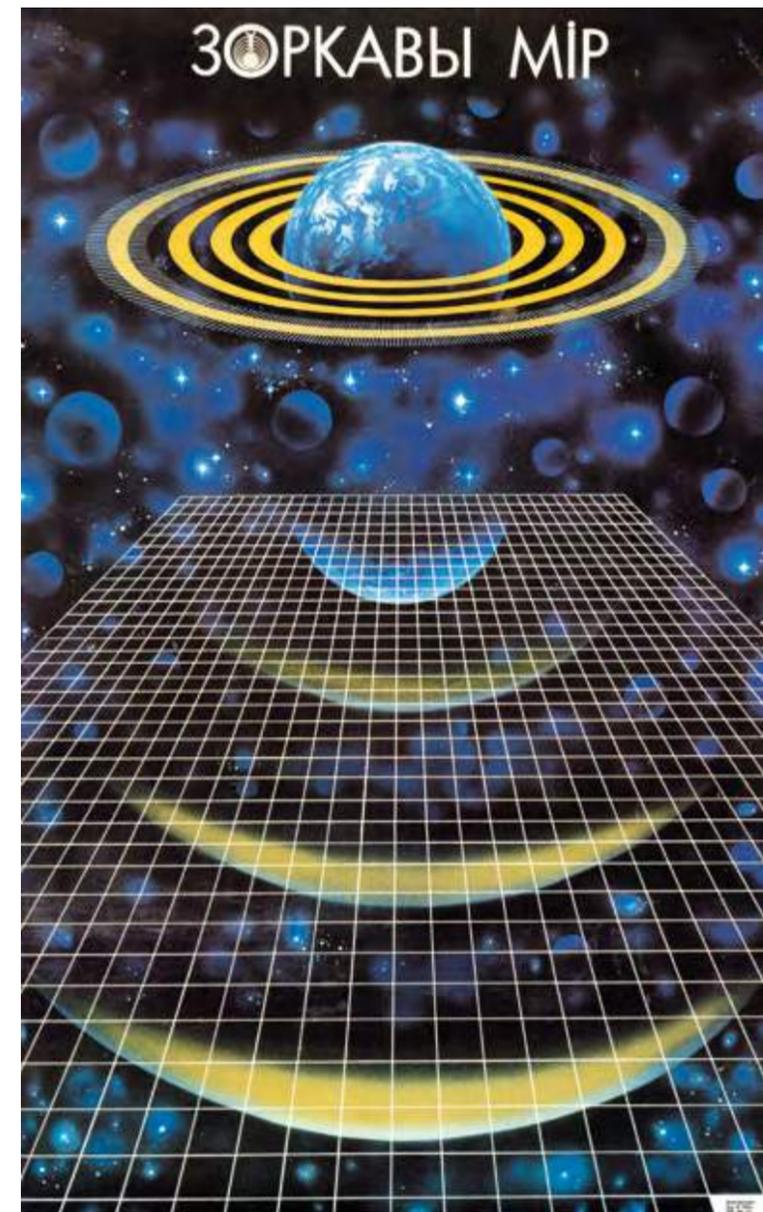
Именно это стремление объединило всех участников и побудило приехать в Гомель. В их числе были два космонавта: дважды Герой Советского Союза Юрий Васильевич Малышев и Герой Советского Союза Игорь Петрович Волк.

Я являлся докладчиком и содокладчиком по четырём темам; в центре внимания конференции находился предложенный мной проект общепланетарного транспортного средства (ОТС).

ОТС – это геокосмический летательный аппарат, охватывающий планету в плоскости экватора. Особенность его функционирования – выход в космос осуществляется путём увеличения диаметра кольца ОТС и достижения на расчётной высоте (с пассажирами и грузом) окружной скорости корпуса, равной первой космической. При этом положение центра масс ОТС не изменяется в процессе выхода в космос – он всё время совпадает с центром масс планеты. Именно поэтому здесь может быть реализован «принцип барона Мюнхгаузена» – использование для перемещения в пространстве внутренних сил системы без какого-либо негативного воздействия на окружающую среду. Это единственный вариант такого летательного аппарата, исполнение которого не противоречит законам физики.

Оптимальной движущей внутренней силой для ОТС является избыточная центробежная сила от ленточного маховика, разогнанного вокруг планеты в вакуумном канале с помощью линейного электродвигателя и магнитной подушки до скоростей, превышающих первую космическую (до 12 км/с), в зависимости от соотношения линейных масс корпуса и маховика. Для передачи импульса и момента импульса на корпус ОТС при выходе на орбиту с целью получения орбитальной скорости, равной первой космической, необходим второй ленточный маховик, также охватывающий планету.

Такая система сможет выводить на орбиту порядка 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров за каждый рейс, совершая до 100 рейсов за год. При этом затраты на доставку каждой тонны груза на орбиту по сравнению с аналогичными затратами в современной космонавтике будут снижены в тысячи раз и составят менее 1000 USD за тонну, что позволит обеспечить доступ к неограниченным пространственным, сырьевым и технологическим (невесомость, вакуум) ресурсам, а также возможность выноса вредных производств в ближний космос для его последующей индустриализации. Сохранив и приумножив свою индустриальную мощь, человечество решит большинство экологических проблем – таков главный посыл конференции-1988.



По итогам проведённого мероприятия было решено создать научную организацию, действующую на принципах самокупаемости и самофинансирования, – Центр «Звёздный мир», который мог бы финансировать выполнение НИОКР по общепланетарному транспортному средству. Так началась большая коллективная работа над проектом.

За полтора года руководимый мной Центр «Звёздный мир» зарегистрировал порядка 100 инноваций, которые были внедрены на предприятиях СССР и принесли доход около 5 млн USD (по тем временам большие деньги!),





что позволило финансировать различные проекты в рамках развития предложенной мной концепции безракетной индустриализации космоса. Проведено множество исследований, результаты которых сохранили актуальность и сегодня, во многих отраслях мы стали пионерами. Однако в силу различных обстоятельств данную работу пришлось прекратить.

До этих полутора лет и последующие годы я – инженер, конструктор и учёный – находился в полном одиночестве, будто заключённый в тюремную камеру непонимания на срок, суммарно в три раза больший, чем граф Монте-Кристо. Однако я продолжал упорно работать и хранил молчание вплоть до настоящего часа, пока не сбежал из этой интеллектуальной темницы при помощи и поддержке моего «аббата Фария» – верного друга и помощника супруги Надежды. Именно поэтому 31 год спустя и состоялась вторая конференция. Время, прошедшее между этими двумя событиями, стало для проекта испытанием жизнеспособности, а для меня лично – периодом борьбы за идею и формирования прочного фундамента её реализации, т. е. струнного транспорта SkyWay, «отпочковавшегося» от эстакады общепланетарного транспортного средства.

С самого начала, с момента обнародования проект ОТС сталкивался с критикой, непониманием и неприятием – в Госкомизобретений СССР, затем в советских газетах, судах, кабинетах ЦК КПСС и др. Большой частью в этой борьбе я оказывался одинок: за плечами был

не такой уж обширный багаж демонстрационных наработок, что, как следствие, не располагает к проявлению доверия. Значит, необходимо было доказать свою правоту, показать, что мои инженерные идеи работают, предлагаемые системы – эффективны. 31 год – срок, потребовавшийся для выполнения этой задачи.

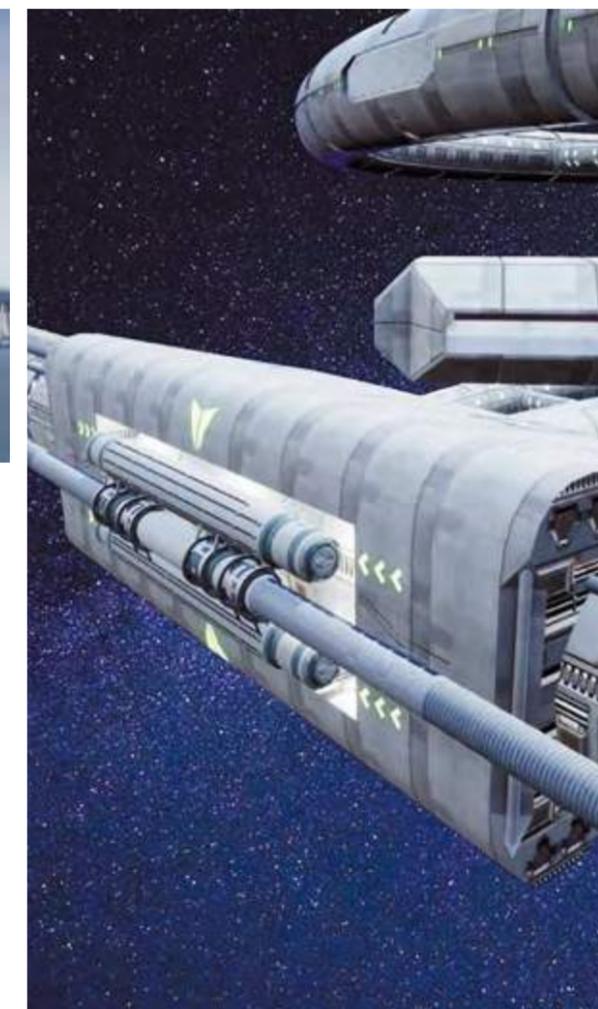
Струнный транспорт SkyWay – наземный коммуникатор эстакадного типа – воплощён, протестирован, востребован рынком. Сегодня его рассматривают как основу формирования новой отрасли мировой экономики. Реализовав этот проект, я доказал, что могу продумывать и создавать сложные системы, организовать финансирование, науку, конструирование, проектирование и производство отраслеобразующей технологии. Многих это заставило иначе взглянуть и на ОТС: «Если одно работает, то и другое должно сработать – ведь и то, и другое изобрёл один и тот же инженер».

После трёх десятилетий молчания я и мои единомышленники снова заговорили о той опасности, в которой находится мир, и о пути спасения его от глобальной катастрофы, который видится в создании геокосмического транспорта нового поколения и индустриализации ближнего космоса, как единственной альтернативе деградации и гибели нашей технократической цивилизации. Иначе сотворённая цивилизацией мёртвая техносфера окончательно уничтожит рождённую природой живую биосферу, в том числе и своего «родителя» Человека разумного (лат. *Homo sapiens*) – вид рода Люди (лат. *Homo*) из семейства гоминидов отряда приматов – одного из миллионов видов живых организмов на нашей планете, возмнившего себя «царём Природы».

Участник первой конференции космонавт Игорь Волк как-то поделился: оказавшись в космосе, он отчётливо увидел, какой урон люди наносят прекрасной Голубой планете. Его охватило желание уничтожить первопричину всех бед, в том числе и себя... С Игорем Петровичем мы, как говорится, дружили семьями. Я помню долгие, до утра, разговоры с ним о будущем, о космосе, о вынесении земной промышленности за пределы планеты. Он рассказывал о вреде для человеческого организма невесомости и космической радиации...

Я не видел Землю из космоса, но в памяти на всю жизнь запечатлена обезлюдившая д. Крюки, моя малая Родина, расположенная в 7 км от Чернобыльской АЭС, потерянная навсегда для меня, моих детей и внуков. Если не одуматься, то подобное может произойти со всеми нами, с нашим общим домом – биосферой планеты Земля.

II международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи,



проекты» обобщила результаты исследований и обозначила направление дальнейшего развития в рамках проектов, нацеленных на создание общепланетарного транспортного средства и мирную экспансию в космос во имя безопасного будущего людей. Она прошла по-домашнему, без особого официоза, на территории Крестьянского (фермерского) хозяйства «Юницкого», расположенного в г. Марьино Горка, рядом с ЭкоТехноПарком SkyWay, построенным ЗАО «Струнные технологии».

А.З. ЮНИЦКИЙ,

председатель оргкомитета

II международной научно-технической конференции

«Безракетная индустриализация космоса:

проблемы, идеи, проекты»

Вступительное слово председателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»



II международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» проведена в окружении живописной белорусской природы 21 июня 2019 г. В названии конференции присутствуют три ключевых слова: «Вторая», «Безракетная» и «Индустриализация». Стоит рассмотреть их более обстоятельно.

«Вторая» означает, что была и первая конференция – в далёком 1988 г. она состоялась на моей родине, в г. Гомеле. Мне, как члену Федерации космонавтики СССР, при поддержке союзных структур (самой Федерации, Советского фонда мира и Всесоюзного общества «Знание»), местных властей (Гомельского обкома партии и Гомельского обкома комсомола), а также организации, в которой я тогда работал руководителем патентно-лицензионной службы (Института механики металлополимерных систем Академии наук Белорусской Советской Социалистической Республики), удалось собрать около 500 неравнодушных к судьбе планеты участников из разных стран, среди них были даже советские лётчики-космонавты – Юрий Васильевич Малышев и Игорь Петрович Волк.

Во второй конференции в качестве почётного гостя принял участие Юрий Михайлович Плескачевский, мой тогдашний непосредственный начальник – заместитель директора Института полимеров по научной работе, сыгравший 31 год назад очень значимую роль в подготовке и проведении той самой первой конференции. Я также рад приветствовать ещё одного участника первой конференции – Сергея Викторовича Шилько, который впоследствии по результатам выступлений помог сверстать мою первую научную монографию «Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе», изданную в 1995 г. Выражаю им искреннюю благодарность за поддержку в продолжении начатого ранее, 31 год назад, пути.

Второй термин – «безракетная» – акцентирует, что ракета не рассматривается в качестве основного геокосмического транспорта для широкомасштабного освоения ближнего космоса. Это объясняется двумя основными причинами. Во-первых, низким коэффициентом полезного действия, порядка 1 %, и сверхвысокими температурами и скоростью выброса в атмосферу реактивной струи, из-за чего земной природе при частых запусках – всего около 100 в год – будет нанесён колоссальный ущерб, вплоть до полного уничтожения озонового слоя. Во-вторых, даже ежедневные старты тяжёлых ракет не обеспечат необходимые пассажиро- и грузопотоки: объём геокосмических перевозок всё равно составит мизерную величину – менее одного грамма в год на каждого жителя планеты.

Третья важная составляющая в названии – «индустриализация» – говорит о том, что доклады на конференции затронули только те вопросы, которые обеспечат именно индустриализацию космоса, а не его научное исследование, как это происходит сейчас во всём мире. Причина проста:

земная человеческая цивилизация является технократической, т. е. базируется на индустрии, и этот вектор нашего существования и развития останется неизменным и в будущем как единственно возможный для наших детей и внуков.

Таким образом, название конференции отражает столбовую дорогу – главный путь развития нашей земной технократической цивилизации – в этом смысле оно является достаточно всеобъемлющим и впредь не должно меняться. Единственное уточнение в названии третьей и последующих конференций должно быть следующим – «индустриализация ближнего космоса», за которой последует расширение индустрии до масштабов Солнечной системы, а затем и Млечного пути, однако это более отдалённая перспектива – XXII в. и далее, но никак не XXI.

Вполне очевидно, что по лестнице прогресса наша цивилизация должна подниматься шаг за шагом, от ступени к ступени, а не перепрыгивать через них, как это видят некоторые футурологи, призывающие индустриально осваивать Луну и Марс, до которых сотни тысяч и даже сотни миллионов километров. Задайтесь вопросом: какова будет стоимость производимой там продукции и как быстро будут доставлены, например, свежие фрукты с Марса на Землю? Да и вырастут ли они там? В докладах на нашей конференции даны ответы и на эти вопросы. Например, в соответствии с программой SpaceWay промышленная и сельскохозяйственная продукция, производимая в космическом индустриальном ожерелье «Орбита», размещённом на высоте в несколько сот километров в плоскости экватора, будет дешевле, чем на планете Земля.

Первые доклады на конференции, что естественно, представил инженер А.Э. Юницкий – автор и конструктор общепланетарного транспорта средства, а также программ SpaceWay и «ЭкоМир» и на данный момент, вот уже в течение многих десятилетий, – единственный спонсор и инвестор этих проектов.

Хочу обратить ваше внимание ещё на один факт: большинство авторов статей данного сборника – молодые учёные и это их первое участие в подобного рода мероприятиях. Молодые не только в смысле возраста, но и потому, что они являются сотрудниками инжиниринговой, а не научной организации – ЗАО «Струнные технологии». Я уверен, первая проба пера станет удачной и статьи этих и многих других авторов будут публиковаться на регулярной основе в сборниках трудов последующих конференций.

А.Э. ЮНИЦКИЙ,
учредитель и генеральный конструктор
ООО «Астроинженерные технологии»,
доктор философии транспорта,
член Федерации космонавтики СССР

**Приветственное слово
заместителя председателя оргкомитета
II международной
научно-технической конференции
«Безракетная индустриализация космоса:
проблемы, идеи, проекты»**



Хочу выразить глубокую благодарность Анатолию Юницкому, организаторам конференции и всем участникам. Для меня великая честь быть частью такого значимого мероприятия.

То, о чём писал Анатолий Эдуардович ещё 40 лет назад – безракетное освоение космического пространства – не только не утратило актуальность, но и приобрело в новых реалиях ещё большую значимость для цивилизации. Инженер Юницкий серьёзно занимается вопросами космической индустрии и при этом он очень бережно относится к окружающей среде.

Сегодня наша планета охвачена военными конфликтами и другими бедствиями, поэтому весьма ценны разработки Анатолия Юницкого, призванные объединить людей, указать путь к миру и процветанию. Космос – то, что всегда нас объединяло. Потому что Космос – это человечество, Космос – это мы с вами, Космос – это наши дети, это всё вокруг нас. На современном этапе развития космонавтики

отказаться от ракетных запусков невозможно, и мы это понимаем. Однако именно сейчас следует закладывать фундамент нашего общего будущего, а оно за такими перспективными проектами, как общепланетарное транспортное средство.

Транспортные системы, которыми занимается Анатолий Эдуардович, нужны для каждого землянина. Это может стать единственной возможностью для выживания цивилизации. Воплощение проекта ОТС позволит существовать человечеству в гармонии с природой. Пока мы только задавались вопросами экологии, Анатолий Юницкий уже представил обществу готовое решение. Он делает то, что с трудом поддаётся воображению.

Я верю в своего друга и земляка, в его талант, уверен в его расчётах. Считаю, что человеку подвластно всё, для человека нет ничего невозможного. Значит, всё в наших руках – и наша жизнь, и жизнь наших детей. И судьба Земли тоже в наших руках.

П.И. КЛИМУК,
*лётчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза,
генерал-полковник авиации Российской Федерации,
доктор технических наук, профессор,
почётный член Национальной академии наук Беларуси*

**Вступительное слово
заместителя председателя оргкомитета
II международной
научно-технической конференции
«Безракетная индустриализация космоса:
проблемы, идеи, проекты»**



Мне очень приятно, что данное событие собрало так много молодёжи. Сразу вспоминается первая конференция. Как участник обоих мероприятий, я могу судить об их динамике: вижу, насколько вырос интерес человека к космосу, но также понимаю недостаточную эффективность ракетной космонавтики. И тем сильнее внимание общественности к альтернативным программам, таким как SpaceWay Анатолия Юницкого. Хочу отметить, что за 31 год, считая от первой конференции, выполнена огромная работа: проведены расчёты, собрана команда, построены опытные образцы.

Анатолий Эдуардович – уникальный человек, который, невзирая на многочисленные препятствия, не опустил руки и продолжает идти к своей цели. Создаётся впечатление, что трудности его только дисциплинируют, заставляют собраться. Колоссальным достижением его стойкости стал струнный транспорт. Понимаю, что без вклада инженеров, конструкторов и единомышленников этого всего не было бы, но без Юницкого не могло бы быть и струнного транспорта. Сегодня это уже не плакаты и макеты; это – реальность! Буквально в ста метрах от места проведения конференции построен испытательный полигон ЭкоТехноПарк, где, покоря воображение, мчатся юнибайки, юнибусы и юнивинды.

Теперь пришёл черёд и SpaceWay. Все присутствующие на мероприятии наверняка знают, что на протяжении длительного времени широкая общественность неоднократно относилась к проекту SpaceWay. Однако хочу акцентировать: никогда не бывало так, чтобы идеи подобного

уровня с ходу принимались обществом. Критиканов всегда находилось больше, чем творческих людей. Великий русский учёный Михаил Ломоносов отмечал: «Ошибки замечать не многого стоит; дать нечто лучшее – вот, что приличествует достойному человеку». К сожалению, собственные мысли у нас излагают всё реже. Но иногда мир дарит нам таких людей, как Юницкий – генераторов идей: на них держатся прогресс, техника, технологии.

Перед выходом к трибуне я вспомнил и записал ключевые слова, озвученные на обеих конференциях: «последний шанс», «единственный путь», «сценарий спасения», «во имя общей цели». Эти фразы пугают, но данные понятия существуют в новых реалиях, которые человек сам создал. Скорость, с которой мы катимся в пропасть, поражает ещё больше, чем безразличие окружающих. Нужно понимать, что дальнейший прогресс – это не обязанность отдельных людей, учёных, инженеров; это тяжёлый труд, где всё будет зависеть только от нас, от гражданского общества.

В программе конференции – множество выступлений, посвящённых проблемам экологии и их решениям; затрагивающих вопросы, которые больше нельзя игнорировать. Что важно, уже сегодня мы имеем все технические и технологические предпосылки, чтобы предотвратить катастрофу общепланетарного масштаба. Достаточно, чтобы проявилась политическая воля элит государств, а общество – нашло в себе силы прислушаться к голосу разума и поддержать грандиозные проекты, предлагаемые Анатолием Юницким. У нас всё ещё есть шанс. И я считаю, что мы обязаны им воспользоваться!

Ю.М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ,
член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Республики Беларусь

Вступительное слово сопредседателя оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»



Получив приглашение на конференцию, я хотел подготовить серьёзный доклад о финансировании и стратегиях, но Анатолий Юницкий посоветовал: «Пусть это будет свободное выступление, подобно разговору на кухне». Тогда я решил, что расскажу о том, как вся эта история началась для меня, как я пришёл в проект.

Сегодня мы, человечество, потребляем быстрее и больше ресурсов, чем может воспроизвести наша планета. Уголь, нефть, газ, на появление которых потребовались миллионы лет, сжигаются за секунды. Однако аппетиты техноцивилизации постоянно растут. Безусловно, мы все об этом знаем. Мне тоже об этом известно, но, как и большинство, старался не задумываться. Человеку вообще свойственно прятать голову в песок, но рано или поздно приходится признавать свои ошибки и начинать их исправлять.

Однажды вечером в Дубае Анатолий Юницкий рассказывал о проектах SkyWay и SpaceWay. Я слушал его внимательно. Он говорил о том, как можно вынести всё производство за пределы Земли – в космическое пространство, и это показалось мне фантастикой. В конце своей речи он произнёс: «Если мы не сможем реализовать этот проект – весь наш мир умрёт». Мне запомнился тот вечер, совершивший поистине переворот в моём сознании.

Многие часто задаются вопросом: «Почему именно я должен что-то делать, ведь это же общая ответственность?»

А я подумал, что решение этой задачи – всего лишь вопрос денег: «Нужно около 2,5 трлн USD. Это подъёмная сумма – где-то 400 USD с каждого жителя Земли». Однако в тот же момент пришло понимание, сколько на этом пути предстоит урегулировать сверхнапряжённых ситуаций, решить множество сложных и простых проблем. Например, на карте мира, куда бы мы ни кинули взгляд, немного мест, которые можно назвать благополучными; большинство стран терпят бедствия: войны, голод, нищету. А сколько людей испытывают недостаток в обычной, казалось бы, питьевой воде! И что самое страшное – человек сам привёл мир к такому положению... Мы изменяем природу, а потом боремся с последствиями катаклизмов, созданных своими же руками. За последние 200 лет нанесён огромный ущерб нашей планете. Как часто повторяет Анатолий Юницкий: «Мы живём в долг, за счёт будущих поколений». Этот круг пора разорвать!

Приступив к реализации программы SkyWay, мы приближаемся к претворению в жизнь грандиозного проекта SpaceWay, который не только даст человеческой цивилизации шанс на благополучное будущее, он способен объединить мир. SpaceWay – это единственный путь. Именно поэтому я здесь, я принял для себя решение. У меня нет другого выбора. А вы решайте для себя сами!

БАПИ ДАШ,
финансовый директор
группы компаний SkyWay

Вступительное слово участника оргкомитета II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»



Очень рад представленной возможности ещё раз посетить прекрасную страну Беларусь.

Я приехал из Объединённых Арабских Эмиратов, из третьего по размеру города – Шарджи. Наш правитель Его Высочество доктор Султан бин Мухаммад аль-Касими уделяет большое внимание развитию науки, культуры и образования в регионе. Он поддерживает инновационные идеи, в том числе и проект SkyWay.

Сегодня в науке существует множество проблем, в том числе вопросы связей и взаимодействия как внутри научной сферы, так и между научной средой и общественными институтами. Отсутствие продуктивного контактирования на разных уровнях тормозит прогресс, не позволяет оперативно внедрять инновации в производство. Поэтому моё выступление посвящено вопросам коммуникаций.

Как наладить конструктивное сотрудничество между академической частью в научной сфере; между наукой и правительством; между наукой, правительством и частным сектором? Для многих идея таких взаимоотношений кажется чем-то обычным, но для меня и для таких визионеров, как доктор Анатолий Юницкий, – это самый великий вызов. Вначале, когда я только перешёл от бизнеса к решению академических вопросов, эта проблема не представлялась мне очевидной и столь серьёзной. Однако со временем я увидел, какой большой пробел образовался в общении во всех сферах. Посыл, который

хотелось бы донести, заключается в следующем: необходимо наращивать связи между правительством, наукой и бизнесом. Уверен, именно эта позиция является ключом к успеху и реализации многих научных проектов.

Мне очень понравилась речь доктора Анатолия о роли общества в реализации инновационных проектов, таких как SkyWay и SpaceWay. Был приятно удивлён, насколько здесь, в Беларуси, общество вовлечено в решение глобальных задач.

Ещё 40 лет назад Анатолий Юницкий разработал программу, реализация которой призвана достичь многих целей: смягчить последствия деятельности человека, улучшить экологию жизни, наладить коммуникации на всех уровнях. О проекте SkyWay, обладающем огромным потенциалом в том числе для Арабских Эмиратов и всего мира, я узнал всего два года назад. И тогда считал, и сейчас подтверждаю, что это очень хорошая идея.

Как известно, всего за полвека Арабские Эмираты стали центром экономического, финансового и технологического развития. Мы хотим и далее занимать передовую позицию, быть в авангарде прогресса и инноваций, поэтому решили, что сотрудничество со SkyWay – отличное решение для нашей страны. Вижу большие возможности совместной деятельности и бизнес-партнёрства. Надеюсь, что в будущем будет крепнуть связь между учёными Беларуси и Арабских Эмиратов.

ХУССЕЙН АЛЬ МАХМУДИ,
Генеральный директор
Американского университета Шарджи (AUSE)
и Научно-исследовательского
и технологического парка Шарджи



УДК 629.78

Исторические предпосылки программы SpaceWay как единственного пути устойчивого развития цивилизации технократического типа

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск)



В исторической ретроспективе исследована проблема глобальных изменений в биосфере Земли как результата существования технократической цивилизации. Автор особое внимание заостряет на том, что современные ракетные методы освоения космоса наносят значительный ущерб экологии, а кроме этого неэффективны с экономической точки зрения. Обосновано единственно возможное решение – вынос вредной промышленности за пределы биосферы, а вместе с тем предложен и геокосмический транспорт нового поколения, основанный на экологически чистой и эффективной технологии.

Ключевые слова:

технократическая цивилизация, экология, биосфера, геокосмический транспорт, SpaceWay, индустриализация космоса.

По существующим оценкам, на Земле в настоящее время насчитывается около 14 млн видов живых организмов [1]. Причём число описанных видов, т. е. «известных науке», составляет 1 750 000 – это всего 12,5 % от предполагаемых.

Каждый час на Земле исчезает примерно три вида живых существ, т. е. более 70 видов погибают ежедневно, более 26 тыс. – ежегодно [2]. Некоторые из них исчезают по естественным причинам (так и происходит эволюция), но всё большая часть – по антропогенным факторам. Эти виды пропадают с планеты навсегда, невосполнимо. Однако природа создала эти формы жизни не для того, чтобы их кто-то уничтожил. Ведь они уникальны – нашим даже самым продвинутым инженерным технологиям весьма далеко до технологий Творца.

Не только любое живое существо, не только какой-либо его орган или отдельно взятая клетка невообразимо сложны, но даже его отдельный маленький «винтик» – макромолекула ДНК, несущая генетическую информацию (у человека – порядка 100 тыс. генов), – в сотни тысяч раз сложнее, например, «Боинга». У самолёта несколько миллионов деталей, а в этой органической макромолекуле содержатся сотни миллиардов «деталей» – атомов десятков химических элементов из таблицы Менделеева, структурированных в необычайно сложную и надёжную конструкцию, проверенную миллионами лет эволюции, к тому же способную к самовоспроизводству.

На нашей планете интенсивно растёт число аллергий, раковых, лёгочных и сердечно-сосудистых заболеваний, а также генетических нарушений и наследственных болезней человека, обусловленных заражением воды, воздуха и почвы.

Происходят необратимые изменения ландшафта, почв, исчезают леса, загрязняются реки, моря и океаны, интенсивно разрушается озоновый слой, защищающий всё живое от губительного жёсткого излучения Солнца.

Причин негативных изменений в биосфере Земли множество, но что является первоисточником этих процессов? Только поняв это, можно избежать деградации биосферы и человечества как одного из биологических видов, а также определить пути гармоничного развития нашей земной технократической цивилизации в будущем.

По современным представлениям, жизнь зародилась на Земле около 4 млрд лет назад. Развиваясь, приспосабливаясь к существовавшим тогда на планете условиям, живые организмы начали преобразовывать окружающую среду. Эти трансформации были не меньшими, чем те, которые происходили с живыми организмами по мере их развития и совершенствования. Так на мёртвой вначале и пустынной планете появилась содержащая кислород атмосфера, живая плодородная почва, коралловые острова, озоновый слой, современный природный ландшафт с его саваннами и лесостепями, болотами и тундрой, тайгой и джунглями. Так появилась биосфера, в которой

миллионы видов живых организмов и преобразованная ими планета за миллиарды лет идеально друг к другу «подогнаны». И здесь нет ничего лишнего.

На что следует обратить особое внимание – вся биосфера Голубой планеты создана из отходов и на основе отходов жизнедеятельности живых организмов. Кислород и, соответственно, озон – это отход фотосинтезирующих бактерий и зелёных растений; плодородная почва и гумус – все это в своё время умерло и прошло через чей-то желудок и кишечник, в том числе почвенных микроорганизмов и земляного (дождевого) червя.

Но вот появился человек, который, благодаря разуму, стал усиливать мощь своих мускулов, органов чувств, интеллекта, начал создавать технику, осваивать технологические процессы. Это произошло давно, сотни тысяч лет назад, когда первобытные люди только пробовали изготавливать первые примитивные орудия труда, а затем стали готовить пищу на костре, выделывать шкуры зверей в своём доме – пещере. И в 20 лет умирали от рака лёгких – в их доме стоял смог. Однако они выжили, догадавшись вынести технологии из своего дома в окружающую среду – биосферу. И биосфера планеты стала для зарождающейся цивилизации домом, даже не домом, а одной-единственной комнатой, не имеющей перегородок.

Именно тогда человечество избрало технологический путь развития, и нам не дано сегодня это изменить. Современная индустриальная мощь земной цивилизации – лишь логическое развитие технократического направления. *Homo Sapiens*, объединяясь в локальные социумы, а затем, при появлении индустрии, в планетарную цивилизацию, стал в настоящее время качественно иным – *Homo Technocraticus*¹.

В XXI в. «Человек технократический» фактически сузился до понятия «Человек асфальта», так как большая часть человечества стала проживать в городах. При этом на нашей планете «закатанной в асфальт» оказалась территория, равная по площади пяти Великобританиям. Эта почва мертва, на ней не растут зелёные растения, вырабатывающие кислород, который так необходим нам для дыхания. Почвы на территориях, в 10 раз больших, прилегающих к автомобильным дорогам, деградированы и загрязнены канцерогенами от выхлопных газов и продуктов износа шин и асфальта.

¹ Термин «Человек технократический» [лат. – *Homo Technocraticus*] использовался для описания мышления в нарицательном смысле, по типу «человек меркантильный». Изначально «меркантильное» значило «торговое», а выражение «меркантильный человек» имело смысл «хороший бизнесмен». «Человек технократический» должен был показать следующий этап качественного развития «Человека разумного», но технократическая тирания показывает обратное – регресс.



Только автомобильные дороги мира, а их протяжённость составляет свыше 30 млн км, ежегодно убивают на планете около 1,5 млн человек и на порядок больше делают инвалидами и калеками [3, 4]. Более того, дорожно-транспортные происшествия являются восьмой по значимости причиной смертности во всём мире и, что важнее всего, главной причиной смерти детей в возрасте 5–14 лет и молодых людей в возрасте 15–29 лет. А сколько миллиардов животных, домашних и диких, больших и маленьких, они убивают – никто этого даже не знает. Только автомобили сжигают более 2,2 млрд тонн топлива ежегодно, пропуская через высокотемпературное горение более 35 млрд тонн живительного воздуха, выжигая при этом из атмосферы более 7 млрд тонн кислорода [5]. Столько кислорода производит за целый год, например, сосновый лес площадью в 240 млн га.

Заводы, фабрики, электростанции, станки, автомобили и иное инженерное оборудование в техносфере, созданной техночеловеком, являются аналогами живых организмов в биосфере [6]. И они, как и живые организмы, обмениваются с окружающей средой энергией, информацией и веществом, поэтому также, как и организмы, неизбежно должны преобразовывать окружающую их Природу.

Только с точки зрения биологии происходит техногенное загрязнение окружающей среды. С технической же точки зрения станок, завод, фабрика, электростанция и транспорт ничего не загрязняют. На входе у них сырьё

и материалы; на выходе – готовая продукция или услуга, например, энергетическая, информационная или транспортная, и преобразованное исходное сырьё (за вычетом готовой продукции или услуги), которое, естественно, попадает туда же, откуда и было взято, – в окружающую среду. Избежать этого невозможно принципиально. Создать замкнутые, абсолютно «зелёные», инженерные технологические циклы, о чём мечтают экологи, чтобы таким образом решить все экологические проблемы на планете, также принципиально невозможно. Это примерно то же самое, как искать способ запретить корове наряду с необходимыми нам продуктами (мясом и молоком) вырабатывать также и отходы – мочу, навоз, метан и CO₂.

Даже биосферу в целом нельзя назвать замкнутой системой. Она открытая система и именно поэтому преобразила ранее мёртвую Землю. Замкнутой является лишь система «Земля – Биосфера». Но даже и эта система не совсем замкнута, так как поглощает энергию Солнца и космическое излучение, космическую пыль и метеоритное вещество и излучает в космическое пространство ночью техногенный свет и круглосуточно – радиоизлучение.

Даже вся техносфера, а не отдельный станок, завод или фабрика в условиях отдельно взятой планеты не может быть замкнутой системой. Техносфера неизбежно будет преобразовывать планету и её биосферу. Но в какую сторону?

Кислородсодержащая² атмосфера не нужна техносфере. Поэтому, например, уже сегодня промышленность и транспорт США потребляют больше кислорода, чем вырабатывают его зелёные растения на территории этой страны. Американцы живут в долг. Они потребляют кислород, вырабатываемый российской тайгой и джунглями Амазонки.

Техносфере также не нужна и живая плодородная почва. Поэтому на планете всё меньше и меньше плодородной земли, а всё больше и больше отвалов, шлака, золы и терриконов. А ведь здоровая плодородная почва, такая как чернозём, в килограмме которой проживают порядка триллиона микроорганизмов нескольких тысяч видов, по своей сути является иммунной системой всей земной биосферы. Именно здесь начинается пищевая цепочка для большинства живых организмов на планете и здесь же заканчивают свою жизнь все вирусные заболевания, в том числе самые смертоносные.

Именно микроорганизмы, у каждого из видов которых своя узкая специализация³, создают универсальное питание для растений – гумус, всевозможные нерастворимые соли гуминовых кислот, иначе дожди и грунтовые воды вымыли бы всё питание из почвы. Другие виды микроорганизмов «распечатывают» эти своеобразные консервы – органические соединения, в которых содержится весь набор необходимых для жизни химических элементов (около 80 из таблицы Менделеева) в виде тысяч специфических и очень сложных органических соединений (а не простых химических соединений типа химических удобрений), т. е. переводят гумус в растворимую форму и таким образом кормят растения.

Но человек стал убивать почвенную микрофлору и микрофауну, т. е. иммунную систему биосферы, пахотой и минеральными удобрениями, гербицидами и пестицидами, асфальтом и терриконами. И очень скоро биосфера планеты уподобится больному СПИДом с ослабленной

² Для технических нужд кислород необратимо изымается в основном лишь из атмосферы, например, при сгорании топлива в автомобильном двигателе. И то только потому, что это наиболее дешёвый (а не единственно возможный) способ. При отсутствии кислорода в атмосфере те же автомобили прекрасно работали бы, если кроме бака с горючим был бы ещё и бак с окислителем – тем же кислородом.

³ Человек технократический, чтобы создать всё технологическое многообразие, составляющее современную индустрию, придумал тысячи профессий и специальностей: слесарь, сантехник, электрик, токарь, сварщик, водитель, писатель, менеджер и т. д. Однако ещё большее многообразие «специальностей» у живой природы и её фундамента – микроорганизмов, в том числе почвенных. Одни из них работают, например, с азотом, превращая его в соединения, которые могут усвоить растения, другие – с фосфором, третьи – селеном, четвёртые – йодом, пятые вырабатывают кислород и т. д.



иммунной системой⁴, которая может «умереть» от любой ранее безобидной «болячки».

Кислотные дожди, смог, повышенный уровень радиации, разрушение озонового слоя планеты и т. п. – всё это следствия существования индустрии. Можно лишь замедлить процесс преобразования земной природы, биосферы, но остановить его нельзя. Техносфера занимает ту же экологическую нишу, что и биосфера в целом: станки, машины, механизмы, технические устройства размещены в толще земли, воды, воздуха и активно с ними взаимодействуют.

Экологические проблемы в последнее время обострились лишь потому, что техносфера по своей энерговооружённости, т. е. по возможности преобразовывать окружающую среду, приблизилась к биосфере в целом. Например, сейчас биосфера в процессе фотосинтеза воспроизводит в год около 150 млрд тонн сухого органического вещества [7], что в пересчёте на топливо всего на порядок больше годового потребления энергии всей техникой, имеющейся в распоряжении земной цивилизации. А объём перемещаемого и перерабатываемого техникой

⁴ Основная часть иммунной системы человека находится в его кишечнике, в котором проживают триллионы микроорганизмов тысяч видов, преимущественно почвенных, которые и кормят нас, и поят, и лечат. Некоторые специалисты считают кишечник нашим вторым мозгом.

грунта, угля, руды и других видов сырья уже вплотную приблизился к объёму производства органического вещества биосферой.

С биологической точки зрения человечество как вид живых существ – есть «ребёнок», которого «родила» биосфера, с общей биомассой около 500 млн тонн (из них примерно 350 млн тонн составляет вода), не представляет собой никакой опасности для планетарной экологии с общей массой живого вещества в биосфере около 2,5 трлн тонн (из них около 1,8 трлн тонн – вода), так как это составляет менее 0,02 %. То есть своим обменом веществ и гомеостазом цивилизация как общность людей, как открытая биологическая система менее значима для биосферы планеты, чем какая-либо плесень, имеющая большую суммарную массу.

Глобальные проблемы создаёт на самом деле гомеостаз совсем другого «ребёнка» – того, которого породил Homo Technocraticus. И называется этот «ребёнок» – индустрия. Он очень быстро растёт, у него неуклонно увеличивающийся аппетит, да и масса его (во многом – это никому не нужный «индустриальный жир») приближается к массе живого вещества на планете.

Недавно обнаружен ещё один виновник глобального потепления – биткоин. Затраты электричества на поддержание неоптимальной платёжной системы биткоина уже составляют около 1 % от всей мировой энергетики. Одна



транзакция требует столько же энергии, сколько тратит в месяц средняя семья в Нидерландах. Если темпы роста сохранятся и суть этой неоптимальной информационной технологии не изменится, то в ближайшей перспективе майнинг будет потреблять до 100 % общемирового производства электроэнергии [8].

Таким образом не только материальные, связанные с переработкой вещества, но и информационные технологии наносят всё более ощутимый вред окружающей



среде. Хотя сама информация и нематериальна, однако она хранится и обрабатывается на материальных носителях, что, собственно, и создаёт экологические проблемы.

Кардинальный выход из сложившейся ситуации только один: необходимо предоставить техносфере экологическую нишу вне биосферы. Это обеспечит сохранение и развитие биосферы по тем законам и направлениям, которые были сформированы в течение миллиардов лет эволюции, а также гармоничное взаимодействие общности людей (как биологических объектов) с биосферой.

Такой экологической ниши для техносферы на Земле нет. Однако она есть в ближнем космосе, на расстоянии 300–500 км от поверхности планеты, где для большинства технологических процессов имеются идеальные условия: невесомость, вакуум, сверхвысокие и криогенные температуры, неограниченные сырьевые, энергетические и пространственные ресурсы и т. д.

Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости индустриализации космоса, если и в будущем земная цивилизация будет продолжать технологический путь развития⁵. Для широкомасштабного освоения космоса у человечества не так уж много времени, так как по целому ряду прогнозов из-за технократического гнёта на биосферу её необратимая деградация, а с ней и деградация человеческого рода, начнётся через два поколения. Это станет точкой невозврата для технократической цивилизации земного типа – уже никакие меры не помогут ей повернуть вспять.

Человечество не имеет опыта индустриального освоения околоземного космического пространства. Да и какой должна быть космическая индустрия? Каковы её функции, каковы объёмы и виды вырабатываемой продукции? Где в основном будет потребляться эта продукция: в космосе или на Земле? Вопросов может быть задано множество. И на них нельзя дать однозначные ответы сегодня. Любой ответ может быть верным и неверным одновременно – всё будет зависеть от тех конкретных путей развития, избранных земных цивилизацией в будущем при широкомасштабном освоении космоса.

Действительно, объективные причины, отмеченные ранее (экологические ограничения, исчерпаемость земных

⁵ По-видимому, другого выхода у человечества и не будет – слишком далеко зашёл технологический путь развития, который поднял жизненный уровень людей и обеспечил на сегодняшний день существование на Земле более 7 млрд человек. Отказ от индустриальной мощи цивилизации поставил бы под угрозу гибели (от голода, болезней, холода и т. д.) миллиарды человек (аналогом подобной ситуации может служить блокадный Ленинград в годы Великой Отечественной войны).



сырьевых, энергетических, пространственных и других ресурсов, опасность перегрева атмосферы и глобальных негативных изменений климата и т. п.), должны в будущем переместить сферу материального производства почти целиком в космос. В то же время человечество как биологический вид, как и любой другой вид живых организмов на нашей планете, является продуктом 4 млрд лет эволюции в земных условиях.

Мы идеально «подогнаны» к земной силе тяжести, магнитному и электрическому полю Земли, земному воздуху, насыщенному фитонцидами от цветущих растений, земной родниковой воде, содержащей необходимые нам микроэлементы, земным продуктам питания, выращенным на земной живой плодородной почве, и ещё многому другому земному, о чём даже не подозреваем, но без чего не сможем существовать не только сегодня, но и в обозримом будущем. Нигде в огромной Вселенной для нас, землян, не может быть более подходящих условий, чем на нашей прекрасной Голубой планете. Поэтому основной потребитель продукции будущей космической индустрии, а это порядка 10 млрд человек, будет находиться на Земле⁶.

⁶ Безусловно, освоив космическое пространство как новую среду обитания с условиями, принципиально отличающимися от земных, часть человечества, пожелавшая жить в космосе, со временем сможет преобразить себя под эти условия (в отличие от рыбы, в доисторические времена вышедшей на сушу, что в итоге привело к появлению на планете и человека, космический человек будет эволюционировать сознательно). Но это слишком отдалённая перспектива и в настоящей работе она не рассматривается.

Индустриализация космоса означает создание на орбите условий для производства различных материалов, энергии, машин, получения новой информации, осуществления технологических процессов, научных экспериментов. Следовательно, неизбежен значительный грузопоток между потребителем материальной продукции – человеком, живущим на планете, – и производством этой продукции, размещённым на околоземной орбите как можно ближе к потребителю, чтобы улучшить геокосмическую логистику.

Поскольку человек в первую очередь материален, то потребление им продуктов, как поддерживающих его жизнедеятельность (пища, вода, воздух и др.), так и индустриальных (телефон, компьютер, холодильник, телевизор, автомобиль и др.), связано с его эргономикой: размерами (средний рост человека 1,65 м) и массой тела (в среднем 62 кг). Поэтому годовое душевое потребление промышленной продукции и в будущем должно быть соизмеримо с массой человека. Для 10 млрд человек этот показатель составляет не менее 100 млн тонн в год, или 10 кг на одного индивидуума.

Самое узкое место грядущей индустриализации космоса, когда земная цивилизация может стать поистине космической, – геокосмический транспорт. Даже в самых смелых прогнозах известные геокосмические транспортные системы (ракетносители, космический лифт, электромагнитная пушка и др.) способны перевозить в год всего несколько тысяч тонн грузов по маршруту Земля – Орбита – Земля, что в десятки тысяч раз меньше требуемых – менее одного грамма в год на каждого жителя планеты.

Если мы были бы, например, цивилизацией микролипутов и весили бы в пределах одного грамма, то такие объёмы перевозок нас вполне устроили бы. Однако для цивилизации земного типа это неприемлемо. Если в ближайшее время не будут найдены решения данной проблемы, нашу земную технократическую цивилизацию ждёт судьба плесени в чашке Петри: съев все ограниченные ресурсы и отравив ограниченное пространство отходами своей жизнедеятельности, она погибнет. Это лишь вопрос времени, но это произойдёт, рано или поздно.

Литература

1. Groombridge, B. *Global Biodiversity. Earth and living resources in the 21st century* / B. Groombridge, M.D. Jenkins // Cambridge: World Conservation Monitoring Center. Hoechst foundation. – 2000. – 246 p.
2. *Вокруг света. Шестое великое вымирание* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vokrugsveta.ru/article/233607/>. – Дата доступа: 05.04.2019.
3. *The World Factbook* / Central Intelligence Agency [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html/>. – Date of access: 19.05.2019.
4. *WHO Global status report on road safety 2018* / World Health Organization (WHO) [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/Infographic-RU.pdf/. – Date of access: 01.05.2019.
5. *International Energy Outlook 2016* / U.S. Energy Information Administration [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf/>. – Date of access: 01.05.2019.
6. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе: науч. издание* / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.
7. *Биомасса* / Материал из Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биомасса/>. – Дата доступа: 06.04.2019.
8. *Geoeconomist* / Научно-исследовательский блог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geoeconomist.blogspot.com/>. – Дата доступа: 07.04.2019.

Программа SpaceWay – единственно возможный сценарий спасения земной технократической цивилизации от угасания и гибели

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск)



Исследована проблематика неблагоприятной экологической обстановки на Земле, осуществлён поиск причин и способов предотвращения глобальной катастрофы для современного человечества. Её предупреждение автор видит (и аргументированно доказывает) в перемещении экологически вредных производств на околоземную орбиту. Обоснован непрерывный интенсивный грузопоток по маршруту Земля – Орбита – Земля. Приведены доказательства вредности существующего ракетного транспорта для биосферы Земли. В качестве результата исследования сформулированы 10 требований, которым должен отвечать геокосмический транспорт (ГКТ), идеально подходящий для создания космической индустрии, а кроме этого предложен оптимальный вариант такого ГКТ.

Ключевые слова:

технократическая цивилизация, экология, биосфера, геокосмический транспорт, SpaceWay, индустриализация космоса.

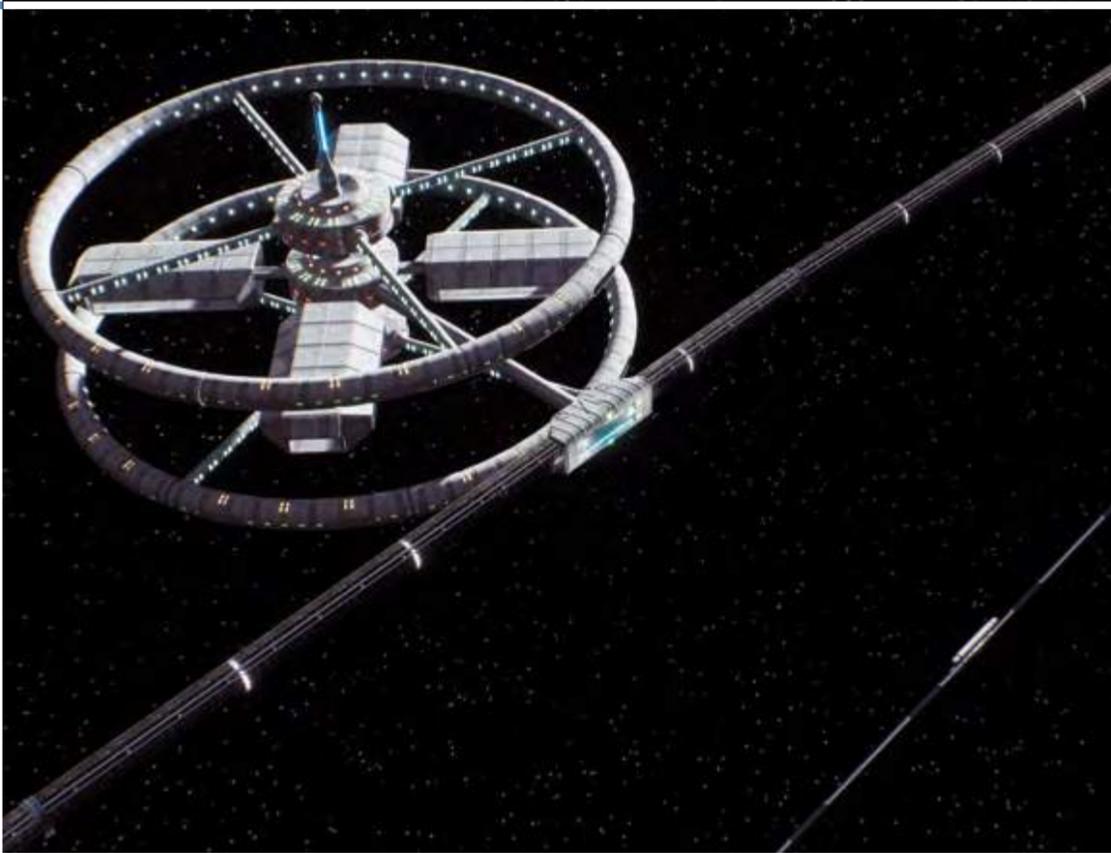
Человечество не имеет опыта индустриального освоения околоземного космического пространства. Да и какой должна быть космическая индустрия? Каковы её функции, каковы объёмы и виды вырабатываемой продукции? Где в основном будет потребляться эта продукция: в космосе или на Земле? Вопросов может быть задано множество. И на них нельзя дать однозначные ответы сегодня. Любой ответ может быть верным и неверным одновременно – всё будет зависеть от тех конкретных путей развития, какие изберёт земная цивилизация в будущем при широкомасштабном освоении космоса.

Действительно, объективные причины – экологические ограничения, уничтожение и деградация живых плодородных почв, исчерпаемость земных сырьевых, энергетических, пространственных и других ресурсов, опасность перегрева атмосферы и глобальных негативных изменений климата и т. п. – должны в будущем переместить сферу материального производства почти целиком в ближний космос. В то же время человечество как биологический вид, как и любой другой вид живых организмов на нашей планете, является продуктом 4 млрд лет эволюции в уникальных и неповторимых условиях – земных.

Мы идеально «подогнаны» к земной силе тяжести, магнитному и электрическому полю Земли, земному воздуху, насыщенному фитонцидами от цветущих земных растений, земной родниковой воде, содержащей необходимые нам земные микроэлементы, живительным земным продуктам питания, выращенным на земной живой плодородной почве, являющейся иммунной системой земной же биосферы, и ещё многому другому земному, о чём даже не подозреваем, но без чего не сможем существовать не только сегодня, но и в обозримом будущем. Нигде в огромной Вселенной, в том числе на Луне и на Марсе, для нас, землян, не может быть более подходящих условий, чем на нашей прекрасной Голубой планете. Поэтому основной потребитель продукции будущей космической индустрии будет находиться на Земле¹.

Индустриализация космоса означает создание на орбите условий для производства различных материалов, энергии, машин, получения новой информации, осуществления технологических процессов, проведения научных экспериментов. Поэтому неизбежен значительный

¹ Безусловно, освоив космическое пространство как новую среду обитания с условиями, принципиально отличающимися от земных, часть человечества, пожелавшая жить в космосе, со временем сможет преобразить себя под эти условия (в отличие от рыбы, в доисторические времена вышедшей на сушу, что в итоге привело к появлению на планете и человека, космический человек будет эволюционировать сознательно). Но это слишком отдалённая перспектива и в настоящей работе она не рассматривается.



грузопоток между потребителем материальной продукции – человечеством, живущим на Земле, – и производством этой продукции, размещённым на околоземной орбите.

Поскольку человек в первую очередь материален, то потребление им продуктов как для своего собственного жизнеобеспечения (пища, вода, воздух и др.), так и индустриальных товаров, повышающих комфортность его существования (телефон, компьютер, телевизор, холодильник, автомобиль и др.), связано с его эргономикой: размерами (средний рост земного человека 1,65 м) и массой тела (в среднем 62 кг).

Именно геокосмический грузопоток будет определять темпы развития космической индустрии на благо земной цивилизации, живущей в своём доме на планете Земля, к тому времени – порядка 10 млрд человек. Это как пуповина, только индустриальная, связывающая растущего ребёнка с матерью, – её сечение будет обуславливать обмен веществ, энергии и скорость роста ребёнка. У мыши пуповина тонкая, у человека потолще, а у слона – ещё толще. Следовательно, годовое душевое потребление промышленной продукции и в будущем должно быть соизмеримо с массой человека. Значит, для 10 млрд человек – это не менее 100 млн тонн в год, или 10 кг на одного жителя планеты.

Именно поэтому самым узким местом грядущей индустриализации космоса, когда земная цивилизация сможет стать поистине космической, станет транспорт на трассе Планета – Ближний космос – Планета.

Даже в самых смелых прогнозах известные геокосмические транспортные системы – ракетносители, космический лифт, электромагнитная пушка и др. – способны перевозить в год всего несколько тысяч тонн грузов, или менее одного грамма космической продукции на одного жителя планеты, что на четыре порядка меньше требуемых. Если бы мы были цивилизацией микролилипутов и весили бы в пределах одного грамма, то такие объёмы перевозок нас вполне устроили бы.

Однако для технократической цивилизации земного типа, которая только основных металлов – железа, меди и алюминия – выплавляет сегодня около 2 млрд тонн ежегодно, это неприемлемо.

Если в ближайшее время не будут найдены решения этой проблемы, нашу земную технократическую цивилизацию ждёт судьба плесени в чашке Петри – съев все ограниченные ресурсы и отравив ограниченное пространство отходами своей жизнедеятельности, она погибнет. Анализ показывает, что до точки невозврата, когда созданная человеком индустриальная техносфера окончательно «победит», т. е. окончательно «добьёт» земную биосферу, осталось два поколения [1].

Геокосмические перевозки сегодня и в обозримом будущем будут очень дороги: с учётом капитальных и операционных затрат, в самых смелых прогнозах, – не менее 1 млн USD/т. Поэтому для реализации программы индустриализации космоса, если опираться на существующие и перспективные геокосмические транспортные системы, потребуется ежегодный бюджет минимум в 100 трлн USD – неоправданные и просто безумные затраты для человечества, значительно превышающие сегодняшний мировой ВВП. Эти средства фактически будут направлены на самоубийство цивилизации, так как почти 100 % денег уйдёт на создание инструментов масштабного разрушения биосферы

геокосмической транспортной системой (ГКТС), что особенно видно на примере ракетносителей, в том числе перспективных.

Об экологическом вреде ракет стоит сказать отдельно, так как именно ракетный вектор индустриализации космического пространства, освоения Луны и Марса рассматривается сегодня специалистами как наиболее приоритетный. Хотя ракеты наряду с озоновыми дырами создают и ионосферные дыры с потоком высокоэнергетических частиц к поверхности планеты, вызывают турбулентность в верхних слоях атмосферы, провоцируют мощные атмосферные циклоны, резко снижают атмосферное давление у поверхности земли и др., рассмотрим только один частный вопрос – уничтожение озона.

Ещё в начале 80-х годов прошлого века были даны, что более 60 % озона в озоновом слое планеты уничтожается в процессе именно ракетных пусков. Носитель челночного типа «Шаттл» за один старт (в зависимости от ионосферных условий) может уничтожить от 10 до 40 млн тонн озона [2] не только потому, что в качестве топлива он использует элементы, гасящие озон, – азот, хлор и др., – но и потому, что плазма реактивной струи имеет температуру порядка 4000 °C (почти в три раза выше температуры плавления стали) и скорость истечения около 4 км/с (в пять раз выше скорости пули снайперской винтовки).



Таким образом, практически вся энергия от горения топлива в реактивном двигателе выбрасывается в атмосферу, и только её небольшая часть расходуется на полезную работу – на подъём груза на высоту орбиты и его разгон до орбитальной скорости (первой космической для этой орбиты).

Кроме гашения озона ракетные пуски меняют также физикохимию верхней атмосферы, вызывают турбулентность ионосферы и даже влияют на геомагнитное поле в тангажной плоскости пуска.

Сложно определить комплексный экономический ущерб, наносимый планетарной экосистеме при традиционном ракетном освоении космоса, однако частную оценку ущерба только от разрушения озонового слоя планеты можно выполнить, если оценивать стоимость восстановления озона не природными, якобы «бесплатными» и «бездомными», а техногенными способами.

Известно, что озон получают путём пропускания воздуха или кислорода через озонатор. Основным фактором, обуславливающим затраты на производство озона, является расход электроэнергии. Лучшие промышленные озонаторы расходуют порядка 10 кВт·ч энергии на получение 1 кг озона [3]. При среднемировой стоимости электроэнергии порядка 0,1 USD/кВт·ч стоимость электроэнергии, расходуемой на получение 1 тонны озона, составит примерно 1000 USD. На самом деле эти затраты будут значительно выше с учётом стоимости оборудования и накладных расходов.

Таким образом, чтобы восстановить озон, уничтоженный при каждом пуске тяжёлой ракеты, в количестве более 10 млн тонн, только электрической энергии необходимо затратить на 10 млрд USD. Даже если каждая ракета выведет на орбиту 100 тонн груза (такие ракетносители в настоящее время на рынке отсутствуют), на тонну полезной нагрузки придётся экологический ущерб минимум в 100 млн USD. Следовательно, минимальный экологический налог на освоение околоземного космического пространства с помощью ракетносителей должен быть не менее 100 млн USD на каждую выводимую тонну груза. И никакое перспективное удешевление стоимости пуска ракет не сможет снизить себестоимость выведения тонны груза на орбиту ниже отметки в 100 млн USD – того вреда, в будущем ещё более чувствительного, который наносят ракеты нашему общему дому – биосфере планеты.

Немаловажным будет и место размещения будущей внеземной индустрии. Она должна быть максимально близкой к потребителю, т. е. к поверхности планеты, где будут проживать миллиарды человек. Так как индустрия будет включать в себя огромное количество составных

элементов (заводов, технологических платформ, электростанций, жилых модулей и т. п.), то орбиты их движения не должны пересекаться. В ином случае, учитывая очень высокие космические скорости движения, может произойти цепная реакция разрушения всей системы (принцип домино), что вызовет гибель тысяч, если не миллионов, людей, обслуживающих космическую индустрию. Избежать такую катастрофу, вероятность которой не равна нулю даже при самой совершенной системе управления, можно только одним способом – размещением космической промышленности в экваториальной плоскости планеты.

При подобном расположении круговых орбит векторы скоростей движения космических тел, находящихся в произвольный момент времени на одной и той же вертикали, параллельны друг другу независимо от высоты размещения орбиты. При этом разница в абсолютных скоростях движения на соседних орбитах тем меньше, чем ближе они находятся друг к другу. Поэтому здесь можно говорить не о возможности столкновения космических аппаратов, например, в случае какой-либо аварийной ситуации, а об их соприкосновении друг с другом. Это также позволит достаточно легко переходить с орбиты на орбиту и обмениваться между соседними орбитами сырьём, материалами, энергией и произведённой в космосе продукцией.

Следовательно, принцип освоения околоземного пространства в будущем в плоскости экватора (рисунок 1) существенно отличается от современного освоения космоса (рисунок 2), где орбиты искусственных спутников Земли и орбитальных станций произвольны и пересекаются друг с другом².

Мы находимся на планете в гравитационной потенциальной яме, из которой можно выбраться, либо поднявшись в бесконечность, либо вылетев из неё с первой космической скоростью, равной 7919 м/с, причём не вертикально вверх, а перейдя на круговую орбиту. Поэтому к каждой тонне груза, доставленной на орбиту, необходимо подвести минимум 8,7 тыс. кВт·ч энергии. Если использовать электрическую энергию, вырабатываемую на тепловой электростанции, то это будет эквивалентно расходу примерно 2,2 тонны топлива.

² От разрушительных столкновений космических аппаратов на околоземных орбитах на современном этапе развития космонавтики спасает лишь чрезвычайно низкая «заселённость» этих орбит. При переходе к индустриальному освоению космоса эти орбиты должны быть очищены от космических аппаратов и мусора, представляющих опасность для экваториальной индустриальной зоны, которая по мере своего развития будет превращаться в диск, охватывающий планету.

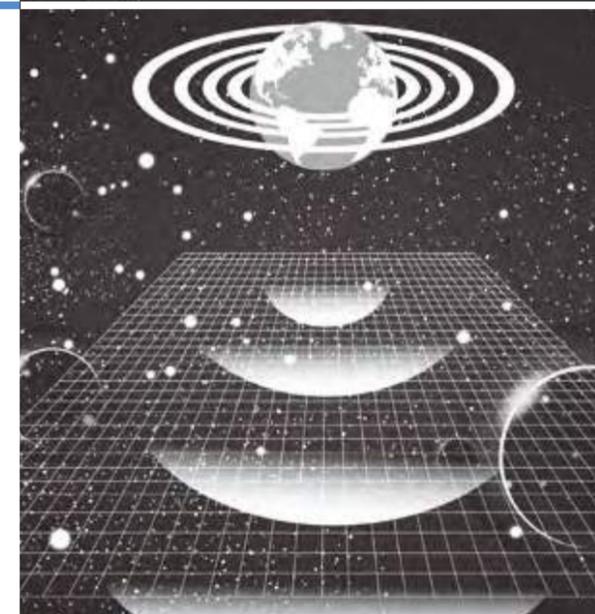


Рисунок 1 – Освоение космоса в будущем

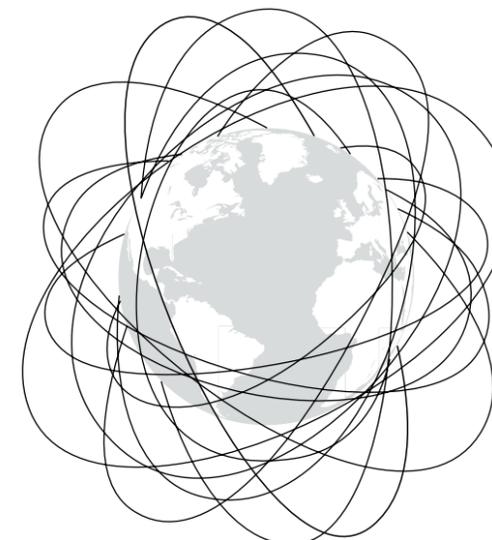


Рисунок 2 – Освоение космоса в настоящее время

По этой причине геокосмический транспорт является весьма энергос затратным и должен иметь КПД, максимально близкий к 100 % во избежание глобальных экологических проблем. Например, ракетноситель расходует в 20 раз больше топлива, чем требуется по законам физики, так как практически всю его энергию он подводит не к грузу, а выбрасывает в атмосферу. А с учётом предполётных (получение компонент топлива, их охлаждение до криогенных температур и т. д.) и полётных затрат, а также потерь энергии (аэродинамическое сопротивление

ние, потеря нижних ступеней и обтекателей, на изготовление которых расходуется большое количество энергии и т. д.) общий энергетический КПД ракетносителя значительно хуже, чем у паровоза, – около 1%.

При возвращении груза из космоса на Землю космический аппарат тормозится атмосферой, поэтому вся их потенциальная и кинетическая энергия выбрасывается в окружающую среду в виде высокотемпературного плазменного следа, обгорания теплозащитной оболочки, акустических волн, усиливая экологический вред, нанесённый на начальном этапе геокосмической логистики – при доставке груза в космос.

Мы не знаем, каким образом будет развиваться техника в грядущем, и космическая в том числе, как не знаем и предстоящих открытий. Единственное, что можно утверждать с полной уверенностью, – какой бы эта техника ни была, она будет подчиняться фундаментальным законам Природы. Такие законы, многократно проверенные практикой, останутся справедливыми во все времена. В области механики³ к их числу относятся четыре закона сохранения, к которым могут быть сведены все остальные частные случаи законов сохранения: энергии, импульса, момента импульса и движения центра масс системы.

Кроме кинетической и потенциальной энергий к космическому грузу необходимо также подвести импульс⁴ и момент количества движения (для вращения по орбите вокруг планеты). Поскольку околоземная космическая индустрия должна создаваться с планеты, то по законам сохранения и лишняя энергия (равная: 100 % минус КПД геокосмического транспорта), и обратный импульс (как и отдача от ружья при выстреле), и момент количества движения (как и момент, передающийся на корпус вертолёт от вращающегося винта) должны передаваться планете. Ракета, например, передаёт всё это планете не напрямую, а через «посредника» – атмосферу, выбрасывая в неё продукты горения со скоростью около 4000 м/с и с температурой порядка 4000 °С в самой уязвимой её части – в озоновом слое и в ионосфере. Это вызывает турбулентность, атмосферные и ионосферные вихри и при каждом запуске ракеты приводит к образованию озоновых и ионосферных дыр размером с Францию.

³ Размещённые на орбите заводы, фабрики, электростанции, жилые модули, коммуникации и другие составные элементы космической индустрии представляют собой механические системы, имеющие суммарную массу в миллионы тонн, поэтому принципы их создания и эксплуатации должны рассматриваться в первую очередь с позиций механики.

⁴ У космического груза скорость движения в 10 раз выше, чем, например, у пули снайперской винтовки. Это означает, что его кинетическая энергия будет в 100 раз выше, а импульс – в 10 раз больше для тела той же массы.

Многие недостатки ракеты обусловлены не только сверхвысокими температурами и скоростью истечения реактивной струи, но и требуемой сверхвысокой мощностью двигателей, порядка 1 млн кВт на каждую тонну груза. Представьте себе, например, сколько стоил бы обычный легковой автомобиль с двигателем мощностью не 100 кВт, а 1 млн кВт? Как мощность реактивных двигателей, так и ускорение разгона (30–50 м/с² и более) можно было бы снизить на порядок до приемлемых для обычного пассажира 1–1,5 м/с², как и в традиционном наземном транспорте, если бы удалось увеличить время их эффективной работы с 4–6 мин до 120–150 мин. Однако это, к сожалению, не удастся сделать, так как согласно законам физики уменьшилась бы реактивная тяга (при снижении интенсивности горения топлива), которая во время полёта всегда должна превышать стартовый вес, поэтому всё ракетное топливо сгорело бы, а ракета осталась бы стоять на стартовом столе, даже не шелохнувшись.

Итак, основные условия и требования к индустриализации космоса и геокосмическому транспорту:

1) размещение космической индустрии на низких круговых орбитах в плоскости экватора;

2) ГКТ должен быть выполнен не как стационарное сооружение, а как летательный аппарат;

3) ГКТ должен быть максимально экологически чистым, самонесущим (принцип «барона Мюнхгаузена»⁵), работающим только на внутренних силах системы, без какого-либо механического и энергетического взаимодействия с окружающей средой в процессе геокосмических перевозок;

4) теоретический коэффициент полезного действия ГКТ должен быть близок к 100 %;

5) обеспечение грузопотоков в миллионы, а в перспективе и в миллиарды тонн грузов в год;

6) возможность рекуперации избыточной энергии (потенциальной и кинетической) космической продукции при её доставке из космоса на Землю;

7) использование для выхода в космос экологически чистой энергии – электрической;

8) ГКТ в процессе геокосмических перевозок должен передавать импульс, момент количества движения и энергию непосредственно на твёрдую земную кору, без включения в механическую цепочку атмосферы планеты;

⁵ Имеется в виду история, рассказанная бароном Мюнхгаузеном о том, как он поднял себя и коня из болота, потянув за косячку, т. е. использовал только внутренние силы системы «барон – конь».

9) мощность двигателя ГКТ в пересчёте на тонну груза должна быть относительно невысокой – не более 100 кВт, как и у легкового электромобиля;

10) ускорение разгона для пассажиров и грузов должно быть комфортным и не превышать 1,5 м/с², для чего время выхода на орбиту и получения первой космической скорости должно быть не менее 2 ч.

Всем перечисленным 10 основным требованиям отвечает только одно инженерное решение – общепланетарное транспортное средство (ОТС), являющееся самонесущим летательным аппаратом (рисунки 3, 4), охватывающим планету в плоскости экватора [4].

Особенностью функционирования ОТС является то, что выход в космос осуществляется путём увеличения диаметра его кольца (на 1,57 % при подъёме на каждые 100 км) и достижения на расчётной высоте (с пассажирами и грузом) окружной скорости корпуса, равной первой космической. При этом положение центра масс ОТС не изменяется в процессе выхода в космос – он всё время совпадает с центром масс планеты. Поэтому штатное движение – подъём на высоту и получение первой космической скорости на заданной высоте – могут осуществляться только за счёт внутренних сил системы, без какого-либо взаимодействия с окружающей средой.

Оптимальной движущей внутренней силой для ОТС является избыточная центробежная сила от ленточного маховика, разогнанного в вакуумном канале с помощью линейного электродвигателя и магнитной подушки до скоростей, превышающих первую космическую – до 10–12 км/с, в зависимости от соотношения линейных масс корпуса и маховика. Это не очень высокая скорость: она в тысячи раз ниже, например, скорости, приближающейся к 300 000 км/с, полученной на этих же принципах в современных ускорителях заряженных частиц.

Для передачи импульса и момента импульса на корпус ОТС при выходе на орбиту с целью получения орбитальной скорости, равной первой космической на данной высоте, необходим второй ленточный маховик. Тогда при торможении первого ленточного маховика его избыточную кинетическую энергию, поскольку линейный электродвигатель будет работать в режиме генератора, можно будет сбрасывать в окружающую среду, а рекуперировать на разгон в противоположном направлении второго маховика. При получении двойного импульса (от разгона одного и торможения другого маховика) будет достигнута максимальная эффективность и максимальный общий КПД ОТС при подъёме на орбиту и при получении корпусом (с пассажирами и грузом) окружной скорости, равной первой космической.



Рисунок 3 – Общепланетарное транспортное средство, совмещённое с транспортной системой SkyWay (визуализация)

Соответственно, самый экологически чистый геокосмический летательный аппарат, использующий для выхода в космос только свои внутренние силы, имеет с позиций физики один-единственный вариант исполнения:

1) три кольцевые структуры, охватывающие планету в плоскости экватора с центром масс, совпадающим с центром масс Земли;

2) кольцевые структуры имеют возможность вращаться вокруг планеты и относительно друг друга со скоростями, превышающими первую космическую;

3) кольцевые структуры имеют возможность удлиняться при увеличении диаметра в процессе выхода на орбиту;

4) кольцевые структуры имеют по своей длине линейные приводы, способные разгонять и тормозить их относительно друг друга.

Таким образом, ОТС – это геокосмический транспортный комплекс многоразового использования для безракетного освоения ближнего космоса. ОТС позволит за один рейс выводить на орбиту порядка 10 млн тонн грузов (250 кг на 1 м длины корпуса ОТС) и 10 млн пассажиров (250 человек на 1 км длины корпуса), которые будут задействованы в создании и функционировании околоземной космической индустрии. За один год ОТС сможет выходить в космос до 100 раз. Для достижения того, что способно

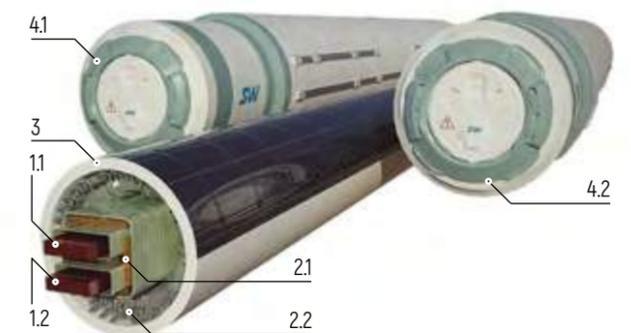


Рисунок 4 – Конструкция ОТС (вариант): ленточные маховики 1.1 и 1.2, размещённые в вакуумных каналах; системы привода 2.1 и 2.2, находящиеся внутри корпуса 3; внешние отсеки капсулы 4: пассажирские 4.1 и грузовые 4.2 (визуализация)

сделать ОТС за год, современной мировой ракетно-космической отрасли, в которую уже вложены триллионы долларов, потребуется порядка миллиона лет. При этом затраты на доставку каждой тонны полезного груза на орбиту будут в тысячи раз ниже, чем у современных ракетополетов – менее 1000 USD/т.

Экологически чистое ОТС, работающее исключительно на электрической энергии, позволит реально осуществить индустриализацию ближнего космоса. Для этого

необходимо будет закрыть на планете все вредные для земной биосферы промышленные производства, создав их вновь на околоземной орбите на новых, экологически чистых для космоса принципах. Данный шаг откроет доступ к принципиально новым промышленным технологиям за счёт использования уникальных космических возможностей, недоступных на Земле: невесомости, глубокого вакуума, сверхнизких и сверхвысоких температур, неисчерпаемых источников энергии и ресурсов, в том числе минеральных и пространственных. Потрясающие возможности открываются и в области информационных и энергетических коммуникаций.

Вынос промышленности за пределы планеты радикально улучшит нашу общую среду обитания, наш общий дом – биосферу планеты Земля, особенно в промышленных регионах, без каких-либо ограничений роста производства.

Практически все инженерные решения, применяемые в проекте, широко известны, апробированы на практике и реализованы в настоящее время в промышленности. Бюджет проекта составит порядка 2,5 трлн USD. Это не так уж и много, если учесть, что годовой военный бюджет США составляет сегодня почти 700 млрд USD. При этом технологической базой для сооружения стартовой эстакады будут являться системы SkyWay, что позволит получать прибыль от проекта уже на начальных этапах его реализации за счёт перевозки пассажиров и грузов по поверхности планеты.

У человечества есть все возможности для реализации этого самого амбициозного проекта за всю историю цивилизации. Например, на сооружение ОТС и эстакады вдоль экватора потребуется около 100 млн тонн металла (сегодня столько же стали выплавляется на планете менее, чем за три недели) и около 10 млн м³ железобетона (примерно столько же бетона уложено в одну-единственную плотину Саяно-Шушенской ГЭС). Мощность включения ОТС в мировую энергосеть – порядка 100 млн кВт (2,5 кВт на погонный метр длины, или 10 кВт на тонну груза), что составляет менее 2% установленных нетто-мощностей электростанций мира и равно мощности одного-единственного ракетносителя, способного поднять в космос за один рейс менее 100 тонн (а не 10 млн тонн грузов, как ОТС).

Линейный город с миллионами рабочих мест, построенный вдоль эстакады ОТС, в том числе и через океаны, с транспортно-инфраструктурным комплексом SkyWay – городским (до 150 км/ч), высокоскоростным (до 500 км/ч) и гиперскоростным (до 1250 км/ч) – позволит начать коммерциализацию программы SpaceWay ещё до вынесения земной индустрии в космос.



Струнные дороги уже сегодня способны зарабатывать деньги, вокруг них люди смогут строить жильё и развивать бизнес – новый экологически чистый транспорт сделает ещё более привлекательной жизнь в зоне транспортной доступности. Струнные транспортно-инфраструктурные комплексы дадут импульс к развитию ранее неосвоенных земель. Благодаря эстакадам SkyWay в самые отдалённые уголки придут линии современных информационных коммуникаций, электричество, вода и плодородная почва, а затем и космическая продукция – её также придётся развозить в разные, самые удалённые точки планеты. Вокруг них появится жизнь, и с поверхности планеты постепенно исчезнут пустыни. Жильё в горах и на шельфе моря будет престижнее, чем, например, в Нью-Йорке или Париже. Человек и Природа станут, наконец, пребывать в гармонии друг с другом.

Параллельно будут осуществляться научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по ОТС, которые потребуют около 5% от суммы инвестиций в проект. В общей сложности на решение всех инженерных задач понадобится минимум пару десятилетий. Несмотря на то что работа ведётся уже многие десятилетия [5], реализация данного масштабного проекта вряд ли возможна силами только команды, созданной автором ОТС инженером А.Э. Юницким ещё более 30 лет назад.

Есть надежда, что такая глобальная геокосмическая программа общими целями и задачами объединит вокруг себя все страны мира, привлечёт их к финансированию этого сверхамбициозного проекта, призванного спасти человечество. В силу своих технических особенностей проект напрямую затронет территорию десятков стран (в основном расположенных вдоль экватора), а по политико-экономическим причинам – весь мир. ОТС и индустриальное ожерелье вокруг Земли станут незаменимой платформой для перспективного освоения дальнего космоса космическими аппаратами многоразового использования, а также охранным контуром для защиты от космических угроз, в том числе метеоритных. Срок реализации проекта составит порядка 20 лет с учётом социально-политических, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ.

Окружающий нас мир создан инженерами. Не банкирами, не политиками, не художниками, а инженерами. Однако управляется этот мир зачастую другими – теми, для кого во главе угла стоит личное обогащение; теми, кто наивно полагает, что в ситуации, когда планета будет стоять на грани гибели, их смогут спасти деньги. Они уверены, что со своими семьями смогут укрыться на личных островах, в подземных бункерах, на подводных лодках и «Боингах» с противоракетной защитой. Как они ошибаются! Планета – одна большая комната, не имеющая даже перегородок. Когда-то первобытные люди вместе со своими вождями жгли костры в своих пещерах и умирали от рака лёгких в 20 лет. Они смогли выжить лишь благодаря тому, что догадались переместить свои примитивные технологии – обычный огонь – за пределы своего жилища. Так теперь и мы, земная цивилизация, должны вынести техносферу за пределы своего дома – биосферы. Все инженерные решения для этого шага, обеспечивающие переход человечества на новый этап цивилизационного развития, уже созданы.

Не вызывает сомнений, что в ходе реализации проекта общепланетарного транспортного средства необходимо будет справиться с большим количеством проблем и трудностей как в техническом, так и в социальном плане. Однако они ничтожны по сравнению с теми проблемами, которые предстоит решить нашей земной цивилизации, если она хочет выжить и развиваться.

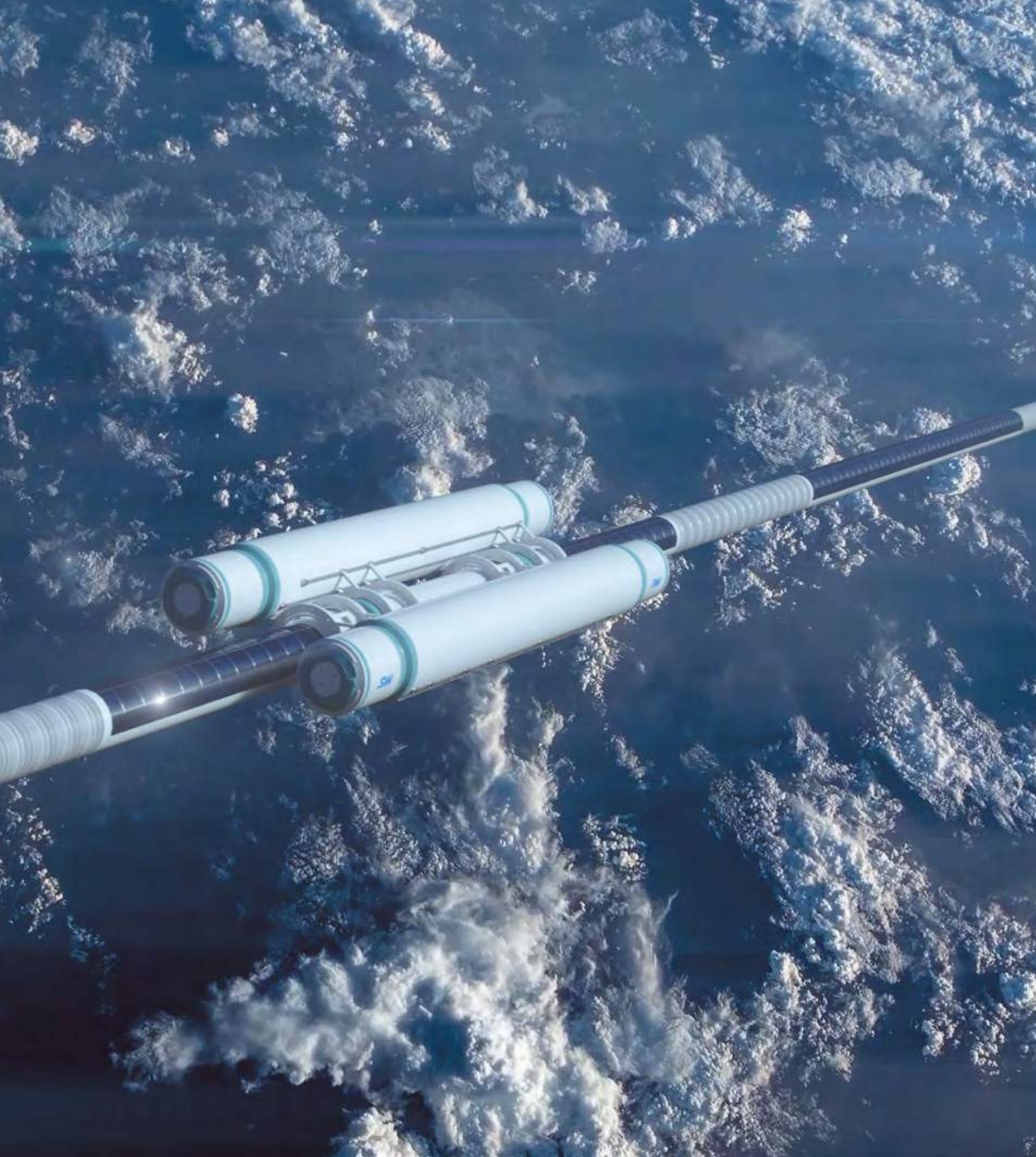
Идеи, которые изменяли мир в прошлом, всегда казались современникам фантастическими и нереальными, но усилиями инженеров они обретали реальное воплощение. Наука дала нам инструменты, чтобы сделать мир лучше, но мы не хотим этим пользоваться из-за своей косности и консерватизма. Неужели сегодня, продолжая

строить миллионы километров автомобильных дорог и считая ракету единственным «ключом» к космосу, мы готовы мириться с тем, что нам предстоит переселиться на Марс, по цене билета в одну сторону в миллиард долларов, и там умереть? Не хочется в это верить. Если это не так и мы хотим жить, то нам необходимо обрести мужество измениться. Измениться – каждому из нас!

Мы не получили Землю в наследство от наших предков, мы взяли её в долг у наших потомков. Мы обязаны этот долг отработать, иначе будущего у всех нас не будет – земная технократическая цивилизация исчезнет как неудавшийся эксперимент Вселенной.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Дмитриев, А.Н. Изменения в Солнечной системе и на планете Земля: материалы конференции «Живая Этика» и «Тайная Доктрина» в современной науке, практической педагогике и социальной жизни», Екатеринбург, 8–9 августа 1999 г. / А.Н. Дмитриев. – М.: Белые альвы, 2001.
3. Справочник химика 21 / Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/page/179105181237208215009033087181101073236188082064/>. – Дата доступа: 26.04.2019.
4. Юницкий, А.Э. Пересадочная, космическая, кольцевая / А.Э. Юницкий // Изобретатель и рационализатор. – 1982. – № 4. – С. 28–29.
5. Материалы первой международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.yunitskiy.com/author/1988/1988_06.pdf. – Дата доступа: 27.04.2019.



УДК 629.78

Описание конструктивных элементов астроинженерной транспортной системы SpaceWay

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск)

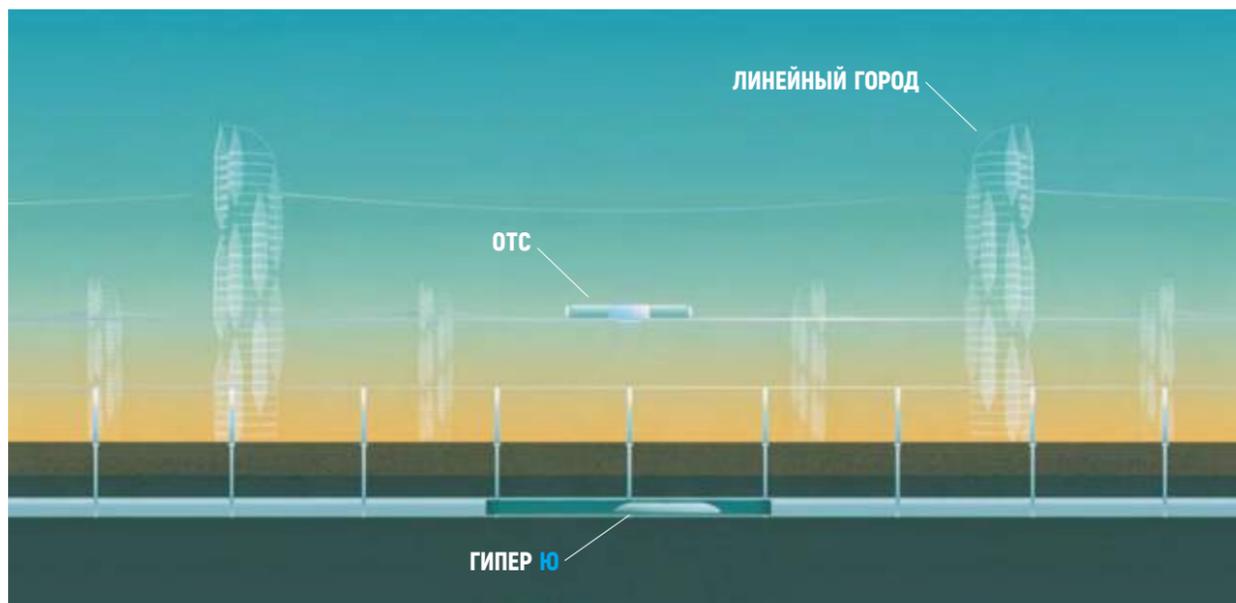


Кадры видеовизуализации, демонстрирующие процесс подъёма общепланетарного транспортного средства (ОТС) со стартовой эстакады с последующим выходом на низкую околоземную орбиту. Показаны жилые и производственные модули космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита») как неотъемлемые составляющие астроинженерной транспортной системы SpaceWay.

SpaceWay – комплексная программа безракетной индустриализации космоса. Её главная цель – перемещение экологически вредной индустрии с Земли на околоземную орбиту ради сохранения и восстановления экологии Голубой планеты.

Реализация программы SpaceWay включает в себя три основные составляющие:

- 1) экваториальный линейный город (ЭЛГ);
- 2) общепланетарное транспортное средство (ОТС);
- 3) SpaceIndustry.



Экваториальный линейный город (ЭЛГ) – разветвлённая сеть жилых и производственных кластеров, объединённых транспортными и энергетическими коммуникациями, необходимыми для распределения доставляемых на орбиту и обратно грузов. Город располагается параллельно взлётно-посадочной эстакаде ОТС, которая должна проходить в плоскости экватора по суше и по мор-

ским участкам. Перевозка пассажиров и доставка грузов внутри этой сети обеспечивается при помощи высокоскоростного наземного транспорта SkyWay, а также гиперскоростного транспорта HyperU, в котором подвижной состав перемещается в форвакуумной трубе, что позволяет устранить сопротивление воздуха и развивать скорость до 1250 км/ч.



Общепланетарное транспортное средство (ОТС) – самонесущий летательный аппарат многоразового использования, курсирующий по маршруту Земля – Орбита. Конструкция опоясывает Землю в плоскости экватора и осуществляет взлёт с эстакады, выступающей также и в качестве посадочной платформы. Система приводится в движение за счёт центробежной силы, возникающей в результате разгона маховиков линейного электродвигателя, находящегося в её сердцевине. Грузы и пассажиры размещаются в специальных модулях, крепящихся к корпусу ОТС, и распределяются по его длине при помощи высокоскоростного

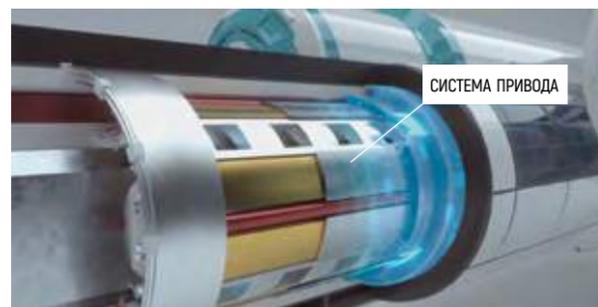
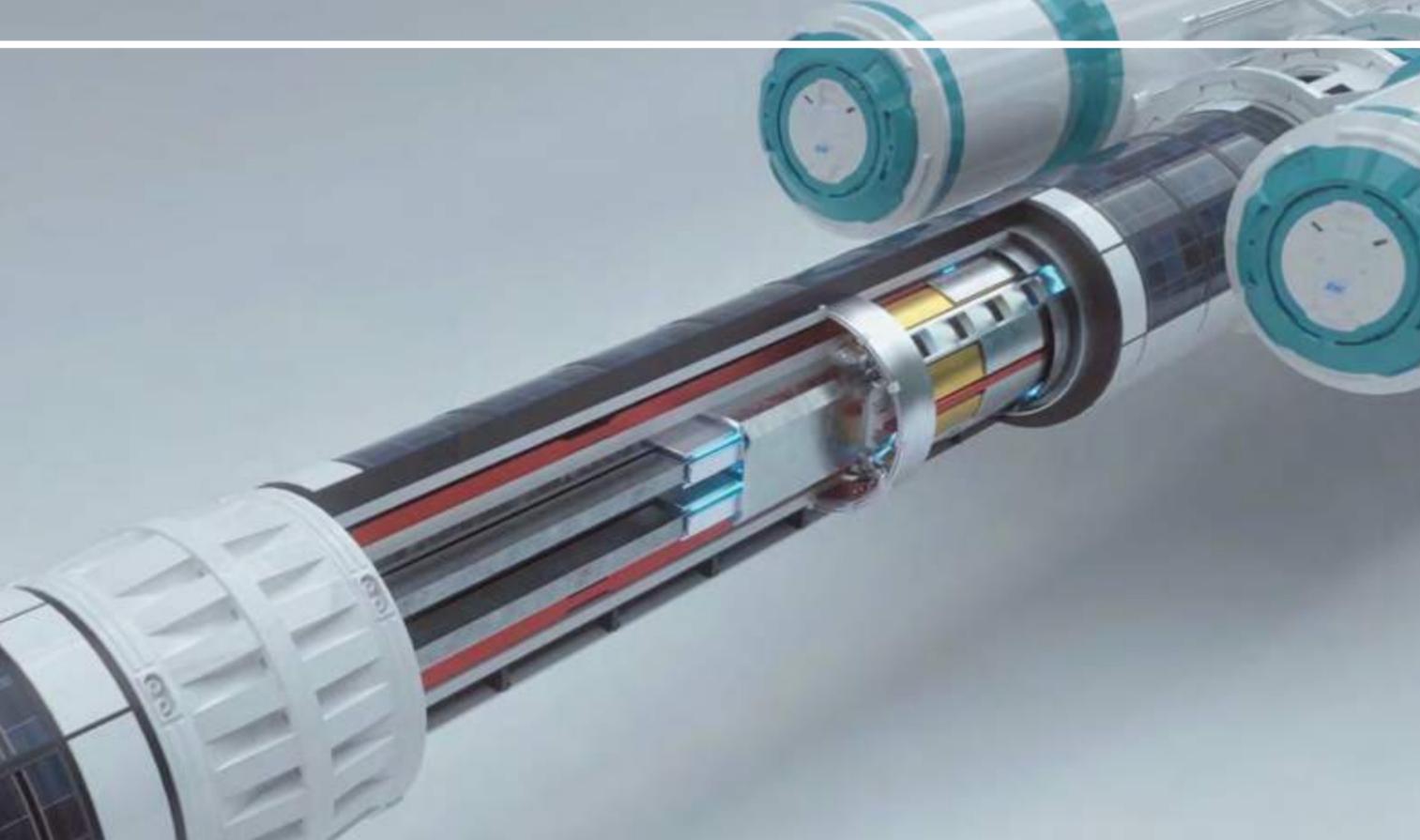
транспорта SkyWay и HyperU. За каждый рейс ОТС способно перевозить 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров для строительства и обслуживания космической индустрии.

Несмотря на впечатляющие масштабы конструкции ОТС, цена пассажирского билета на орбиту Земли составит около 100 USD. При этом уровень комфорта во время путешествия в космос будет выше, чем при передвижении по Земле. Низкий уровень цен достигается не только за счёт низких эксплуатационных расходов ОТС, но и вследствие одновременной перевозки огромного числа пассажиров и большого количества грузов.

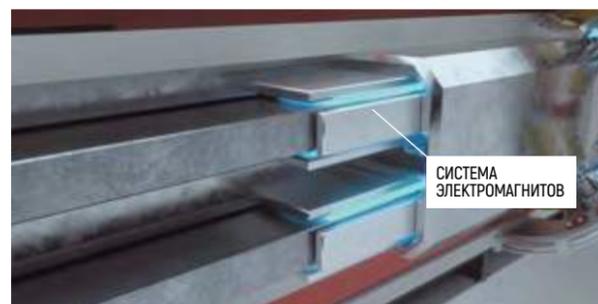


Подобно растянутой нити, имеющей бесконечно малые поперечные размеры по отношению к своей длине

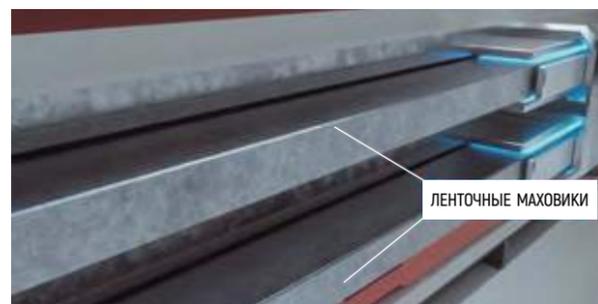
(соотношение 1 : 10 000 000), ОТС приобретает свойство устойчивой самонесущей конструкции.



СИСТЕМА ПРИВОДА



СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ



ЛЕНТОЧНЫЕ МАХОВИКИ

Корпус ОТС представляет собой сплошную вакуумированную трубу. Внутри неё размещается вытянутый в непрерывную линию электрический двигатель и ленточные маховики. Все эти отдельные элементы заранее помещаются внутрь корпуса, соединяются между собой, а после этого из трубы откачивается воздух и создаётся вакуум.

Для подъёма ОТС в космос необходимо разогнать находящиеся в корпусе линейного электродвигателя ленточные маховики до скорости, превышающей первую космическую.

Как только включены электромагниты, ленты маховиков начинают левитировать между ними в вакууме, не испытывая сопротивления среды. Благодаря подключению к внешним источникам питания ленты маховиков приходят в движение, вращаясь вокруг оси, проходящей через центр масс Земли. По мере набора скорости маховики накапливают необходимое количество кинетической энергии, что позволяет поднять ОТС в воздух и выйти в космос.

После того как лента маховика достигла расчётной скорости, она становится невесомой. При дальнейшем увеличении скорости маховика действующая по вертикали от центра Земли центробежная сила превышает вес маховика, обеспечивая избыточную подъёмную силу. В результате корпус ОТС со всем грузом и пассажирами начинает свой подъём к заданной орбите.



Благодаря тому, что за счёт вращения ротора возникает центробежная сила, превышающая силу земного тяготения, корпус ОТС отрывается от стартовой эстакады. Во время движения от поверхности Земли в космос корпус ОТС начинает равномерно расширяться.

Для того чтобы обеспечить постоянное равновесие корпуса, ОТС в случае необходимости снабжается

специальной балластной системой. В качестве балласта используют экологически безвредные вещества, такие как, например, вода и кислород. В случае если их распылить в верхних слоях атмосферы, они будут способствовать восстановлению озонового слоя Земли и позволят экологически безопасно управлять погодой и климатом на планете.



SpaceIndustry представляет собой сеть промышленных и жилых объектов, расположенных в плоскости экватора на низких круговых орбитах. Здесь находятся космические заводы, фабрики, электростанции, а также жилые космические поселения – ЭкоКосмоДома (ЭКД), в которых будет жить и работать обслуживающий космическую индустрию персонал.

После того как будет достигнута заданная орбита, ОТС по всей своей длине осуществит выгрузку грузов и пассажиров в опоясывающий всю планету комплекс.

Элементы космического индустриального ожерелья соединены между собой транспортными, энергетическими

и информационными коммуникациями, а с планетой Земля – посредством геокосмического летательного аппарата ОТС.

Конструктивная часть жилых объектов представляет собой сферу, цилиндр или тор как наиболее оптимальные варианты. Все они вращаются вокруг своей оси, создавая искусственную гравитацию.

Изнутри несущей оболочки жилого кластера, выполненной из высокопрочных материалов, находится слой почвы, обустроены жилые помещения, имеется полноценная земная атмосфера. Снаружи и изнутри конструкция оборудована противометеоритной и противорадиационной защитой.



ЭкоКосмодом (ЭКД) – космическое сооружение с автономной биосферой. Каждый ЭКД обладает искусственной гравитацией и регулируемыми параметрами

среды обитания. Биосфера ЭКД может обеспечить автономное проживание до 10 000 человек.



Пассажирский и грузовой модули ОТС могут быть использованы не только для транспортировки, но и как полноценное жилище.

Из таких жилых модулей возможна компоновка отдельной зоны ЭкоКосмоДома. Вместе они будут представлять собой некое подобие пригородных районов малоэтажной застройки, где у каждой семьи есть своё собственное пространство.



Современный уровень развития науки и техники позволяет реализовать программу SpaceWay в обозримые сроки. Это потребует значительных инвестиций, а также усилий со стороны исследователей и изобретателей. Однако затраченные ресурсы будут с лихвой восполнены, так как программа открывает для человечества

доступ к безграничным энергетическим, пространственным и сырьевым ресурсам космоса. Кроме того, SpaceWay позволит постепенно избавиться от вредных промышленных предприятий на Земле, за счёт чего будет восстановлена экология планеты и обеспечены условия для комфортной и безопасной жизни людей в гармонии с природой.

© Юницкий А.Э., 2019

Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск)



Проведено всестороннее исследование жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» (ЭКД) не только как составной части орбитального транспортно-инфраструктурного и индустриально-жилого комплекса «Орбита», но и как точки роста, вокруг которой будет постепенно выкристаллизовываться космическая индустрия. Описана возможность создания в таких многофункциональных кластерах различных условий для существования человека, отличных от земных: гравитации, атмосферы, среды обитания. Особое внимание уделено вопросу моделирования биосферы Земли внутри ЭКД со всеми её составляющими: флорой, фауной, в том числе микрофлорой и микрофауной. Описана конструктивная часть космического жилого кластера, а также дана оценка стоимости и ориентировочного количества материалов, необходимых для сооружения его на орбите. Кроме этого, проведено сравнение уровней комфорта проживания, стоимостей сооружения и эксплуатации ЭКД с имеющимися сегодня на околоземной орбите поселениями, типа Международной космической станции (МКС).

Ключевые слова:

ЭкоКосмоДом (ЭКД), замкнутая экосистема, биогеоценоз, живая плодородная почва, иммунная система, индустриализация космоса, общепланетарное транспортное средство (ОТС).

При индустриализации околоземного космического пространства в первую очередь должно быть создано космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – орбитальный транспортно-инфраструктурный и индустриально-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора и имеющий соответствующую длину, например, для высоты 400 км – 42 567 км. Начало строительства КИО «Орбита» – с первого же запуска общепланетарного транспортного средства (ОТС) [1].

Индустрию, созданную в космосе на благо земной цивилизации, несмотря на автоматизацию и роботизацию, должны также обслуживать и люди, хотя и в ограниченном количестве по сравнению с земными технологиями. В земной индустрии, включая транспорт, энергетику, связь и информационные технологии, трудятся сегодня порядка 1 млрд специалистов. Возможно, в будущем эта потребность снизится в тысячу раз, до миллиона сотрудников. Не меньше будет туристов и отдыхающих, так как в космосе можно смоделировать рекреационные комплексы с условиями, лучшими, чем на Земле. Поэтому на орбите необходимо будет создавать жилые поселения нового типа – ЭкоКосмоДома (ЭКД), в которых станут жить, работать, отдыхать, проходить курсы терапии и лечения миллионы человек (рисунок 1).

В ЭКД на несколько тысяч жителей – в небольшом социуме типа деревни, построенном на инновационных принципах, – будет воссоздана лучшая часть земной биосферы со всеми необходимыми природными условиями: атмосферой, разнообразием ландшафтов, живых организмов, почв, биогеоценозов, водных экосистем и др. Будут также созданы самые комфортные физические условия: гравитация (с помощью центробежных сил), освещённость в естественном спектре, оптимальная температура, давление, влажность воздуха и т. д.

Поперечный размер этих сооружений – до 500 м, чтобы не увеличивать чрезмерно их парусность, которая тормозила бы весь индустриальный комплекс из-за наличия на этой высоте газовой среды, хотя и очень разреженной (на высоте 400 км об атмосфере можно говорить только условно, поскольку плотность у неё очень низкая: 3×10^{-12} кг/м³).

Для комфортного проживания людей в космосе необходимы условия, эквивалентные и даже превосходящие по качеству земные.

Комфортная гравитация. Гравитацию на орбите можно смоделировать центробежными силами. При этом не исключено, что наиболее комфортной будет пониженная

гравитация, подобная той, что на Луне или Марсе, с ускорением свободного падения порядка 2 м/с², то есть в пять раз ниже, чем на Земле. Тогда взрослый человек весил бы примерно 15 кг, мог бы легко запрыгнуть на крышу дома и летать как птица, если снабдить его крыльями.

Комфортная атмосфера – по давлению, составу, влажности и температуре:

1) *давление в атмосфере космического дома.* Возможно, что на орбите комфортным будет давление, как на Земле в горной местности, – в два раза ниже атмосферного, т. е. 0,5 кгс/см², или 5 т/м². Снижение давления в два раза уменьшит вдвое нагрузки на оболочку космического дома, обусловленную давлением атмосферы внутри него, что повысит его надёжность и долговечность при значительном сокращении стоимости;

2) *состав атмосферы.* Для того чтобы не наступило кислородное голодание, содержание кислорода можно увеличить двукратно, к примеру, до 40 %, если атмосферное давление будет снижено по сравнению с земным в два раза. При этом содержание кислорода должно быть ограничено верхней планкой, при которой может происходить самовозгорание различных горючих веществ, в частности, древесины, которая будет присутствовать в ЭкоКосмоДоме. Следует также оптимизировать содержание других газов (азота, аргона, неона, углекислого газа и др.). Кроме того, в доме не должно быть застойных зон, т. е. должен существовать воздухообмен – движение воздуха: либо конвекционное, либо с помощью специальных вентиляторов, например, закамуфлированных под ветряные мельницы;

3) *влажность воздуха.* Поскольку организм человека, впрочем, как и животных, и растений, получает влагу не только с продуктами питания, но и из воздуха, то влажность атмосферы в космическом доме должна быть в течение суток и круглый год оптимальной, например, равной 55–60 % (при необходимости её можно будет изменять как в течение суток, так и в течение года);

4) *температура воздуха.* Воздух в космическом доме может иметь весь год оптимальную температуру, равную +21... +25 °С (при необходимости её можно будет регулировать как в течение суток, так и в течение года в более широком диапазоне температур).

Продолжительность суток и года. В ЭкоКосмоДоме сутки и год теряют свой смысл, так как ЭКД совершит один оборот вокруг планеты примерно за 1,5 ч, т. е. 16 раз за дневные сутки, проходя восходы и закаты. Поэтому

в орбитальном доме должно быть искусственное освещение, а сутки и год могут иметь оптимальную продолжительность, отличающуюся, соответственно, от 24 ч и 365 суток. Например, для большинства современных городских жителей 24-часовые сутки являются навязанными и насильственными, доказательством чему служит регулярное использование будильника.

Освещённость. Комфортная освещённость необходима как людям, проживающим в ЭКД, так и растениям, и животным. Для полноценного развития растений интенсивность света должна находиться на уровне более 1000 лк. Свет должен быть:

- *качественным.* Каждой фазе роста растений соответствуют свои потребности в спектральном составе световых лучей. Для развития зелёной массы необходим голубоватый свет, а для роста корневой системы и в период подготовки к цветению в спектре должны присутствовать оттенки жёлтого и красного. Зеленоватые лучи стимулируют процессы фотосинтеза в листьях с плотной структурой;
- *продолжительным.* Большинство растений набирают силу и цветут только тогда, когда световой день составляет не менее 14 ч, т. е. летом. Однако есть растения, которым при цветении следует находиться на свету не более 8–10 ч в сутки. Поэтому освещение в ЭКД должно быть локальным – в зависимости от зоны экосистемы;
- *интенсивным.* Слабое освещение для растений губительно. Идеальный вариант для светолюбивых видов – 100 000 лк, как у солнечного света. В любом случае источником освещения в космическом доме должно выступать Солнце – либо с помощью специальных зеркал и линз, либо путём преобразования солнечного света в электрическую энергию.

Комфортная среда обитания (проживания) человека.

В космическом доме следует полностью смоделировать биосферу планеты – колыбели человека с историей эволюции, насчитывающей миллиарды лет, в том числе предшествующей человеку. Надлежит представить во всём их разнообразии флору и фауну благоприятных для жизни человека климатических зон Земли, откуда мы приходим своими корнями (например, в нашей крови шумит древний океан – её минеральный состав полностью соответствует составу его воды), а также микрофлору и микрофауну – почвенный биогеоценоз с тысячами видов микроорганизмов.



Рисунок 1 – Конструкция фрагмента космического индустриального ожерелья «Орбита» со спаренным тороидальным ЭКД (вариант), к которому, расширяясь от Земли, подлетает ОТС с пассажирскими (грузовыми) гондолами (визуализация)

В килограмме здоровой плодородной почвы, не тронутой плугом, проживают порядка триллиона почвенных микроорганизмов нескольких тысяч видов – все они необходимы для существования флоры и фауны в земной биосфере, в том числе человека. Плодородная почва на планете является иммунной системой биосферы и залогом её здоровья. Если на Земле убить всю живую плодородную почву и заместить её мёртвой, искусственной почвой, пропитанной гербицидами и пестицидами и обильно политой минеральными удобрениями, то этот день станет началом конца земной биосферы – той, которую мы все знаем и частью которой являемся. Именно в тот момент легко может возникнуть пандемия, способная в течение буквально нескольких суток убить всех людей – ни двухсотметровая яхта, ни «Боинг» с противоракетной обороной, ни свой островок в океане никому не помогут выжить.

Без здоровой (живой) плодородной почвы в Эко-Космодоме невозможно создать комфортные и безопасные условия для проживания человека. Например, основой иммунной системы человека является микрофлора и микрофауна его кишечника, которая в основном считается почвенной. Там живут триллионы микроорганизмов тысяч видов [2]. Они денно и нощно трудятся – кормят, поят нас и даже... летат. Неспроста многие специалисты называют содержимое кишечника нашим вторым мозгом.

Биосфера космического дома должна постоянно вырабатывать кислород, необходимый для дыхания про-

живающих там людей и животных, производить здоровую пищу и утилизировать в гумус все отходы жизнедеятельности живых организмов. Основой плодородия почвы, в том числе самой плодородной почвы на планете – чернозёма, является гумус, нерастворимые соли гуминовых кислот [3]. По сути, это «консервы» для растений, которые вскрывает своеобразный «консервный нож» – микроорганизмы, живущие в почве (если бы гумус был растворим, то его вымыл бы из почвы первый же дождь). Они переводят гумус в растворимую форму и этим поят и кормят растения, вступая с ними в своего рода симбиоз. Без подобного симбиоза, только уже с грибами, не может существовать ни одно растение, так как грибы не только живут в самих растениях, но и образуют с их корнями грибокорень, который питает их хозяина, а также является для них информационной сетью.

На рисунке 2 показаны жилая и природная зоны тороидального ЭКД, на рисунке 3 – жилые апартаменты. В зонах космоса, где существует повышенная метеоритная опасность, жилые и офисные помещения могут быть выполнены в гондолах-контейнерах ОТС, в которых на орбиту будут доставлены пассажиры или грузы. Эти гондолы герметичны, имеют систему жизнеобеспечения, рассчитаны на избыточное давление, оборудованы люком (дверью). Поэтому даже при разгерметизации космического дома в случае попадания крупного метеорита жители могут спастись, заdraив люк.

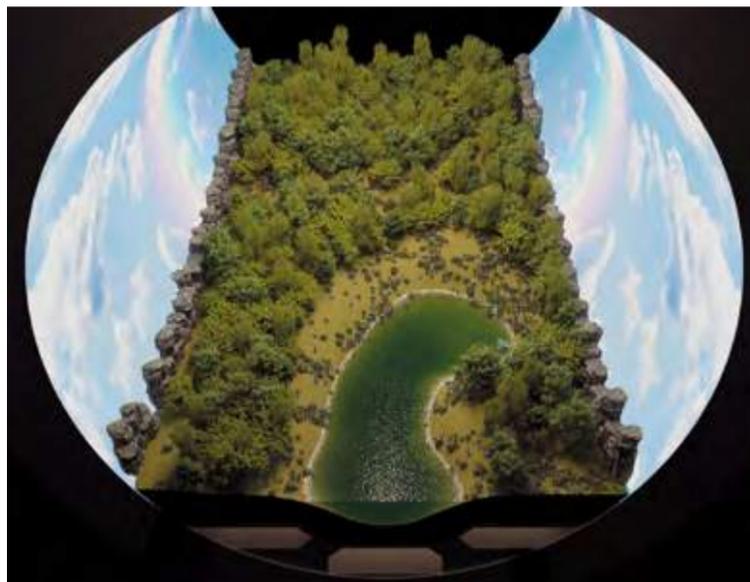


Рисунок 2 – Жилая (слева) и природная (справа) зоны тороидального ЭКД (визуализация)



Рисунок 3 – Жилые апартаменты ЭКД (варианты), оборудованные в гондолах ОТС (визуализация)

Защита от метеоритов и радиации. В космосе, как и на околоземной орбите, имеются метеоритная и радиационная опасности, защиту от которых существующие орбитальные станции в полной мере не обеспечивают. Например, капля воды при скорости 20 км/с в состоянии пробить танковую броню, а космическая радиация за несколько дней способна убить человека,

так как её уровень значительно выше, чем на аварийной Чернобыльской АЭС. Наиболее эффективной защитой от этих двух опасностей являются не сверхпрочные тонкостенные экраны, а толстые многослойные преграды, в качестве которых могут выступать и пеноматериалы, и многометровый слой почвы, находящейся внутри космического экодма, а также вода и воздух.

Составные элементы ЭкоКосмоДома. Конструктивная часть космического жилого кластера представляет собой пустотелую сферу, или цилиндр, или тор (рисунок 4), или их комбинации диаметром 200–500 м, вращающиеся вокруг своей оси. Для начальной раскрутки достаточно массивных космических поселений, которые возможно выполнить спаренными, расположенными на одной оси – либо рядом друг с другом, либо размещёнными друг в друге по принципу матрёшки. Тогда можно получить

любую окружную скорость с помощью электродвигателя, а не реактивного двигателя. При этом одна оболочка будет вращаться в одну сторону, а другая – в обратную.

Несущая оболочка космического дома выполнена из высокопрочных материалов и является его самой материалоемкой частью. Например, если создать её из композитных материалов, выпускаемых промышленностью уже сегодня, толщина несущей стенки такого огромного сооружения будет равна всего 3 мм. Самой материалоемкой

частью ЭКД станет противометеоритная и противорадиационная защита, а также слой почвы – их суммарная толщина может достигать десятка метров.

На внутренней поверхности оболочки, поверх пористой противометеоритной и противорадиационной защиты, следует насыпать слой живой плодородной почвы толщиной не менее метра, посадить леса, сады, луга со своими биогеоценозами, создать экосистемы водоёмов с пресной и морской водой.

Наклонную часть почвы, ближе к оси вращения, выполнить с горными пейзажами, ручьями и водопадами и соответствующими предгорными экосистемами. Воздух в космическом доме наполнен запахами цветов и полезными фитонцидами, благоприятное действие которых на организм человека не идёт в сравнение ни с какими лекарствами. Шума нет будет, только пение птиц и шорох листвы деревьев.

Ориентировочная масса материалов, необходимых для сооружения на орбите космического дома на 5 тыс. человек, составит около 500 тыс. тонн, в том числе:

- несущая оболочка – 2 тыс. тонн;
- противорадиационная и противометеоритная защита – 100 тыс. тонн;
- плодородная живая почва (экочернозём) – 200 тыс. тонн;
- вода (пресная и морская) – 100 тыс. тонн;
- воздух – 10 тыс. тонн;
- строительные материалы и конструкции, в том числе для жилищ внутри космического дома, – 50 тыс. тонн;
- прочее – 38 тыс. тонн.

Доставка с помощью ОТС всех материалов на орбиту для одного ЭкоКосмоДома обойдётся примерно в 500 млн USD (порядка 1000 USD/т). Материалы и вещества для него также будут стоить приблизительно 500 млн USD, на проведение строительно-монтажных работ будет затрачено около 1 млрд USD. Таким образом, космическое поселение на орбите, в котором смогут жить и работать до 5 тыс. человек, обойдётся примерно в 2 млрд USD, что, например, в 75 раз дешевле Международной космической станции, стоимость которой превысила 150 млрд USD [4].

Следовательно, на те денежные средства, которые израсходовало сегодня человечество на возможность нахождения на орбите до десятка астронавтов (в очень некомфортных и опасных для жизни условиях), с помощью ОТС можно построить 75 космических поселений на 375 тыс. жителей, которые будут жить и работать в значительно более комфортных условиях, чем на Земле.

Литература

1. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий.* – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. *Микрофлора окружающей среды и тела человека: учеб. пособие / Н.В. Литусов [и др.].* – Екатеринбург: Уральская государственная медицинская академия, 2008. – 28 с.
3. Шапиро, В.А. *Гетерогенная теория сотворения материи / В.А. Шапиро.* – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 104 с.
4. *Цена прогресса: 5 самых дорогих космических проектов [Электронный ресурс].* – Режим доступа: <http://www.rbc.ru/society/06/04/2011/5703e5c19a79473c0df1c7e6>. – Дата доступа: 21.05.2019.



Рисунок 4 – Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» с находящимся на нём тороидальным ЭкоКосмоДомом (визуализация)



УДК 327.7

Социально-политическая основа реализации программы SpaceWay

ПЕТРОВ Е.О. (г. Минск)



Рассмотрена актуальность программы SpaceWay в контексте достижения целей устойчивого развития, возможности и перспективы представления проекта SpaceWay в Организации Объединённых Наций, а также некоторые нормативно-правовые аспекты вопроса. Осуществлён анализ опыта международного сотрудничества в процессе реализации масштабных инфраструктурных проектов.

Ключевые слова:

SpaceWay, общепланетарное транспортное средство (ОТС), цели устойчивого развития.

В 70-е годы XX в. инженер А.Э. Юницкий, автор проекта SpaceWay, начал обосновывать необходимость индустриализации космоса. Его идея состоит в том, что экологические проблемы являются закономерным результатом развития технократической цивилизации, создавшей на Земле индустрию, вступившую в отношения неразрешимого антагонизма с биосферой планеты. «Кардинальный выход из сложившейся ситуации только один, – пишет А.Э. Юницкий, – необходимо предоставить техносфере экологическую нишу вне биосферы. Это обеспечит сохранение и развитие биосферы по тем законам и направлениям, которые были сформированы в течение миллиардов лет эволюции, а также гармоничное взаимодействие общности людей (как биологических объектов) с биосферой. Такой экологической ниши для техносферы на Земле нет. Но она есть в космосе, где для большинства технологических процессов идеальные условия: невесомость, глубокий вакуум, сверхвысокие и криогенные температуры, неограниченные сырьевые, энергетические и пространственные ресурсы и т. д. Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости индустриализации космоса, если в будущем земная цивилизация будет продолжать технологический путь развития» [1]. Данная идея явилась предпосылкой формирования программы SpaceWay, направленной на создание технологической основы

для масштабного освоения человечеством космического пространства. Этой основой должно стать разработанное А.Э. Юницким общепланетарное транспортное средство (ОТС).

«ОТС – это геокосмическая транспортная система многоразового использования для безракетного освоения космоса. ОТС позволит за один рейс выводить на орбиту порядка 10 млн тонн грузов и 10 млн человек, которые будут задействованы в создании и функционировании околоземной космической индустрии. За один год ОТС сможет выходить в космос 100 раз. На то, что способно сделать ОТС за один год, современной мировой ракетно-космической отрасли, в которую уже вложены триллионы долларов, потребуется порядка миллиона лет. При этом затраты на доставку каждой тонны полезного груза на орбиту будут в тысячи раз ниже, чем у современных ракетносителей» [1].

Получив, благодаря созданию ОТС, возможность вынести вредное производство за пределы биосферы, человечество сможет обеспечить необходимые условия для улучшения экологической, экономической и социальной



обстановки на долгосрочную перспективу, так как главная причина загрязнения окружающей среды – индустрия – будет находиться за её пределами. ОТС позволит сформировать новую объёмную нишу в производстве и научно-технической деятельности, открыть доступ к новым сырьевым и пространственным ресурсам и т. д. Реализация программы SpaceWay предполагает взаимодействие на международном уровне. В этой связи, наряду с научными, техническими и экономическими аспектами, возникает вопрос о социально-политической основе, способной объединить субъекты программы.

В современных словарях и энциклопедиях понятие «социум» является синонимом понятия «общество» и содержательно раскрывается как: 1) совокупность людей, объединённых исторически обусловленными социальными формами совместной жизни и деятельности; 2) круг людей, объединённых общностью положения, происхождения, интересов; 3) добровольное, постоянно действующее объединение людей для какой-либо цели; 4) организация,

союз людей, ставящих себе общие задачи. Понятие «политика» (греч. *politika* – искусство управления государством) трактуется как деятельность органов государственной власти и государственного управления, выражающая социально-экономическую природу данного общества, а также деятельность классов, партий, групп, определяемая их интересами и целями [2].

Исходя из этого, под социально-политической основой можно понимать центральный элемент ценностной системы, выступающей в качестве регулятора деятельности органов государственной власти и представляемых ею объединений людей, преследующих какие-либо общие цели.



Следовательно, поиск социально-политической основы реализации программы SpaceWay должен исходить из её целей, главной из которых на сегодняшний день, несомненно, является сохранение и улучшение экологической ситуации на планете. Данный приоритет находится в прямой корреляции с приоритетами, обозначенными Организацией Объединённых Наций как цели устойчивого развития, принятые 193 странами-членами ООН 25 сентября 2015 г.

«Цели в области устойчивого развития являются своеобразным призывом к действию, исходящим от всех стран – бедных, богатых и среднеразвитых. Он нацелен на улучшение благосостояния и защиту нашей планеты. Государства признают, что меры по ликвидации бедности должны приниматься параллельно усилиям по наращиванию экономического роста и решению целого ряда вопросов в области образования, здравоохранения, социальной защиты и трудоустройства, а также борьбе с изменением климата и защите окружающей среды» [3].

Документы ООН определяют 17 глобальных целей.

1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех её формах.
2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства.
3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.
4. Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех.

5. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек.
6. Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех.
7. Обеспечение доступа к недорогим, надёжным, устойчивым и современным источникам энергии для всех.
8. Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.
9. Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций.
10. Снижение уровня неравенства внутри стран и между ними.
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населённых пунктов.

12. Обеспечение рациональных моделей потребления и производства.

13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.

15. Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия.

16. Содействие построению миролюбивых и открытых обществ в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчётных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях.

17. Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизация работы механизмов глобального партнёрства в интересах устойчивого развития [3, 4].

Реализация программы SpaceWay может стать решающим фактором в достижении всех перечисленных целей. Она подразумевает создание множества дополнительных

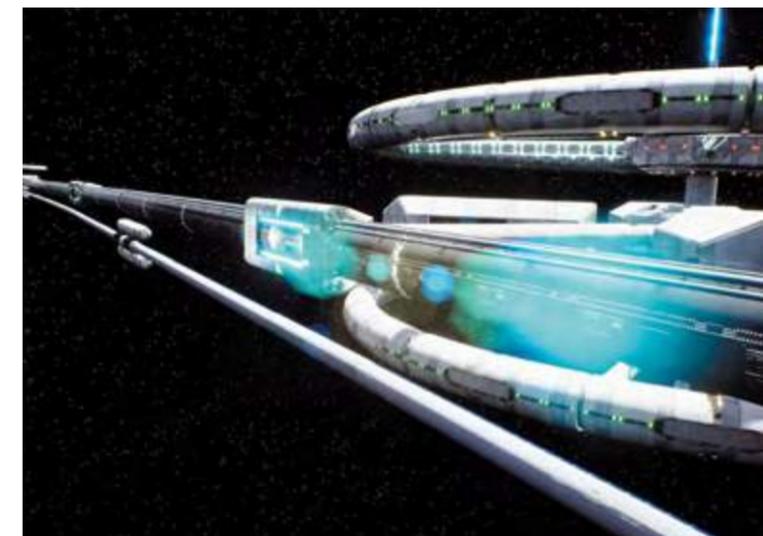
рабочих мест, в том числе в ряде наименее развитых стран [5] вдоль линии экватора, где будет возводиться стартовая эстакада ОТС, совмещённая с экваториальным линейным городом (ЭЛГ).

Программа обеспечит доступ к новым недорогостоящим источникам энергии, создаст условия экономического роста, станет основой формирования всеохватной инфраструктуры. Совершенно на иной качественный уровень перейдёт культура потребления и производства, вред от которых для окружающей среды постепенно должен свестись к минимуму. Экологический потенциал проекта – колоссален. Абсолютное большинство проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, изменением климата, сохранением лесов, океанов и биологического разнообразия, опустыниванием и деградацией земель можно будет решить. Таким образом, несомненным является глобальный потенциал программы SpaceWay и её соответствие приоритетам международного развития, зафиксированным в документах ООН. Следовательно, именно эта организация может на начальных этапах рассматриваться в качестве одной из составляющих социально-политической основы процесса реализации программы, а также выступать в качестве инструмента для осуществления целого ряда важных в контексте программы функций.

Как уже отмечалось, стартовая эстакада ОТС должна возводиться вдоль линии экватора, проходя через территории нескольких стран. При этом большая её часть

прокладывается по океану, что потребует большого количества согласований на международном уровне. Может возникнуть необходимость во внесении изменений либо дополнений в международные нормативно-правовые документы: например, в Конвенцию ООН по морскому праву или Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела. С этой целью необходимым видится создание некоммерческой организации-куратора проекта SpaceWay при ООН, которая в дальнейшем может войти в её структуру или действовать независимо в качестве лоббиста, обеспечивая необходимое взаимодействие между другими структурными единицами в составе ООН и государствами-членами, а также выступая в качестве посредника в контексте работы с научными учреждениями, производственными и коммерческими компаниями, задействованными в реализации проекта SpaceWay.

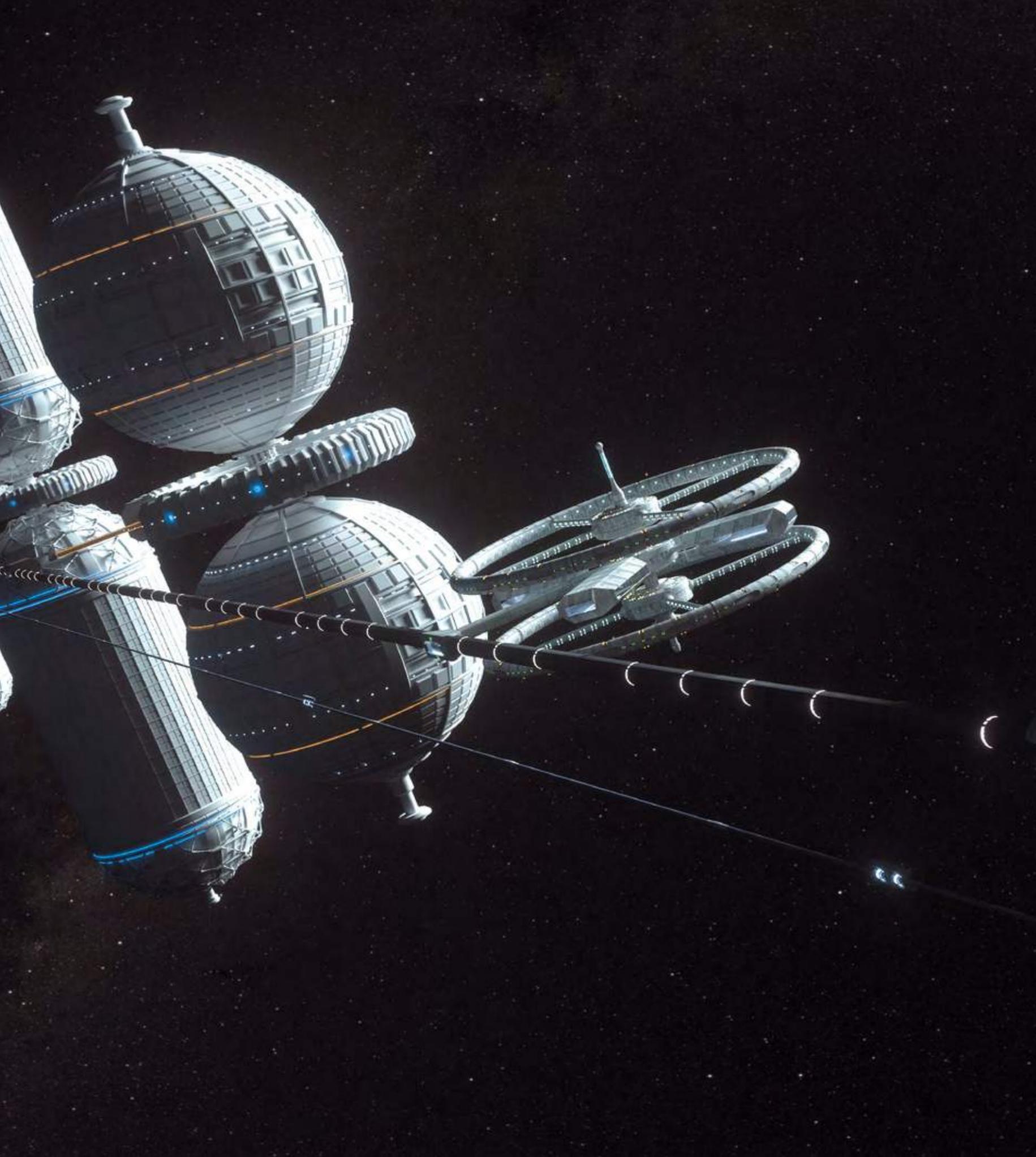
Наиболее вероятной формой организации финансирования и осуществления работы над программой SpaceWay на сегодняшний день видится государственно-частное партнёрство. Этот механизм ранее с успехом применялся в ряде крупных международных инфраструктурных и научных проектов, таких, например, как Евротоннель и Международная космическая станция (МКС). Последняя является самым дорогим на сегодняшний день международным научным проектом: с момента запуска в 1998 г. на сборку и обслуживание МКС израсходовано более \$150 млрд. В работе принимали участие сотни компаний, государственные структуры США, России, Канады, Японии, Италии, стран-членов Европейского космического агентства и Бразилии [6]. Естественно, что число участников программы SpaceWay окажется не меньшим, а затраты по предварительным оценкам составят порядка \$2,5 трлн. Однако с учётом того, что уже в первый год эксплуатации ОТС экономический эффект от реализации программы может составить \$1000 трлн [1], а в дальнейшем будет возрастать, привлечение к участию в программе международного сообщества представляется в обозримых временных рамках уже выполнимой задачей при условии планомерной проработки научно-технической, экономической, социально-политической и других её составляющих. В силу совпадения провозглашённых ООН целей устойчивого развития с целями SpaceWay, а также наличия у ООН определённого политического влияния на международном уровне, целесообразным представляется рассмотрение Организации Объединённых Наций в качестве одной из ключевых составляющих социально-политической основы реализации программы SpaceWay.



Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрэгс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Евелькин, Г.М. Социально-политическая ситуация как проблема познания: к концептуализации понятий и исследовательских подходов / Г.М. Евелькин // Социология. – 2014. – № 2. – С. 47–57.
3. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. // Генеральная Ассамблея ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R. – Дата доступа: 21.05.2019.
4. Цели ООН в области устойчивого развития / Организация Объединённых Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>. – Дата доступа: 21.05.2019.
5. Список ООН наименее развитых стран / Организация Объединённых Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/development/ldc/list.shtml>. – Дата доступа: 21.05.2019.
6. Международная космическая станция / Универсальная научно-популярная энциклопедия Кругосвет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/aviaciya_i_kosmonavtika/MEZHODUNARODNAYA_KOSMICHESKAYA_STANTSIIYA.html. – Дата доступа: 21.05.2019.





УДК 629.78

Мегапроекты индустриализации космоса: ракета, космический лифт, StarTram, общепланетарное транспортное средство

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), НАДЕЕВ И.И. (г. Санкт-Петербург)



Рассмотрены основные актуальные способы индустриализации околоземных орбит, описаны их сравнительные характеристики по следующим параметрам: теоретический КПД технологии, воздействие на планетарную экологию, удельная полезная нагрузка, стоимость вывода на низкие околоземные орбиты (НОО), годовая производительность, удельный грузооборот на одного землянина. Сделаны выводы о необходимых требованиях и критериях к оптимальному способу индустриализации околоземного космического пространства (с технологической, экологической и финансовой точек зрения) и к основанному на нём геокосмическому транспорту (ГКТ).

Ключевые слова:

*общепланетарное транспортное средство (ОТС),
космический лифт (КЛ), StarTram, звёздный трамвай,
неракетная индустриализация космоса, космическая пушка,
надувной лифт, ракета.*

За прошедшие с самого начала космической деятельности человечества 60 лет достигнуты значительные успехи в исследовании и использовании космоса для развития науки, решения задач в обороне, экономике, охране окружающей среды. За этот период преодолён рубеж становления космонавтики как полноценной сферы деятельности общества, затрагивающей не только национальные, но и глобальную экономики. При этом накопился ряд проблем и противоречий из-за отставания космической индустрии в переходе к новому технологическому укладу с эффективными и чистыми технологиями. Мы подошли к очередному рубежу, своеобразной вехе на пути в космос – самое время подвести итоги и оценить перспективы развития космонавтики, её влияния на земную цивилизацию в целях выживания и развития рода людского.

Этот рубеж предполагает выбор новой стратегии развития космонавтики, запускающей практическую реализацию сверхглобальных проектов освоения космоса, основанных на экологических технологиях – соответствующих или опережающих экологические нормы, не оказывающих вредного воздействия на окружающую среду, жизнь и здоровье людей, а также обладающих свойствами рационального потребления природных ресурсов [1]. Каждый из таких мегапроектов нацелен на обеспечение безопасности и развития человечества на Земле и вне её, а также на освоение внеземных ресурсов и объектов, создание орбитальных и космических поселений, космической цивилизации.

Определяя стратегию развития космонавтики, важно не ошибиться не только в инструментарии – технологиях, лежащих в основе того или иного мегапроекта, – но и в выборе приоритетов: освоение околоземных орбит, Луны или Марса. Для каждого из сверхглобальных мегапроектов (выходящих за пределы Земли, социального пространства человечества и планетарных связей) напрашивается проверка на экологичность и техническую состоятельность: мегапроекты варьируются от больших пушек (в том числе ядерных) до лазерного запуска, от рампы электромагнитного ускорителя до космического лифта. Комплексно подобная научная оценка всех известных и перспективных геокосмических транспортных систем для освоения околоземного космического пространства была дана ещё более 20 лет назад в работах инженера А.Э. Юницкого [2], в которых кроме прочего показана бесперспективность ракетного вектора индустриализации космоса, широко-масштабного освоения Луны и Марса.

Цель данной статьи состоит в изучении возможных способов масштабного освоения околоземных орбит, оценке возможности их реализации сегодня и перспек-



тивности их применения в будущем. Затраты на подобные мегапроекты являются весьма спекулятивными, и затраты на запуск ракет могут не включать государственную субсидируемую инфраструктуру запуска, поэтому в работе не приводятся никаких прямых сравнений стоимости. Методологическую основу составляют научные исследования отечественных и зарубежных учёных по данной проблематике.

Начнём обзор с имеющегося сегодня у человечества единственного «космического багажа» – **ракетносителя**: на протяжении последних 60 лет движущей силой в космонавтике являются только термохимические реактивные двигатели, которые на шкале тяговых космических систем являются наиболее примитивными [3].

Запуски российских ракет «Протон» с Байконура вызывают ионосферную турбулентность над территорией Горного Алтая, а также снижение вертикальной составляющей геомагнитного поля. Вследствие этого галактические

космические лучи и высокоэнергетические электроны из радиационного пояса Земли вторгаются в атмосферу. При взаимодействии с плотной атмосферой они порождают рентгеновские лучи, способные проникать ещё ближе к поверхности Земли. Учитывая, что при старте космических аппаратов происходит образование не только озоновых, но и ионосферных «дыр», то трасса полёта ракеты по своей сути служит коридором для проникновения высокоэнергетических частиц к поверхности Земли с сильнейшим негативным воздействием на живые организмы.

Ракетный способ освоения околоземных орбит наносит огромный вред экологии планеты: гибнет скот – четвероногие травятся травой, на которую оседают продукты сгорания ракетного топлива, по этой же причине гибнет растительность; кислотные дожди, выпадающие по курсу следования космических аппаратов, губят флору и фауну планеты. Запуски ракет влияют и на климат планеты: на высотах 15–50 км происходит разрушение озоносферы

продуктами сгорания топлива ракетных двигателей. Этот слой атмосферы защищает всё живое на Земле от ультрафиолетового излучения Солнца, поэтому увеличение количества больных раком кожи связывают с истончением озонового слоя. Кроме того, в «Протоне» в качестве топлива используется высокотоксичный и мутагенный гептил (650 тонн), в четыре раза более ядовитый, чем, например, синильная кислота. Топлива с одной заправки «Протона» достаточно, чтобы отравить всё современное человечество, все 7,7 млрд людей.

Вслед за запуском ракетносителя проходит волна повышения циклонической активности и резко падает атмосферное давление у земной поверхности, в среднем на 10–15 мм рт. ст. Причём последствия регистрируются на огромных территориях в миллионы квадратных километров. В результате эти воздействия каждый раз порождают не менее двух дополнительных мощных атмосферных циклонов. Каждый старт ракеты создаёт в ионосфере планеты коридор с малой электронной концентрацией. «Случайная» функция запусков, их различные мощность и географическое положение пусковых площадок (общее число пусков за годы освоения космоса уже превысило величину 5800) создают волноводы для перекачки сейсмической энергии в ионосферу и космических, и солнечных потоков в земную кору. Весь этот комплекс негативных влияний приближает нас к точке невозврата, когда биосферу планеты будет невозможно восстановить [4].

Кроме всего прочего, глобальную проблему создают и отходы деятельности современной космонавтики – космический мусор, который выступает не столько в роли отражателя части солнечного света, сколько, нагреваясь, способствует дополнительному прогреву верхних частей атмосферы. Фактически с помощью ракет за 60 лет космической эры создана мусоросфера Земли с количеством крупных (размером более 10 см), средних (размером от 1 см до 10 см) и мелких (размером от 1 мм до 1 см) обломков, соответственно: 34 тыс., 900 тыс. и 128 млн штук [5]. Даже небольшой сантиметровой обломок при скорости 8 км/с способен пробить танковую броню толщиной в полметра, не говоря уже о тонкой обшивке любого типа космического аппарата, с которым может столкнуться на орбите (это касается каждого из рассматриваемых в данной статье мегапроектов). Следовательно, весь этот мусор представляет серьёзную опасность для будущей космической индустрии. Сегодня на орбитах высотой 200–5500 км скопилось более 10 тыс. тонн мусора, что составляет более 1 % от общей массы газа в верхней атмосфере. Данная проблема требует скорейшего решения, иначе она сформирует тупик в будущей индустриализации космоса.

С другой стороны, ракетные технологии достигли вершины своего технического совершенства, при этом ракетная космонавтика так и не стала широкодоступной для общего потребления, для использования в народном хозяйстве планеты Земля. Можно сделать вывод, что ракетносители не подходят для индустриализации космоса – слишком дороги в эксплуатации и вредны для экологии. Ввиду этого назрела необходимость в рассмотрении иных способов индустриализации космоса.

Космический лифт (КЛ) представляет собой сверхпрочный самонесущий трос, расширяющийся кверху, длиной порядка 100 000 км (для варианта с космической станцией в качестве противовеса), одним концом закреплённый на поверхности Земли, а вторым – на геостационарной орбите за противовес (рисунок 1). Для того чтобы трос постоянно находился в состоянии натяжения, ему необходим противовес, в качестве которого может выступить космическая станция или астероид [6]. Грузы на орбиту поднимаются «альпинистом» – специальным подъёмником, который в лучшем случае будет находиться в пути 11 суток (в одну сторону).

На первый взгляд данный мегапроект привлекает относительной простотой и лёгкостью исполнения, однако проблемы кроются в деталях.



Рисунок 1 – Схема космического лифта

1. Трос лифта по своей инженерной сути представляет собой очень длинную и гибкую «бельевую верёвку», поперечную нагрузку на которую создаёт не вес белья, а сила Кориолиса от движущейся кабинки лифта.

При построении математической модели космического лифта, учитывающей возможность изгиба троса и конструктивные особенности механизма подъёмника (рисунок 2), становятся очевидными колебания троса со всё возрастающими во времени амплитудами (на рисунках 3–4 [7] показаны соответствующие графики зависимости углов α_1 и α_2 от времени), приводящими к раскачке космического лифта – не только от самого движения подъёмника, но и по мере увеличения массы поднимаемого груза.

Эти явления обусловлены действием силы Кориолиса (и силой инерции Кориолиса, растущей пропорционально массе груза), которая стремится отклонить трос от местной вертикали. Стоит отметить, что масса груза для космического лифта имеет верхний предел – её увеличение смещает центр масс лифта к Земле. В случае если расстояние между центрами масс Земли и лифта станет меньше критического значения, то лифт попросту упадёт на Землю [8]. Исходя из этих ограничений, годовая производительность космического лифта не может быть высокой – она оценивается в величину не более 5000 т/год, т. е. того же порядка, что и у ракетносителей.

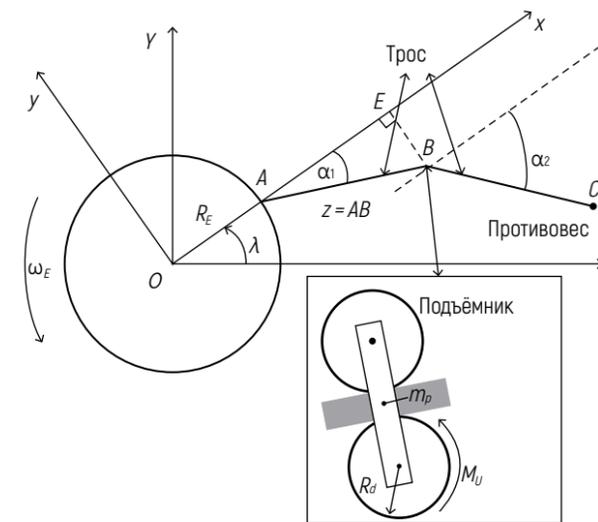


Рисунок 2 – Механическая система космического лифта

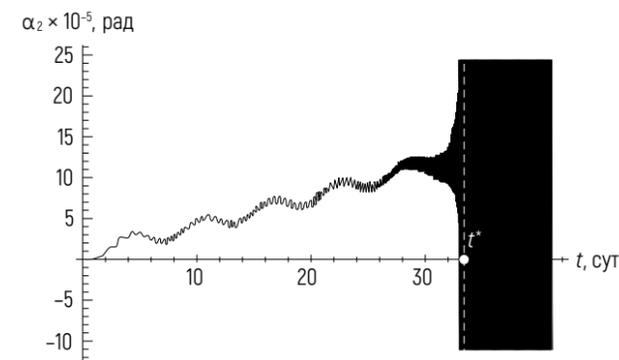
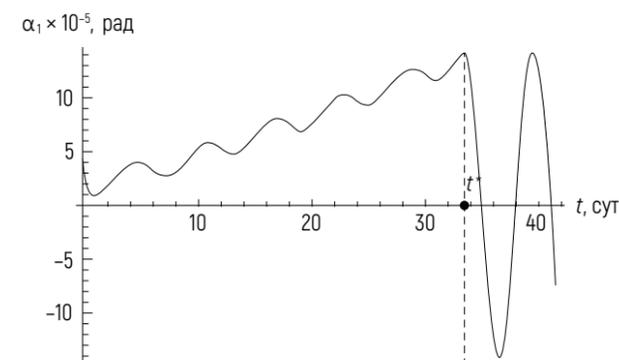


Рисунок 3 – График колебаний углов α_1 и α_2

2. Поскольку скорость движения лифта не может быть высокой, то даже при скорости 100 м/с (360 км/ч)

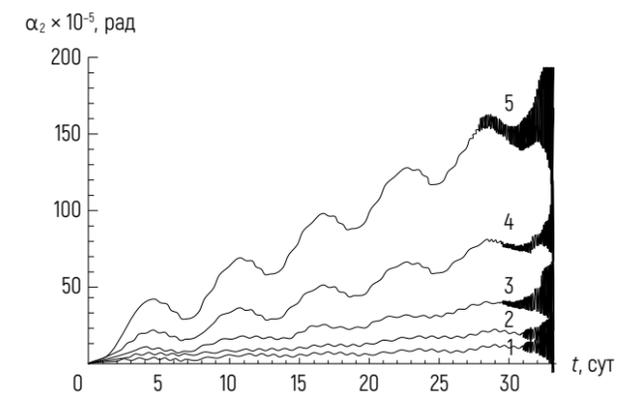
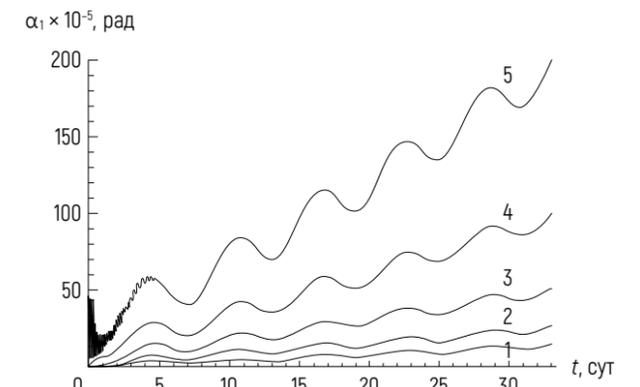


Рисунок 4 – График изменения координат α_1 и α_2 для различных масс груза

путешествие в одну сторону займёт более 11 суток, что резко сокращает привлекательность данного типа геокосмического транспорта (ГКТ) для перевозок пассажиров – за этот срок человек получит смертельную дозу радиации при прохождении через поля Ван Аллена [9]. Кроме этого, космическое излучение может приводить и к ухудшению конструктивов самого лифта, появлению дефектов и даже обрыву каната.

3. Поскольку сила тяги подъёмника должна превышать его вес, то при скорости в 100 м/с для движения вверх небольшого 10-тонного модуля потребуется подводить к нему мощность, превышающую 10 МВт, т. е. как у высокоскоростного поезда. На Земле к нему достаточно легко подвести электричество, протянув вдоль трассы высоковольтную линию электропередач, смонтировав через 20–30 км многотонные понижающие подстанции и снабдив всю дорогу контактной сетью. Однако в случае с космическим лифтом все эти электрические коммуникации общей массой в сотни тысяч тонн будут висеть на несущем канате, и без того

усложняя конструктив и задачу строительства объекта, длина которого может превысить протяжённость всей сети железных дорог России.

4. По своей сути КЛ является однопутной железной дорогой крайне низкой производительности – образно говоря, чтобы доставить космическую продукцию обратно на Землю, нужно дождаться последнего вагона, идущего с поверхности планеты.

5. Передача мощности в 10 МВт вдоль лифта по проводам на расстояние в десятки тысяч километров приведёт к огромным потерям энергии. По этой причине для запитки КЛ энергией разумнее было бы применить беспроводные средства передачи энергии или использовать локальные средства производства энергии. Например, за счёт солнечного излучения или атомной энергетики, но в настоящее время не существует готовых решений для КЛ.

6. Поскольку окружная скорость груза, доставляемого в космос, соответствует первой космической только на одной орбите – геосинхронной (высота 35 786 км) с орбитальной скоростью 3,07 км/с (первая космическая на этой высоте), то груз не может быть доставлен на более низкие орбиты – он или упадёт обратно на планету, или перейдёт на эллиптические орбиты с низким перигеем.

7. Космический лифт, масса которого составит миллионы тонн, придётся строить не от Земли в космос, а из космоса к Земле, поэтому без ракет здесь не обойтись. По самым скромным подсчётам доставка в космос только материалов для строительства лифта обойдётся в сумму более 10 трлн USD. При этом срок его строительства может растянуться на тысячи лет (исходя из суммарной предельной грузоподъёмности запущенных в 2018 г. ракет – 1082 тонны) [10, 11, 12].

8. Сверхпрочный материал для троса пока не изобретён – не подходят даже углеродные нанотрубки, считающиеся на сегодняшний день самым прочным материалом.

Вывод. Концепция космического лифта не выдерживает обоснованную критику по критериям функциональности, производительности, срокам строительства, надёжности конструкции и стоимости.

Надувной лифт для отправки в космос космических аппаратов (КА) и кораблей предлагает миру канадская компания Thoth Technology (рисунок 5) [13]. Башня Thoth высотой 20 км (при ширине 230 м) является прототипом космического фонтана и состоит из армированных надувных секций с внутренним лифтом. Основным предназначением башни станет запуск КА с её верхней части (башня тем

самым заменяет первую ступень ракетносителя, сокращая её затраты на треть), а также для посадки и дозаправки.

Для обеспечения динамической устойчивости сооружения от ветровой нагрузки предполагается использование системы маховиков, которые будут действовать в качестве компрессоров для конструкции: смогут регулировать давление и вращение, компенсировать любой изгиб башни и будут держать её в фиксированном состоянии всё время.

Основной недостаток надувного лифта заключается в том, что он представляет собой активную структуру и поэтому требует постоянного подвода энергии, иначе

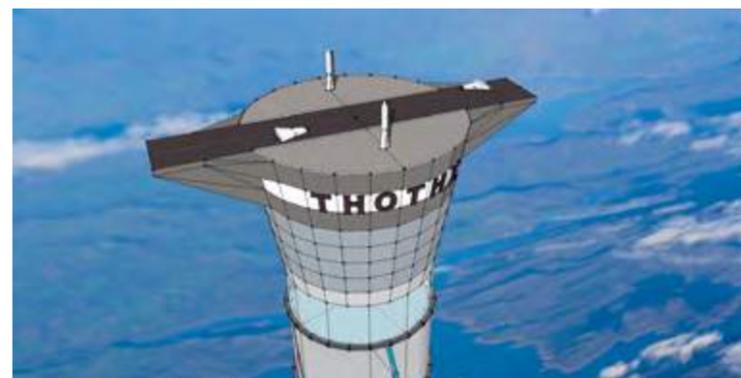


Рисунок 5 – Схема надувного лифта Thoth Technology

конструкция, в полном соответствии с законами физики, рухнет на Землю (хоть и не сразу, а через несколько часов без энергопотребления). Несмотря на то что существуют все материалы и технологии, необходимые для строительства данного мегапроекта, сам он по сути выступает в качестве надувного костыля для хромающей на обе ноги современной космонавтики: вроде и есть, да опереться невозможно.

Космическая пушка, которую иногда называют пистолетом Жюль Верна (из-за его появления в романе «От Земли до Луны»), является методом запуска объекта в космическое пространство с использованием большого пистолета или пушечной конструкции [14]. Этот способ имеет несколько не лучшие характеристики.

1. Гиперскорость снаряда (порядка 10 км/с) при прохождении плотных слоёв атмосферы приведёт к образованию мощных ударных волн, значительным потерям энергии и интенсивному обгоранию снаряда (поэтому он должен вылетать с более высокой скоростью, чем первая космическая).

2. Короткий ствол. Даже при длине ствола в 10 км снаряд будет разгоняться всего около 2 с с ускорением порядка 5000 м/с² (500 g), поэтому не каждый груз выдержит подобную перегрузку (рисунок 6) [15]. При этом мощность такой пушки должна быть порядка 50 млн кВт на каждую тонну груза, выводимую в космос.

3. Вектор движения груза при выстреле не отвечает ни одной круговой орбите. Следовательно, движение снаряда необходимо будет корректировать с помощью реактивного двигателя, иначе снаряд либо упадёт обратно на Землю, либо улетит в космическое пространство (если будет выпущен со скоростью выше второй космической).

Как видно, подобный способ не только негативно воздействует на атмосферу (акустически, химически и в тепловом аспекте), но и большинство грузов попросту может сгореть из-за аэродинамического нагрева или будет разорвано аэродинамическим сопротивлением. Кроме этого, данный способ не подходит для создания космического человечества – организм людей совсем не приспособлен к перегрузке в 500 g.

Звёздный трамвай (StarTram), как и несколько схожих с ним идей (электромагнитная катапульта, орбитальная пушка), основаны на запуске в космос объектов посредством электромагнитно ускоренного «выстрела» из огромного орудия, с передачей достаточной скорости, чтобы «снаряд» в полёте использовал минимум топлива и нёс максимум груза.

StarTram – это вакуумированная пусковая труба с окном из плазмы на конце и длиной в 1500 км (для системы поколения 2, допускающего пассажирские перевозки, – перегрузка в 3 g), которая магнитно поднимается над поверхностью Земли, вплоть до высоты 22 км. Пусковая труба левитирует благодаря силе магнитного отталкивания, возникающей между сверхпроводящими кабелями, прикреплёнными к трубе, и кабелями, закреплёнными на Земле. Эти силы поднимают пусковую трубу диаметром 7 м, стабилизированную как вертикально, так и горизонтально от воздействия суммарной направленной вверх магнитной силы и сил ветра, с помощью оттяжек, закреплённых на Земле. Внутри пусковой трубы движется космический аппарат многоцелевого использования StarTram, который левитирует на магнитах и ускоряется почти до орбитальной скорости в вакуумированном туннеле (рисунок 7) [16].



Рисунок 6 – Схема космической пушки со стартом из воды

Данный проект имеет следующие основные недостатки.

1. Сложность возведения пусковой вакуумированной трубы, основание которой будет испытывать значительные усилия, вызванные собственным весом и ветровой нагрузкой на весь стартовый туннель, левитирующий до высоты 22 км. Например, нижние километры туннеля будут испытывать сжатие от атмосферного давления в 10 т/м², поэтому он будет достаточно массивным – как сверхтяжёлый железнодорожный состав массой в десятки тысяч тонн,

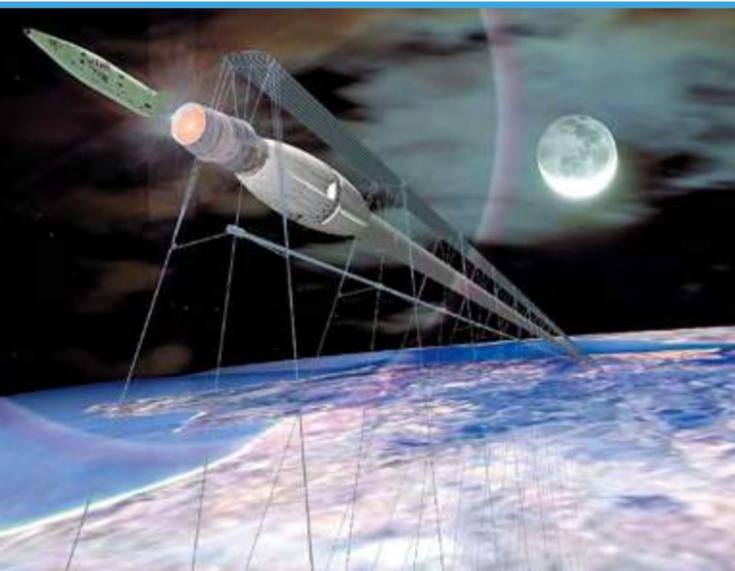


Рисунок 7 – Схема звёздного трамвая поколения 2

который к тому же должен левитировать не на высоте в несколько сантиметров от путевой структуры, а на высотах во многие километры.

2. Сопротивление воздуха в нижних слоях атмосферы потребует жаростойкого исполнения оболочки «снаряда», что значительно снизит величину его полезной нагрузки, причём выход гиперскоростного снаряда из вакуумированного туннеля в атмосферу с инженерной точки зрения практически нереализуем.

3. Для воссоздания магнитной левитации такого объекта необходим источник питания с чудовищной силой тока в 280 МА, плюс более «слабый» ток в 14 МА, который должен быть направлен в противоположном направлении по поверхности трубы, поэтому дополнительно необходимо использовать высокотемпературные сверхпроводники.

Вывод. Такая система обещает удельный годовой грузооборот всего в 15 г на каждого землянина. У пассажира, помещённого в электромагнитную катушку такой мощности на столь продолжительное время, может спровоцироваться потеря памяти и летальный исход.

Общепланетарное транспортное средство (ОТС) – это геокосмический транспортный комплекс многоразового использования для безракетного освоения ближнего космоса. ОТС способно за один рейс выводить на орбиту порядка 10 млн тонн грузов и 10 млн человек. За один год ОТС сможет выходить в космос до 100 раз, при удельных затратах на доставку полезного груза на орбиту менее 1000 USD/т (рисунок 8) [17].

Это единственно возможный обратимый ГКТ с двусторонним грузопотоком – он как взлетает, так аналогично и садится обратно на планету, в то время как другие геокосмические транспортные системы осуществляют спуск груза торможением капсулы в земной атмосфере (кроме космического лифта).



а)



б)

Рисунок 8 – Визуализация общепланетарного транспортного средства: а) во время взлёта с эстакады (слева), б) во время пристыковки к космическому индустриальному ожерелью «Орбита» с находящимися на нём тороидальными ЭкоКосмоДомами (справа)

Данный геокосмический летательный аппарат использует для выхода в космос только свои внутренние силы и имеет с позиций физики один-единственный возможный вариант исполнения: три кольцевые структуры – корпус и два ленточных маховика, охватывающие планету в плоскости экватора. Кольцевые структуры имеют возможность вращаться вокруг планеты и относительно друг друга со скоростями, превышающими первую космическую, причём маховики движутся в вакуумированных каналах. Они также могут удлиняться при увеличении диаметра в процессе выхода на орбиту (на 1,57 % на каждые 100 км подъёма), имеют по своей длине линейные приводы, способные разгонять и тормозить их относительно друг друга.

У данного проекта технологических недостатков обнаружить не удалось. Из прочих необходимо отметить его планетарную масштабность, вследствие которой придётся не только садиться за стол переговоров практически всем странам мира, но и менять достаточно много действующих международных правовых актов (Договор о космосе, Конвенция по морскому праву и др.).

Наиболее важные характеристики представленных в обзоре мегапроектов, позволяющие обозначить основные требования к оптимальному ГКТ для планеты Земля, сведены к табличному виду (таблица).

По результатам исследования можно сформулировать основные выводы о необходимых требованиях и критериях к оптимальному ГКТ (с инженерной, экологической и финансовой точек зрения).

1. Человечеству для перехода к очередному этапу освоения космоса крайне необходим технологически состоятельный сверхглобальный проект, основанный на экологических технологиях – отправная точка для устойчивого развития нашей технократической цивилизации, которая не сможет отказаться и в будущем от индустриального вектора своего развития. Успешная реализация любого сверхглобального проекта возможна лишь при переходе к новому технологическому укладу, с принципиально новыми эффективными и чистыми технологиями.

2. Для успешной индустриализации космоса космическая индустрия должна быть размещена на низких круговых орбитах в плоскости экватора, а не на Луне или на Марсе. Сам ГКТ должен обеспечивать годовую грузоёмкость в миллионы, а в перспективе и в миллиарды тонн – космическая индустрия по своим масштабам должна быть соизмерима с земной. Только система с использованием внутренних сил может обеспечить такие грузо- и пассажиропотоки без какого-либо негативного воздействия на биосферу планеты, микроскопической частью которой

Таблица – Сравнение основных способов индустриализации околоземных орбит

Способ индустриализации околоземных орбит	Удельная полезная нагрузка, т (пасс.)	Оценочная стоимость вывода на НОО, USD/т	Годовая производительность, т	Будущий грузооборот на одного землянина, кг/чел. в год	Максим. теоретический КПД технологии, %	Нагрузка на пассажира (перегрузка), м/с ²	Уровень готовности технологии*
1. Ракетоноситель	118 (6)	3 000 000	2000	0,0003	2	90	9
2. Космический лифт	18 (10)	400 000	5000	0,0006	90	10	4
3. Надувной лифт	40 (0)	2 300 000	15 000	0,002	90	30	2
4. Космическая пушка	0,45 (0)	500 000	50 000	0,007	7	5000	6
5. Звёздный трамвай (StarTram)	35 (0)	200 000	150 000	0,02	90	30	3
6. ОТС	10 000 000 (10 000 000)	≤ 1000	≥ 100 000 000	≥ 100	99	2	5

* 1 – базовые принципы; 2 – примерная концепция; 3 – теоретическое доказательство; 4 – лабораторные тесты; 5 – практические испытания подсистем; 6 – демонстрационный прототип; 7 – действующий прототип; 8 – успешные испытания; 9 – успешная эксплуатация.

является само человечество (масса всех людей на планете составляет около 1/50 000 от массы живого вещества).

3. При создании внеземной индустрии должны соблюдаться физические законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса и движения центра масс системы), а ГКТ – работать лишь на внутренних силах системы, без каких-либо механических и энергетических взаимодействий с окружающей средой в процессе перевозок, в том числе без механических взаимодействий с атмосферой планеты и её озоновым и ионосферным слоями.

4. ГКТ должен одновременно обеспечивать перевозку не только грузов, но и пассажиров в обоих направлениях. При этом ускорение при разгоне должно быть комфортным для пассажиров и грузов и не превышать $1,5 \text{ м/с}^2$, для чего время выхода на низкие круговые орбиты должно составлять не менее 1,5–2,5 ч. Из чего следует, что путь разгона в условиях Земли должен быть значительным – более 20 000 км, т. е. он должен быть свёрнут в кольцо.

5. Мощность двигателя ГКТ в пересчёте на тонну груза должна быть относительно невысокой, порядка 100 кВт, на уровне относительно недорогого легкового автомобиля (можно представить себе, сколько стоил бы автомобиль

с мощностью двигателя в 1 000 000 кВт/т, как у космической ракеты?), при этом для своей работы он должен использовать наиболее экологически чистую энергию – электрическую.

6. Сам ГКТ должен быть выполнен не как стационарное сооружение, а как самонесущий летательный аппарат с теоретическим КПД, близким к 100 %, который можно смонтировать относительно недорого на поверхности Земли, а не в космосе, как, к примеру, космический лифт.

Из всех представленных в данном обзоре ГКТ отвечает всем этим шести требованиям лишь ОТС: за счёт внутренних сил – по экологии; из-за бесконечного пути разгона – по комфортности подъёма человека на орбиту; из-за громадного сечения продуктопровода (в космос выходит не поперечным размером, относительно небольшим, а всей своей длиной, равной 40 000 км) – по высокой производительности и т. п. Его и можно считать наиболее перспективным, эффективным и основанным на чистых природных технологиях мегапроектом по индустриализации околоземного космического пространства. Остальные же представленные в исследовании способы ведут в космический тупик.



Литература

1. Кричевский, С.В. Перспективы космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии / С.В. Кричевский // Воздушно-космическая сфера. – 2018. – № 1. – С. 6–15.
2. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотриба, 1995. – 337 с.: ил.
3. Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники: материалы 51-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 01 сентября 2016 г. – СПб.: Эйдос, 2016. – 465 с.
4. Михайлов, В.П. Ракетные и космические загрязнения: история происхождения / В.П. Михайлов – М.: Издательство Института истории естествознания и техники РАН, 1999. – 227 с.
5. Space debris by the numbers / European Space Agency (ESA) [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers/. – Date of access: 01.05.2019.
6. Edwards, Bradley C. The Space Elevator / NASA Institute for Advanced Concepts [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.niac.usra.edu/files/studies/final_report/472Edwards.pdf/. – Date of access: 01.05.2019.
7. Ледков, А.С., Пикалов, Р.С. Исследование влияния движения подъёмника на динамику космического лифта / А.С. Ледков, Р.С. Пикалов // Наука и образование. – 2014 – № 5. – С. 206–214.
8. Aslanov, V.S. Dynamics of space elevator after tether rupture / V.S. Aslanov, A.S. Ledkov, A.K. Misra, A.D. Guerman // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. – 2013. – Vol. 36, No. 4. – P. 986–992. DOI: 10.2514/1.59378.
9. Less radiation in inner Van Allen belt than previously believed / Los Alamos National Laboratory [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.lanl.gov/discover/news-release-archive/2017/March/03.20-less-radiation-in-van-allen-belt.php>. – Date of access: 12.05.2019.
10. Космический лифт / Материал из Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Космический_лифт/. – Дата доступа: 12.05.2019.
11. Declining costs to enter orbit / Lifeboat Foundation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://lifeboat.com/blog/2017/05/2-3/>. – Date of access: 12.05.2019.
12. Список космических запусков в 2018 году / Материал из Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_космических_запусков_в_2018_году/. – Дата доступа: 12.05.2019.
13. Соловьёв, В. Космический лифт / Spacegid.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spacegid.com/kosmicheskiy-lift.html> – Дата доступа: 16.05.2019.
14. Space gun / Wikipedia [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_gun/. – Date of access: 15.05.2019.
15. Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов и каких-либо ограничений для их заимствования.
16. StarTram / Wikipedia [Electronic resource]. – Mode of access: <https://en.wikipedia.org/wiki/StarTram/>. – Date of access: 16.05.2019.
17. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.

Создание математической модели общепланетарного транспортного средства: разгон маховиков, прохождение атмосферы, выход на орбиту

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), ШАРШОВ Р.А., АБАКУМОВ А.А. (г. Новосибирск)



Рассмотрены основные способы расчёта модели общепланетарного транспортного средства (ОТС), которые можно применить на начальном этапе. В первую очередь приводятся общие аналитические методики, а также необходимые параметры ОТС (функция скорости; силы, действующие на ОТС при взлёте, и др.), затрагивается вопрос затрат полной механической энергии ОТС и необходимой мощности электродвигателей на разгон ротора на Земле. Как альтернатива аналитическим методам приводится конечно-элементная схема модели ОТС (с возможными параметрами, взятыми из аналитического расчёта), анализируется поведение модели при взлёте и выходе на заданную орбиту.

Ключевые слова:

конечно-элементный анализ, расчётная модель, общепланетарное транспортное средство (ОТС), маховик ОТС, управление сбросом балласта, КПД линейного двигателя.

Конечно-элементный анализ – современная передовая методика для расчёта всех возможных конструкций и процессов, протекающих в них. То, что раньше требовало многих часов работы для анализа какого-либо процесса, сейчас не вызывает особых сложностей у профессионалов, которые занимаются подобными расчётами. Суть конечно-элементного расчёта заключается в том, что модель или процесс дискретизируется по элементам или по времени соответственно. Либо проводится совместный расчёт дискретной модели по времени с учётом инерционной составляющей, как в данной статье. В целом конечно-элементный анализ даёт результаты, которые сходятся с реальными моделями с точностью до 5% для статического расчёта и 10% – для динамического. Точность полученных результатов напрямую зависит от детальности проработки расчётной модели.

В настоящей статье рассматривается модель общепланетарного транспортного средства (ОТС), вариант конструкции которого представлен на рисунке 1 [1]. Авторами смоделировано динамическое поведение при наборе скорости, «отпускание» конструкции и подъём на заданную орбиту с первой космической скоростью для этой орбиты. Кроме того, выполнен совместный расчёт в комплексе программного обеспечения ANSYS (конечно-элементная модель) и Mathcad (дифференциальные уравнения поведения конструкции на различных этапах работы). В целом

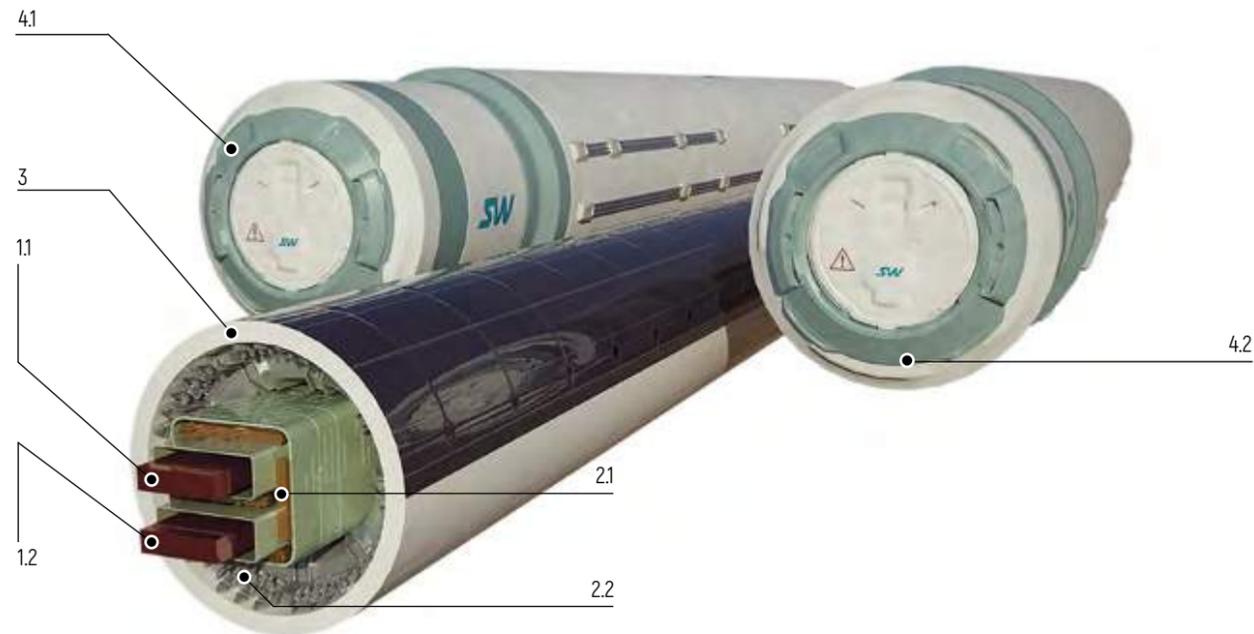


Рисунок 1 – Конструкция ОТС: ленточные маховики 1.1 и 1.2; системы привода 2.1 и 2.2, находящиеся внутри корпуса 3; внешние отсеки (капсулы) 4: пассажирские 4.1 и грузовые 4.2 (визуализация)

модель представляет из себя три неразрывно связанные по вертикальной оси (в полярной системе координат) ленты с заданными свойствами: две ленты имитируют маховики и третья лента – корпус ротора.

Дискретизация модели представлена схематично на рисунке 2.

Конструкции маховиков и оболочки соединяются с помощью контактной пары типа No Separation (с нулевым трением, без возможности отрыва), что исключает взаимовлияние маховиков друг на друга, но при этом позволяет подниматься совместно под влиянием центробежной силы.

На систему действуют несколько сил, все они отображены на рисунке 3: F_1, F_2 – силы упругости, объединяющие схему в общую конструкцию, G – сила притяжения Земли, Q – сила сопротивления атмосферы, F – равнодействующая сил F_1 и F_2 , $\dot{\varphi}$ – угловая скорость ротора, φ – угол поворота рассматриваемой системы относительно оси координат, ω_p – угловая скорость Земли (начальная скорость вращения корпуса), δ – центральный угол дуги, \dot{r} – радиальная скорость ротора и оболочки, r – текущий радиус орбиты ротора, R – радиус Земли.

Основная задача, решаемая в приведённой работе – оптимизация масс маховиков и корпуса ротора из условия определения оптимального КПД и стабилизации на заданной орбите.

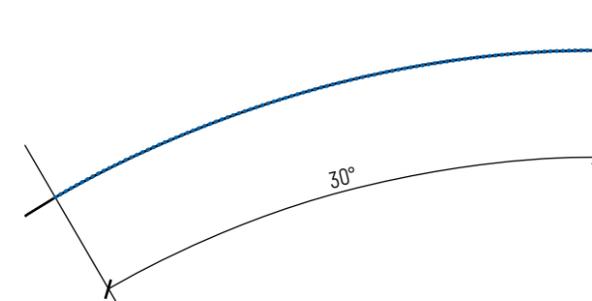


Рисунок 2 – Количество точек на поверхности сектора с внутренним углом 30°. Общая дискретизация модели – 1000 точек на каждую ленту

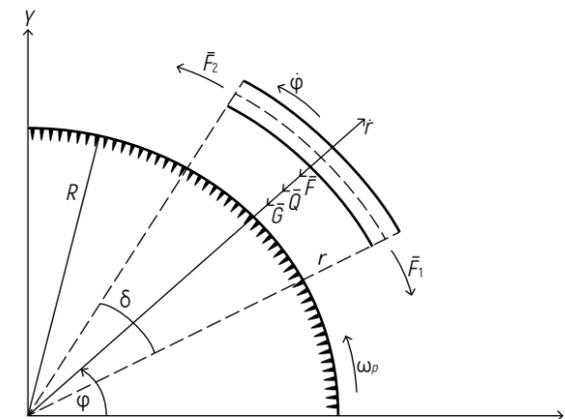


Рисунок 3 – Схема действия сил на сегмент ОТС

Параметры, используемые в решаемой задаче

Постоянные параметры:

$G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{ м}^3\text{с}^{-2}\text{кг}^{-1}$ – гравитационная постоянная;

$M_{\text{Earth}} = 5,9723 \times 10^{24} \text{ кг}$ – масса Земли;

$V_{1,e} = 465,1 \text{ м/с}$ – линейная скорость вращения Земли на экваторе;

$R_e = 6378,137 \text{ км}$ – экваториальный радиус Земли;

$R_p = 6356,752 \text{ км}$ – полярный радиус Земли;

$T_e = 86161,54933185 \text{ с}$ – период обращения Земли вокруг своей оси;

$\rho_0 = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – плотность атмосферы на поверхности Земли;

$V_1 = \sqrt{\frac{G \times M_{\text{Earth}}}{R_e + 415}} = 7660,045 \text{ /}$ – первая космическая скорость для круговой орбиты высотой 415 км.

Задаваемые параметры:

$E_{el} = \begin{pmatrix} 206 \\ 206 \\ 137,3 \end{pmatrix} \text{ ГПа}$ – модули упругости элементов ОТС;

$S_{el} = \begin{pmatrix} 0,057 \\ 0,026 \\ 0,064 \end{pmatrix} \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения элементов ОТС.

Модуль упругости элементов для маховиков принимается эквивалентным стали. Модуль упругости корпуса принимается в соответствии с ГОСТ 10994-74 «Сплавы прецизионные. Марки», сплав НЗ6 «Инвар». Инварный сплав в данном случае имеет меньший модуль упругости, большое относительное удлинение перед разрывом и почти не подвержен температурному расширению, в отличие от обычной стали. Данные параметры делают этот материал более подходящим для корпуса ротора. Согласно этим параметрам итоговая линейная жёсткость сегмента ОТС:

$C_{\text{отс}} = \frac{1}{L_{\text{отс}}} \sum_i (E_{el_i} \times S_{el_i}) = 0,548 \text{ кН/м}$ – линейная жёсткость сегмента ОТС.

Расчётные параметры изначально принимаются, исходя из оптимального соотношения масс корпуса и маховиков с учётом начального КПД линейных электродвигателей – 95%.

$m_{el} = \begin{pmatrix} 450 \\ 200 \\ 500 \end{pmatrix} \text{ кг}$ – погонная масса элементов (ротор 1, ротор 2, корпус).

Относительная взлётная начальная скорость роторов:

$$V_{r,0} = \begin{pmatrix} 12,55 \\ -0,1 \\ 0 \end{pmatrix} / .$$

Абсолютная взлётная начальная скорость роторов:

$$V_{a,0} = (V_{r,0} + \omega_1 R_0) = \begin{pmatrix} 13,015 \\ 0,365 \\ 0,465 \end{pmatrix} \text{ км/с.}$$

В расчётную модель также вводится функция управления сбросом массы (балласта) и управление фрикционным расширением на основе модели Максвелла с регулируемым сопротивлением расширению (рисунок 4).

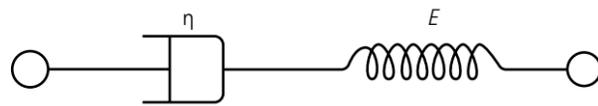


Рисунок 4 – Модель Максвелла для вязкоупругого демпфера. Вязкий демпфер последовательно соединён с упругой пружиной

На элемент ОТС при взлёте действуют несколько сил, вычисленных следующим образом:

– центробежная сила ротора:

$$F_{r,r}(h, V_{el}) = \sum_i \left[m_{el_i} (V_{el_i})^2 \frac{1}{(R_0 + h)} \right];$$

– сила притяжения:

$$G_i(h) = m_{ОТС} \frac{gR_0^2}{(R_0 + h)^2};$$

– продольное усилие в кольце:

$$F_{c,r}(h, \Delta L_d) = C_{ОТС} (2\pi h - \Delta L_d);$$

– радиальная сила упругости в кольце:

$$F_{c,r}(h, \Delta L_d) = \frac{l_i}{L_{ОТС}} F_{c,r}(h, \Delta L_d);$$

– аэродинамическое сопротивление атмосферы:

$$Q_{атм}(V, h) = c_d (d_0 l_i) \frac{V^2}{2} \rho_0 e^{-\frac{h}{7,64 \text{ км}}};$$

– тяга линейного двигателя:

$$F_{le}(V, t, i) = \left| k_v(t), \min \left(\left| \frac{W_{le}}{V} \right|, F_{max} \right) \right|.$$

Исходя из вышеприведённых параметров и первой итерации расчёта, получена следующая система уравнений.

Уравнение радиального движения:

$$F_{r,r} \begin{bmatrix} h(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \\ V_{sh}(t) \end{bmatrix} - G_i(h(t)) - F_{c,r}[h(t), \Delta L_d(t)] - Q_{атм}[h'(t), h(t)] - M(t)h''(t) = 0.$$

Уравнения изменения кинетического момента:

– для роторов:

$$F_{le}[V_1(t) - V_{sh}(t), t, 0][R_0 + h(t)] - m_{r_0}[V_1(t)h'(t) + V_1'(t)[R_0 + h(t)]] = 0;$$

$$F_{le}[V_2(t) - V_{sh}(t), t, 1][R_0 + h(t)] - m_{r_1}[V_2(t)h'(t) + V_2'(t)[R_0 + h(t)]] = 0;$$

– для оболочки:

$$\begin{aligned} & [F_{le}[V_2(t) - V_{sh}(t), t, 0]] + \\ & + F_{le}[V_2(t) - V_{sh}(t), t, 1][R_0 + h(t)] + \\ & + m_{sh} \left[V_{sh}(t)h'(t) + \frac{d}{dt} V_{sh}(t)[R_0 + h(t)] \right] = 0. \end{aligned}$$

Уравнение фрикционного расширения:

$$\frac{\eta}{l_i} \left(\frac{d}{dt} \Delta L_d(t) \right) - k_d(t) F_{c,r}[h(t), \Delta L_d(t)] = 0.$$

Начальные граничные условия задачи:

$$h(0) = 0; h'(0) = 0;$$

$$V_1(0) = V_{a,0_1}; V_2(0) = V_{a,0_1}; V_{sh}(0) = V_{a,0_2};$$

$$\Delta L_d(0) = 0.$$

По данным, полученным из решения системы уравнений и из модели, построены графики, представленные на рисунке 5.

По графику на рисунке 5 видно, что ОТС поднимается на заданную высоту (415 км над уровнем мирового океана) и стабильно находится на ней. Максимальное вертикальное ускорение корпуса в процессе взлёта равно 0,33 м/с², среднее горизонтальное (около Земли) – 2,04 м/с² (время выхода на орбиту – 6,8 × 10³ с (рисунок 7)).

Для стабильного полёта и фиксации на заданной орбите применялись различные методики и варианты. Наиболее оптимальным с точки зрения исполнимости стал вариант с последовательной переборкой энергии с одного маховика на другой. Относительные скорости роторов в процессе взлёта (относительно корпуса ОТС) и абсолютные скорости элементов ОТС в процессе взлёта приведены на рисунках 6 и 7.

При достижении заданной орбиты скорости всех элементов ОТС (корпуса и двух маховиков) должны быть равны первой космической скорости для заданной высоты (7660 м/с) – в сторону вращения Земли или в противоположном направлении. При этом в процессе переборки кинетической энергии с одного маховика на другой в линейных электродвигателях возникает потеря энергии, которая приводит к дестабилизации ОТС (рисунок 8).

Суммарная величина потерь в процессе переборки составляет 1,148 ГДж на каждый метр длины. Для стабилизации кольца ОТС необходима компенсация этой энергии. На данном этапе для стабилизации схемы и доработки энергии предполагается использовать водород. Удельная теплота сгорания водорода составляет примерно 140 МДж/кг. Если принимать КПД водородного топливного элемента порядка 50 %, то на каждый метр длины кольца потребуется 16,4 кг водорода, он может входить в состав балласта, который предполагается загружать в грузовые отсеки ОТС.

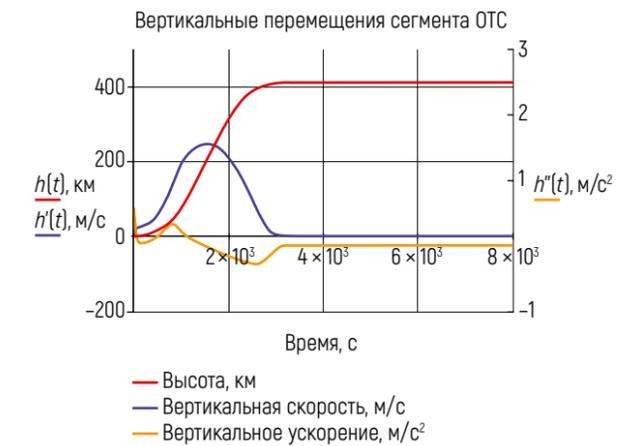


Рисунок 5 – График набора высоты, вертикальной скорости и вертикального ускорения от времени

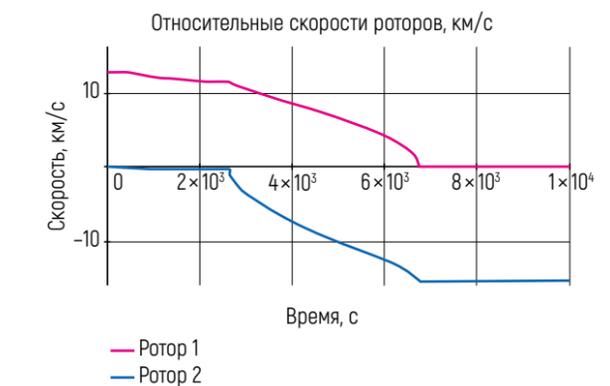


Рисунок 6 – Скорости роторов в процессе взлёта (относительно корпуса ОТС)

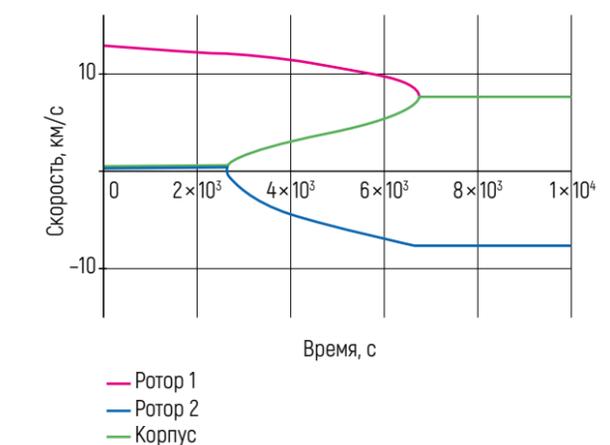


Рисунок 7 – Абсолютные скорости элементов ОТС в процессе взлёта

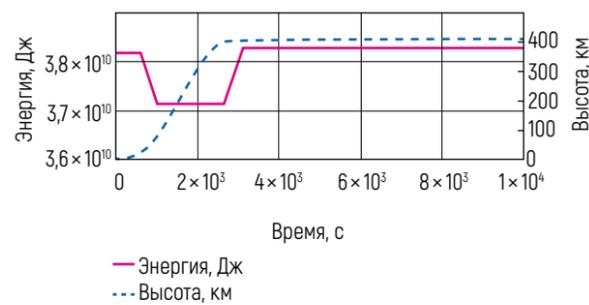


Рисунок 8 – График полной механической энергии ОТС во времени

На этапе дальнейшей проработки возможно оптимизировать данный процесс и применять в качестве дополнительного источника энергии выброс реактивной струи из балластной криогенной жидкости, нагревающейся и тем самым отводящей из системы избыток тепла. Для этого допустимо использовать, например, азот или кислород, охлаждённые до температур порядка $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, которые при выбросе в атмосферу в виде реактивной струи не будут загрязнять её, но даже смогут частично восстанавливать озоновый слой (в варианте с кислородом).

Суммарно затраты энергии на начальную раскрутку маховиков до стартовой скорости составляют $1,42 \times 10^{18}$ Дж. В случае если разогнать ротор весом 450 кг/м.п. до скорости $12,55\text{ км/с}$ в течение 20 дней, то требуемая мощность составит $21,6\text{ кВт/м.п.}$ При увеличении времени разгона требуемая мощность уменьшается.

Во время взлёта графики потребляемой и вырабатываемой (за счёт рекуперации) мощности приведены на рисунке 9, а функция управления включением/выключением мощности на приводах роторов во время взлёта – на рисунке 10.

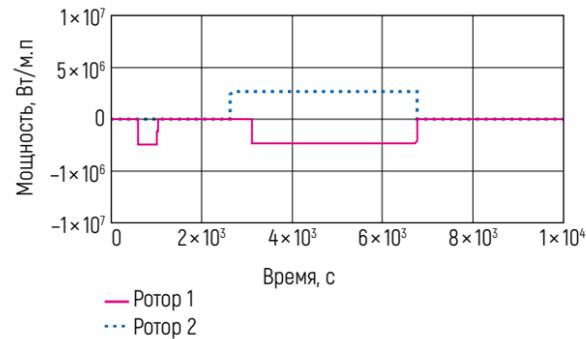


Рисунок 9 – График потребляемой мощности во время взлёта

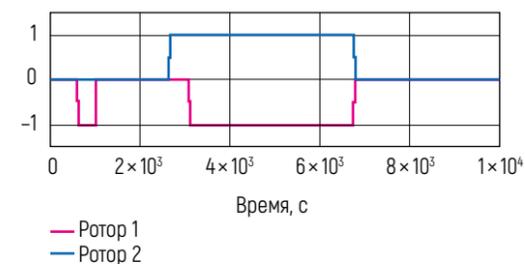


Рисунок 10 – Функция управления включением/выключением мощности на роторах во время взлёта

В качестве выводов следует привести ещё один график – график изменения общей энергии в системе при взлёте (в котором видны потери общей энергии системы), исходя из которого можно сделать выводы о её КПД (рисунок 11).

Потери энергии при взлёте ОТС не превышают $2,8\%$, а с учётом потерь при начальном разгоне ротора (при КПД линейных электродвигателей 95%) общая сумма потерь составит не более $7,6\%$.

Таблица – Сравнение вариантов различных компоновок ОТС

Номер варианта	Масса ОТС, ротор 1/ротор 2/ корпус, кг/м.п.	КПД линейных двигателей, %	Начальная скорость ротора 1, км/с	КПД вывода ОТС на орбиту, %	Потребность в дополнительной энергии при выводе ОТС на орбиту, ГДж/м.п.
1	250/225/500	90	15,65	92,4	2,43
2		95		96,3	1,16
3	450/200/500	90	12,55	94,4	2,27
4		95		97,3	1,16

Кроме того, следует привести сравнение вариантов различных компоновок – разные соотношения масс маховиков и КПД линейных двигателей (таблица). Основываясь на этих данных, можно оценить разницу в начальной скорости, суммарном фактическом КПД вывода на орбиту и потребности в дополнительной энергии при стабилизации во время взлёта.

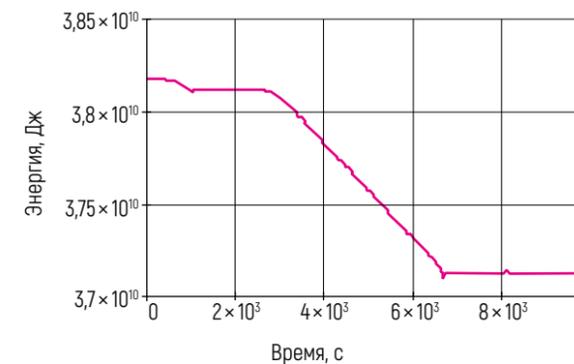


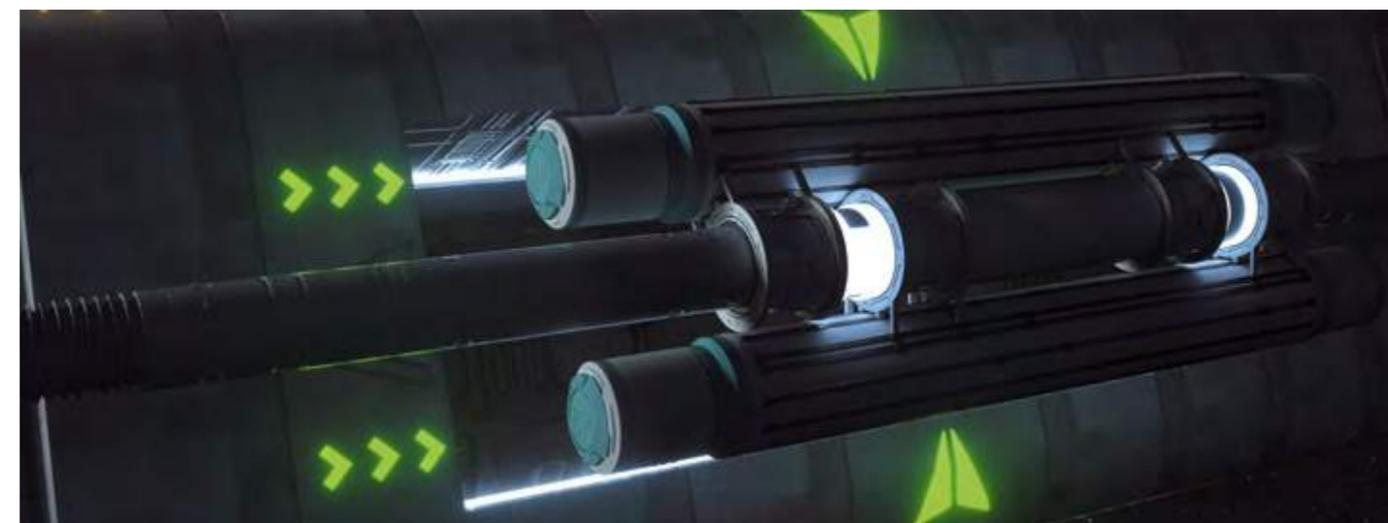
Рисунок 11 – График изменения общей энергии системы при взлёте

Таким образом, наиболее оптимальным является рассмотренный в данной статье вариант № 4: и с точки зрения стартовой скорости маховиков (она ниже, чем в варианте с более лёгкими маховиками), и с точки зрения КПД вывода ОТС на низкую околоземную орбиту. Вместе с тем он требует меньшего количества энергии для стабилизации, чем остальные варианты. Особо хотелось бы подчеркнуть уровень КПД системы, которым обладает данное транспортное средство – $97,3\%$, такое значение выгодно отличает рассматриваемый проект от любого имеющегося сегодня на вооружении у человечества вида геокосмического транспорта.

Литература

- Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
- Иванов, Д.С., Трофимов, С.П., Ширококов, М.Г. Численное моделирование орбитального и углового движения космических аппаратов / Д.С. Иванов, С.П. Трофимов, М.Г. Ширококов; под общ. ред. М.Ю. Овчинникова. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. – 118 с.
- Яблонский, А.А., Никифорова, В.М. Курс теоретической механики: 3-е изд., исправл. и доп. / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – Ч. 2: Динамика. – Минск: Высшая школа, 1966. – 411 с.
- ГОСТ 10994-74 Сплавы прецизионные. Марки (с изменениями № 1-5) – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1975. – 29 с.

© Юницкий А.Э., 2019
© Шаршов Р.А., 2019
© Абакумов А.А., 2019



УДК 338.2

Инновационные бизнес-модели программного комплекса «ЭкоМир»

БАДУЛИН К.А. (г. Минск)



Рассмотрены основные тенденции развития современного бизнеса и применяемых бизнес-моделей, включая Data Science, большие данные, Индустрию 4.0, цифровую разработку продуктов, технологию блокчейн. Показано, что развитие программ комплекса «ЭкоМир» – SkyWay и SpaceWay – в настоящее время идёт в полном соответствии с вышеуказанными тенденциями. При этом SkyWay и SpaceWay используют инновационные бизнес-модели и формируют принципиально новый подход к инфраструктурным проектам, которые станут коммерчески привлекательными и не нанесут серьёзный ущерб экологии.

Ключевые слова:

ЭкоМир, SkyWay, SpaceWay, бизнес-модель, Data Science, Индустрия 4.0, большие данные, блокчейн, инфраструктурные проекты, цифровая разработка продуктов.



В последние десятилетия темпы научно-технического прогресса значительно ускорились. При этом многие изобретения, которые ещё недавно казались лишь инновационными разработками, стали определяющими стандартами в существующих отраслях. Например, мобильные телефоны, цифровая фотография, электромобили и др.

Можно привести многочисленные примеры компаний, построивших свои бизнес-модели на развитии новых технологий: это Apple, Microsoft, Google, Amazon, Uber, Alibaba и др. При этом, согласно рейтингу Forbes за 2018 г., в TOP-10 мировых компаний по рыночной капитализации вошли семь компаний новой экономики; первые шесть мест заняли Apple (\$926,9 млрд), Amazon (\$777,8 млрд), Alphabet (Google) (\$766,4 млрд), Microsoft (\$750,6 млрд), Facebook (\$541,5 млрд), Alibaba (\$499,4 млрд) [1]. Рыночная капитализация указанных компаний уже в разы превышает соответствующие показатели крупнейших нефтегазовых корпораций, банков, автопроизводителей и предприятий розничной торговли, которые были традиционными лидерами данного рейтинга ещё 5–10 лет назад.

Центральным звеном новой экономики становится Data Science (Наука о данных), изучающая проблемы анализа, обработки и представления информации в цифровой форме. Изначально наука о данных рассматривалась как академическая дисциплина, а с начала 2010-х гг. – как практическая межотраслевая сфера деятельности. Причём специализация исследователя

данных считается одной из самых привлекательных, высокооплачиваемых и перспективных профессий [2]. Названный подход предполагает выработку решений, основываясь на данных, а не на интуиции или личном опыте. Data Science есть не что иное, как обобщённое название суммы технологий для производства продуктов-данных. При этом добавленная стоимость получается путём анализа данных для возникновения полезной и потребляемой человеком информации.

Ещё в 1990-х гг. данные не рассматривались как какая-то самостоятельная сущность. В 2000-х о них заговорили как о «новой нефти». Впервые это выражение использовал английский математик Клиф Хамби в 2006 г. Многочисленные эксперты также неоднократно утверждали, что в обозримой перспективе данные займут существенно более высокое положение в экономике, чем сырьевые ресурсы [3]. Не случайно вошёл в обиход термин «data-driven» в приложении к экономике, программированию, журналистике, науке и другим сферам.

Реальное воплощение data-driven подхода к экономике реализовано в концепции «Индустрия 4.0», которая была предложена правительству Германии в 2011 г.; также к этой стратегии перешли США в 2014 г. Концепция предполагает гибкое управление масштабом производства и процессом конструирования, развитие искусственного интеллекта, активное использование «больших данных», повсеместное внедрение Интернета вещей, расширение

применения технологии блокчейн, облачные вычисления, робототехнику, дополненную реальность.

В результате перехода промышленности на указанные принципы также происходит изменение в бизнес-моделях. Теперь вместо акцента на бережливом производстве компании стремятся внедрять выпуск персонализированной массовой продукции по принципам Agile и переходить на выпуск партий размером в один-единственный продукт. При этом сохраняется принцип экономии: роботизированное производство более энергоэффективно, сопровождается меньшим количеством отходов и брака [4]. Кстати, такой размер партий может быть зашит и в методологию производства продукта всех программ ЭкоМира. Одновременно наблюдается феномен решоринга – переноса инновационных производств из развивающихся стран Азии обратно в развитые страны Европы и Америки.

В полном соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» в настоящее время идёт развитие таких программ комплекса «ЭкоМир», как SkyWay и SpaceWay. Решения SkyWay и SpaceWay применяются для проектов, направленных на создание, модернизацию и расширение объектов инфраструктуры. Однако для частных инвесторов крупные инфраструктурные проекты воспринимаются как проекты с высокой капиталоемкостью, низким уровнем чистой приведённой стоимости, длительными сроками окупаемости и возврата вложенных инвестиций [5]. Особенностью SkyWay и SpaceWay являются не только инновационные технологические решения, но и принципиально новые для инфраструктурных проектов бизнес-модели.

Это, в частности, можно сказать об инновационной транспортной технологии SkyWay, основу которой составляют сотни уникальных технических, программных и логистических решений, позволяющих обеспечить ряд глобальных преимуществ: низкие капитальные и операционные затраты, экологичность, безопасность, высокую эффективность. Философию SkyWay определяет принцип: транспорт должен быть решением проблем, а не их источником. В отличие от традиционных инфраструктурных проектов, проекты SkyWay коммерчески привлекательны, имеют довольно низкий срок окупаемости – от 3 до 5 лет. При этом себестоимость строительства транспортного комплекса SkyWay в 2–20 раз ниже по сравнению с традиционными видами транспорта [6].

Следует отметить, что мировым трендом в настоящее время является развитие «зелёных» технологий, и транспортная отрасль здесь не исключение. В частности, мировые продажи электромобилей растут в геометрической прогрессии [7], ряд компаний-автопроизводителей уже заявили об отказе от разработки новых моделей на основе

двигателей внутреннего сгорания в перспективе 8–10 лет, а ряд стран Европы планируют запретить их в 2025–2030 гг. [8]. Следовательно, экологичность SkyWay – одно из ключевых преимуществ данной технологии наряду с экономией сырья и материалов при строительстве транспортной эстакады и снижением расхода энергии при движении инновационного подвижного состава.

Кроме того, одним из устойчивых конкурентных достоинств SkyWay считается применение цифровой разработки продуктов на базе платформы 3DExperience от компании Dassault Systemes. Благодаря ей для каждого транспортного средства и транспортной системы создаётся цифровой макет, в результате чего появляется возможность проводить раннюю валидацию требований, минимизировать рассогласованность действий различных служб при внесении изменений в конструкторскую документацию, а также проводить виртуальные испытания. Вследствие этого существенно сокращается срок разработки продуктов и упрощается процесс оценки себестоимости выпускаемой продукции.

Ещё одним важным элементом бизнес-модели SkyWay является активное применение больших данных и технологии блокчейн. Управление транспортной системой SkyWay осуществляется интеллектуальной безоператорной системой. Значимая её составляющая – система сенсоров, которые позволяют отслеживать перемещение грузов и пассажиров в режиме 24/7. При этом используется блокчейн-протокол обработки и хранения данных, включая историю перевозки грузов и пассажиров, а также специальное программное обеспечение с разграничением



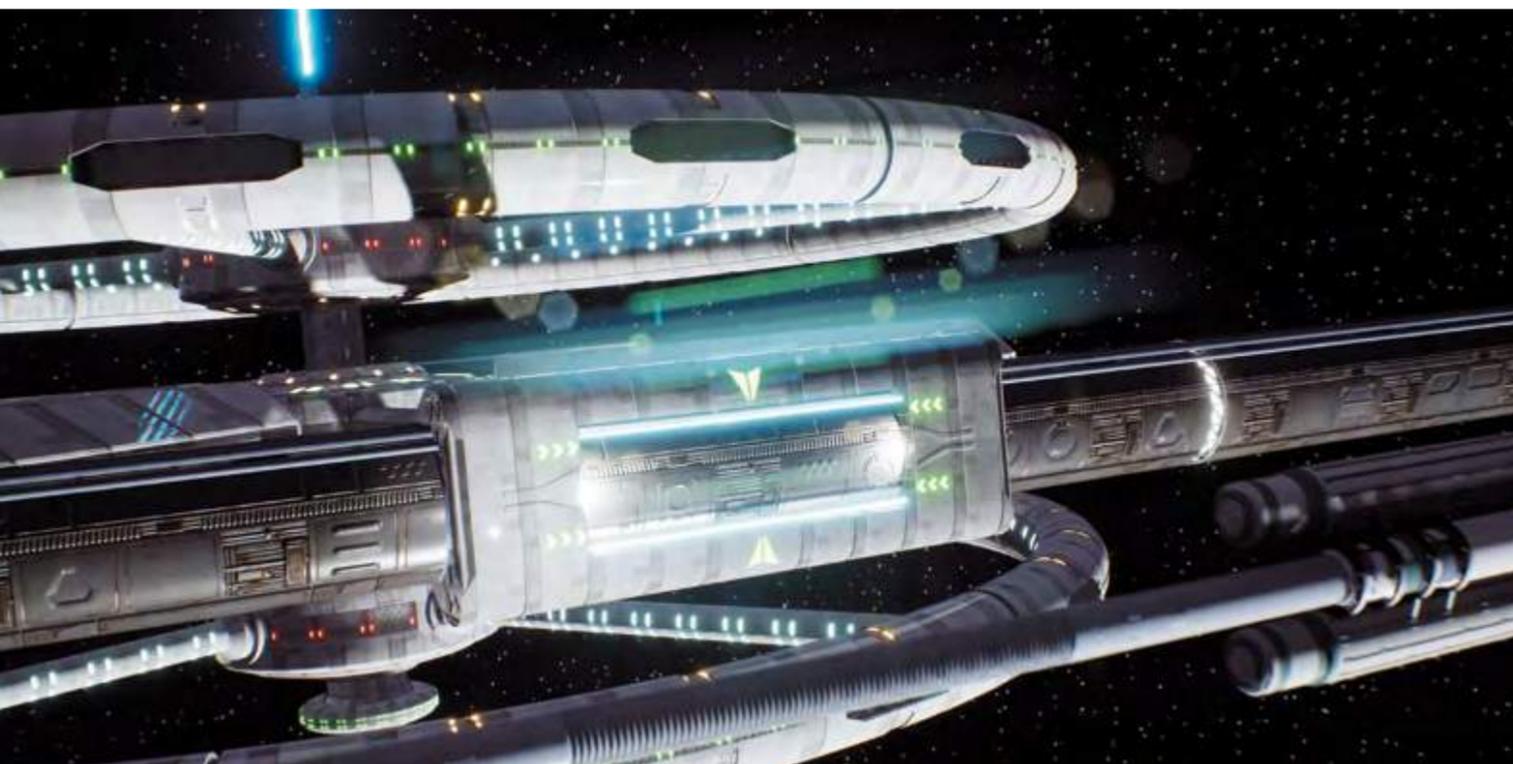
доступа к данным. Комплексные смарт-контракты на приобретение, перевозку и сопровождение грузов снижают вероятность мошенничества, взлома данных и ошибок при проведении платежей.

Благодаря использованию инновационной бизнес-модели ожидается, что к 2100 г. доля SkyWay на мировом транспортном рынке достигнет 50 % [6], как уже произошло с железными дорогами в XIX в. и с автомобильными трассами столетие спустя. При этом доля устаревших традиционных дорог постепенно сократится, поскольку они будут вытесняться новыми, более эффективными решениями.

То же можно сказать и о программе неракетного освоения космоса SpaceWay, основанной на одноимённой геокосмической транспортной системе. С одной стороны, создание SpaceWay будет способствовать вынесению в ближний космос экологически вредной части техносферы, оставив биосферу планеты для земной жизни. С другой – инновационная бизнес-модель позволит SpaceWay стать одним из самых коммерчески привлекательных проектов в истории человечества. Орбитальное производство откроет новые возможности в металлургии, солнечной энергетике, добыче полезных ископаемых.

Бизнес-модель SpaceWay основана на перевозке грузов и пассажиров в ближний космос и обратно, причём планируется её интеграция с глобальной сетью дорог SkyWay и HyperU по всему миру, включая внутриконтинентальные и межконтинентальные транспортные комплексы. Бизнес-модель SpaceWay ориентирована на доставку грузов и пассажиров на околоземную орбиту по цене в 10 000 раз ниже по сравнению с существующей космической индустрией [9], что можно считать фундаментом коммерческой привлекательности проекта. К ещё одной уникальной особенности SpaceWay относится отрицательная себестоимость перевозки грузов и пассажиров, начиная с десятого года эксплуатации. Следовательно, за счёт перевозки грузов и пассажиров SpaceWay может генерировать дополнительную прибыль своим акционерам.

Таким образом, мы рассмотрели ключевые тренды современной промышленности, включая особенности развития SkyWay и SpaceWay. В обеих указанных программах применяются инновационные бизнес-модели, которые позволяют существенно минимизировать затраты, при этом не нанося ущерб экологии. Благодаря этим принципам можно ожидать, что у программ комплекса «ЭкоМир» есть все необходимые предпосылки для успешной реализации.



Литература

1. Крупнейшие публичные компании мира // Forbes Media [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.forbes.com/global2000/list/#header:marketValue_sortreverse:true/. – Дата доступа: 16.04.2019.
2. Data Scientists: The Definition of Sexy // Forbes Media Media [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2012/09/27/data-scientists-the-definition-of-sexy/>. – Date of access: 16.04.2019.
3. «Данные – это новая нефть» – нелепое предложение // Project 2030 Media [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/project-2030/data-is-the-new-oil-a-ludicrous-proposition-1d91bba4f294/>. – Дата доступа: 16.04.2019.
4. Цифровая Индустрия 4.0 // АО «АС РУС МЕДИА» Media [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/brandvoice/sap/345779-chetyre-nol-v-nashu-polzu/>. – Дата доступа: 16.04.2019.
5. Гулакова, О.И. Теоретико-методологические основы измерения общественного эффекта инфраструктурных проектов [Электронный ресурс] / О.И. Гулакова. – Режим доступа: <https://nsu.ru/rs/mw/link/Media:/22983/14.pdf/>. – Дата доступа: 17.04.2019.
6. Бизнес-план инвестиционного проекта ЭкоТехно-Парка // ЗАО «Струнные технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://yunitskiy.com/author/2016/2016_99.pdf/. – Дата доступа: 16.04.2019.
7. Global EV Outlook 2017, IEA // International Energy Agency Media [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf/>. – Date of access: 16.04.2019.
8. Когда мир откажется от двигателя внутреннего сгорания? / Deutsche Welle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dw.com/ru/когда-мир-откажется-от-двигателя-внутреннего-сгорания-06122018/av-46622106/>. – Дата доступа: 16.04.2019.
9. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Сила-крюгс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.

© Бадулин К.А., 2019

Blockchain как единая информационная и экономическая основа экваториального линейного города, его транспортных систем и общепланетарного транспортного средства

КАБАНОВ Е.А. (г. Москва)



Описана роль технологии децентрализованной вычислительной системы – блокчейна – в формировании и устойчивом развитии линейных городов и новых экономических моделей космических систем. Представлены способы связывания воедино экономики, транспортных систем, телекоммуникаций, энергетики, взаиморасчётов, а также автоматизированных расчётов между поставщиками и потребителями энергии и электрических мощностей в любой точке мира без заключения юридических договоров с оператором связи, без гостевой сети и роуминга. Изложены принципы блокчейн-среды с взаимодействующими контрактами, позволяющие бесшовно и гибко связать получение товаров и услуг с их оплатой, обеспечивающие справедливое распределение доходов от ведения деятельности в виде акционерных обществ нового типа – децентрализованных автономных организаций (ДАО).

Ключевые слова:

блокчейн, децентрализованные вычислительные системы, экваториальный линейный город (ЭЛГ), автоматизированный расчёт, блокчейн-среды, децентрализованная автономная организация.

Стремительное развитие городов породило множество проблем, в числе которых – несбалансированное распределение ресурсов внутри стран. Тенденция к урбанизации привела к появлению густонаселённых мегаполисов с низким качеством жизни, плохой экологией и транспортными коллапсами. С другой стороны – запустение и даже неосвоенность обширных территорий, невозможность привлечь инвестиции и рабочую силу в депрессивные регионы.

В последнее время наметились улучшения: многие государства и глобальные корпорации взяли курс на внедрение «зелёных» решений в ключевые бизнес-процессы. В ряде стран действуют программы по поддержке людей, решивших переехать из мегаполиса в малолюдные и не столь развитые места, открыть там своё дело. Ведущие инженеры, архитекторы и дизайнеры проектируют города будущего, и многие идеи (например, использование солнечных батарей в качестве основного «топлива») начинают воплощаться уже сейчас.

Одной из наиболее успешных концепций считается линейный город, представляющий собой сеть высотных башен, удалённых друг от друга на 500 м и соединённых горизонтальными подвесными струнными дорогами – транспортной системой SkyWay [1]. Согласно проекту все транспортные, энергетические и информационные коммуникации размещаются на втором, надземном, уровне. А первый уровень – т. е. сама земля – остаётся природоохранной территорией и предназначена для пешеходов.

Автор концепции – инженер, создатель технологии струнных транспортных систем Анатолий Эдуардович Юницкий – помимо струнного транспорта занимается и реализацией программы SpaceWay по безракетной индустриализации космоса, составными элементами которой являются экваториальный линейный город (ЭЛГ) и общепланетарное транспортное средство (ОТС) [1].

Экваториальный линейный город представляет собой город кластерного типа, проходящий по экватору и состоящий из разветвлённой сети транспортных, энергетических, инженерных и IT-инфраструктур. Запуск данного проекта является одним из ключевых этапов программы: экваториальный линейный город послужит основой для создания общепланетарного транспортного средства – доступного и экологически чистого транспорта, позволяющего осваивать ближний космос без использования ракет, запуск которых губительно сказывается на экологии (разрушается озоновый слой; обломками, продуктами горения топлива загрязняется земля, вода и атмосфера) [2].

Грядущие технологические изменения, помимо архитектурного облика, транспортной, энергетической и коммуникационной систем, также затронут экономику городов. Засилье бюрократии и коррумпированность, развитие монополий, которые «душат» средний и малый бизнес, медленное принятие решений, превращение потенциально прибыльных проектов в долгострой из-за недостатка финансирования – основные проблемы, с которыми сталкиваются жители современных мегаполисов.

В контексте решения возникающих вопросов можно предположить, что в городах будущего многие экономические решения будут основываться на блокчейн-технологиях. Интернет изменил мир, сделав обмен информацией быстрым и удобным, связав через компьютеры и мобильные устройства людей из разных стран и континентов. Интернет значительно упростил огромное количество процессов: больше не надо обзванивать таксопарки для заказа такси по оптимальной цене или тратить много времени на поиск определённого товара, посещая магазины розничной сети, находящиеся в разных концах города. Ушла в прошлое и бумажная бухгалтерия, которая доставляла немало проблем компаниям, особенно крупным, со множеством филиалов и подразделений.

Перед блокчейн-технологиями стоит усложнённая задача: разработать единый и открытый стандарт, который объединит все финансовые операции в систему, сократит время их выполнения и количество посредников, а также значительно облегчит контроль за распределением средств. Инвесторам же блокчейн-технологии открывают возможность расширить спектр потенциально успешных



проектов, которые нелегко монетизировать при текущем положении дел.

Технология блокчейн позволяет объединить экономику, транспортные системы, телекоммуникации и энергетику. С её помощью можно упорядочить взаимоотношения между государственными органами, инвесторами, организациями, поставщиками, потребителями и другими заинтересованными сторонами. Ключевым понятием в этой системе является токен.

Токен – единица учёта, используемая для представления цифрового баланса в некотором активе. Учёт токенов ведётся в базе данных на основе технологии блокчейн, а доступ к ним осуществляется через специальные приложения с задействованием схем электронной подписи [3]. Токены позволяют упростить взаиморасчёты, полностью автоматизировать их. На сегодняшний день существуют два вида токенов – Utility и Security. Utility-токены – цифровые монеты, применяемые для оплаты в рамках определённого сервиса. Сравнить Utility-токен можно с жетоном, который предназначен для оплаты проезда в метро, но вне этой системы – за пределами метрополитена – ценности не имеет. Security-токены являются цифровыми аналогами ценных бумаг, предоставляющих владельцу право на получение дивидендов и доли прибыли.

Подготовка публичной продажи акций (IPO) требует много времени и имеет жёсткую привязку к определённым странам и биржевым площадкам; кроме того, компаниям

и покупателям акций приходится пользоваться дорогостоящими услугами посредников, например, аудиторов и брокеров [4]. Путь IPO подходит только для крупных корпораций с многомиллионными оборотами в течение последних лет. В частности, для корпорации, владеющей сетью железных дорог, транспортными составами, вокзалами и прочими активами как внутри страны, так и за её пределами.

В то же время на проведение STO (Security Token Offerings) тратится немного времени, и количество посредников, сопровождающих процесс, значительно меньше. Этот способ привлечения инвестиций подходит для перспективных стартапов, среднего и крупного бизнеса, которым недоступен выход на IPO. Security-токенами можно торговать на биржевых площадках по всему миру при соблюдении легальных условий. Другими словами, инвесторы из разных точек планеты могут профинансировать локальный транспортный проект – к примеру, линейную транспортную систему, реализующуюся в Объединённых Арабских Эмиратах.

Следует отметить, что современные транспортные сети разных стран в большинстве своём являются монополиями. Список компаний, участвующих в развитии городских систем для транспортировки пассажиров и грузов, узко очерчен и функционирует не по правилам свободной конкуренции. Из-за этого потенциально успешные проекты, в том числе с использованием «зелёных» технологий, остаются нереализованными.



Блокчейн-технологии позволяют разным собственникам создавать новые инфраструктурные объекты, придерживаясь прозрачных правил конкуренции и ценообразования. Причём присоединение новых участников к уже существующим не приводит к пересмотру прежних договорённостей и путанице во взаиморасчётах.

Один из вариантов регулирования взаимоотношений участников может выглядеть следующим образом. С помощью смарт-контрактов оплата, произведённая пассажирами, автоматически распределяется между участниками. Объём отчислений зависит от пропускной способности или от частоты потребления ресурса. Такие отчисления формируют доход компаний, предоставляющих сервисы или участвующих в создании инфраструктурных объектов. Подобная экономическая система может быть задействована при реализации экваториального линейного города.

Данный подход пригоден как для индивидуального (автомобильного, рельсового), так и для различных систем общественного транспорта: от шеринга велосипедов и каршеринга до комплексных канатных, рельсовых, струнных систем, а также для организации перемещения космических грузов вдоль экваториального линейного города и за его пределы. Смарт-контракты способны обеспечить прозрачный, эффективный, универсальный и свободный от монополии способ совместного использования транспортной системы множеством пользователей – частных лиц, транспортных предприятий, отдельных стран и международных альянсов.

Следует остановиться и на технологии «Интернет вещей» (IoT) [5]. Это концепция, подразумевающая объединение предметов и объектов в глобальную сеть под управлением искусственного интеллекта, их взаимодействие друг с другом и с окружающей средой с помощью встроенных сенсоров, датчиков, радаров и лидаров. Участие человека в данной системе сведено к минимуму [6]. Наиболее заметными проектами в этой сфере являются разработки беспилотных автомобилей на базе искусственного интеллекта – гонка, в которую вовлечены крупнейшие корпорации Google, Яндекс, Tesla, Waymo и другие автомобильные и технологические гиганты.

Блокчейн предоставляет возможность связать токены с каждым датчиком, радаром или лидаром, сделав таким образом систему взаиморасчётов максимально прозрачной [7]. Рассмотрим пример: поезд под управлением искусственного интеллекта движется по оснащённым датчиками рельсам. Он проезжает участки, принадлежащие разным компаниям. Сканируя аутентификаторы датчиков, система автоматически переводит владельцу соответствующее количество токенов в качестве оплаты за проезд



по участку. Такая система помогает избежать временных проволочек, ошибок и сводит к минимуму негативное влияние человеческого фактора. Кроме того, блокчейн способен обеспечить сохранность предметов и объектов с помощью криптографических методов. Благодаря данной системе, рельсы транспортной сети SkyWay невозможно будет использовать без надлежащего обслуживания, подделать или заменить на некачественный аналог.

Блокчейн-технологии также можно задействовать в энергетическом секторе. Блокчейн позволяет настроить автоматизированный расчёт поставщиков и потребителей тепловой энергии и электрических мощностей и добиться более справедливых тарифов, сформированных естественными правилами рынка, без искусственного регулирования [8]. В новой системе потребители, генерирующие компании и сетевые организации смогут подключаться к единой энергетической сети с помощью автоматического прибора учёта. Технология блокчейн-микрорасчётов обеспечит контролируемый отпуск энергии через взаимодействие с блокчейн-контрактом. Как и в транспортной системе, баланс спроса и предложения будет формироваться динамически, в реальном времени, что обеспечит конкуренцию цен и условий по биржевому принципу.

Транспорт (например, трамвай), находящийся в ведении частной компании, оснащён индивидуальным устройством учёта электроэнергии и подключён к сети на постоянной основе. Устройство обеспечивает доступ к смарт-контракту потребителя. Для того чтобы обеспечить «подпитку» энергией из сети, владельцу транспортного средства необходимо поддерживать определённый баланс токенов. По мере движения транспортного средства счётчик регистрирует проходящий через него ток,

фиксирует время и выполняет расчёт работы. Счётчик регистрирует в смарт-контракте количество потребляемой электроэнергии, списывая токены в соответствии с тарифом. Сам ЭЛГ – потребитель электроэнергии, а вот в связке с общепланетарным транспортным средством (когда «солнечная» электроэнергия с мизерной себестоимостью с орбиты будет поставляться на Землю) может выступать своеобразным энергетическим хабом, реализующим электроэнергию.

Технология блокчейн органично войдёт в сферу телекоммуникационных услуг, упростит и преобразует её [9]. Блокчейн обеспечит возможность доступа к глобальной сети и информационным ресурсам в любой точке мира без заключения юридических договоров с оператором связи; отойдут в прошлое такие понятия, как «гостевая сеть» и «роуминг».

Новый принцип организации связи ставит на первое место мобильность пользователя [10]. Телефоны, планшеты, ноутбуки и другие гаджеты способны самостоятельно обнаружить доступные сети, определить оптимальный вариант для подключения и автоматически согласовать приемлемый для обеих сторон формат оплаты, а также определиться со стоимостью. В такой системе любое устройство может быть как потребляющим данные абонентом, так и провайдером, который предоставляет доступ находящимся по соседству пользователям и получает соразмерную оплату за оказываемые услуги. В будущем имеется возможность продажи телекоммуникационных услуг, оказываемых с использованием оборудования, установленного на космическом индустриальном ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита»).

Подводя итог, следует отметить, что принципы блокчейн-среды с взаимодействующими контрактами позволяют бесшовно и гибко связать получение товаров и услуг с их оплатой, сформировать конкурентные рыночные принципы там, где ранее было немыслимо, и обеспечить справедливое распределение доходов. Это стало возможным благодаря децентрализованным автономным организациям (ДАО) [11]. В отличие от обычных компаний, придерживающихся жёсткой иерархической структуры, ДАО состоит из равноправных участников, каждый из которых обладает неограниченным доступом к информации. Это наиболее демократичный вариант организации из существующих на сегодняшний день.

Именно данные принципы могут быть заложены в основу экономической системы экваториального линейного города будущего, а в дальнейшем использованы в программном комплексе SpaceWay и во всех его подпрограммах: ЭЛГ, ОТС, КИО «Орбита».

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Юницкий, А.Э. Транспортный комплекс SkyWay в вопросах и ответах. 100 вопросов – 100 ответов: монография / А.Э. Юницкий. – 9-е изд., доп. и перераб. – Минск, 2016. – 84 с.
3. Что такое токен? / Fintech-издание forklog.com. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forklog.com/chto-takoe-token/>. – Дата доступа: 19.06.2019.
4. 5th ICO/STO Report. A Strategic Perspective / PwC Switzerland [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.pwc.ch/en/publications/2019/ch-PwC-Strategy&-ICO-Report-Summer-2019.pdf>. – Date of access: 19.06.2019.
5. Ashton, K. That "Internet of Things" Thing. In the real world, things matter more than ideas / K. Ashton // RFID Journal. – 2009. – No 6. – P. 44.
6. Hersent, O., Boswarthick, D., Elloumi, O. The Internet of Things: Key Applications and Protocols / O. Hersent, D. Boswarthick, O. Elloumi. – United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd., 2012. – 370 p.
7. Franco, P. Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics / P. Franco. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2014. – 288 p.
8. The Mission to Decentralize the Internet / The New Yorker, newyorker.com. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/the-mission-to-decentralize-the-internet> – Date of access: 13.06.2019.
9. Лелу, Л. Блокчейн от А до Я. Всё о технологии десятилетия / Л. Лелу. – М.: Эксмо, 2018. – 256 с.
10. Могайар, У., Бутерин, В. Блокчейн для бизнеса / У. Могайар, В. Бутерин. – М.: Эксмо, 2017. – 224 с.
11. Уроки ДАО: куда приводят мечты / Fintech-издание forklog.com. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forklog.com/uroki-dao-kuda-privodyat-mechty/>. – Дата доступа: 13.06.2019.



УДК 332.13

Обоснование экономической эффективности реализации программы SpaceWay для стран-участниц на примере Бразилии

ЮНИЦКИЙ А.Э., ВОЛОШИНА С.А., ЛАВРИНЕНКО В.И. (г. Минск)



Рассмотрены возможности экономического роста Бразилии благодаря созданию общепланетарного транспортного средства (ОТС) на её территории. Изучены текущая и прогнозируемая экономическая ситуация, гидроэнергетический и кадровый потенциалы страны. Установлено, что в результате построения ОТС могут быть экономически эффективно реализованы четыре основных направления развития: создание нового поколения транспортной инфраструктуры; получение качественного продукта космической индустрии; использование сырьевых ресурсов космоса; функционирование ОТС как гигантской линейной кинетической электростанции. Проанализирована экономическая эффективность реализации программы SpaceWay, которая для Бразилии превысит триллион долларов в год.

Ключевые слова:

программа SpaceWay, общепланетарное транспортное средство (ОТС), космическая индустрия, экономическая эффективность, экваториальный линейный город (ЭЛГ).

Космос – бескрайняя вселенная для инноваций и научно-технического прогресса. Объём мирового рынка космических услуг на сегодняшний день составляет около 400 млрд USD в год и ежегодно вырастает на 4–5 %. С появлением новых типов ракетносителей и внедрением перспективных технологий прогнозируется ускорение роста данного рынка, объём которого к 2030 г. может увеличиться примерно до 1,5 трлн USD [1]. Наряду с высокой экономической эффективностью данного вида бизнеса космические исследования оказывают серьёзное воздействие на окружающую среду, нанося невосполнимый ущерб биосфере. Актуальность рассматриваемой темы, помимо необходимости строительства общепланетарного транспортного средства (ОТС) с точки зрения спасения планеты Земля и человеческой цивилизации, обусловлена тем, что индустриализация космоса является экономически сверхвыгодной.

Цель данной работы – изучение необходимости создания новой инфраструктуры путём строительства современных производств в космосе для предотвращения экологических проблем на планете и извлечения экономических выгод для всего человечества. Для этого следует обосновать целесообразность и экономическую эффективность от реализации программы SpaceWay для всех стран-участниц на примере конкретной страны, в качестве которой была выбрана Бразилия. Данная работа позволит выявить и рассмотреть ресурсные возможности для построения ОТС, спрогнозировать качественный и количественный эффекты от реализации программы SpaceWay.

Общепланетарное транспортное средство – это геокосмический транспортно-инфраструктурный комплекс многоразового использования для безракетного освоения ближнего космоса с целью создания и функционирования околоземной космической индустрии. ОТС, используя лишь внутренние силы системы, способно выводить грузы на различные круговые экваториальные орбиты за счёт неизменности положения его центра масс в пространстве. ОТС – единственно возможная с позиций законов физики экологически чистая система для геокосмических перевозок [2].

В результате построения ОТС будут реализованы четыре основных направления экономического развития.

1. Создание нового поколения инфраструктуры, а также современного, продвинутого, высокоэффективного и экологичного транспорта, способного выводить за один рейс на орбиту порядка 10 млн тонн грузов и до 10 млн пассажиров, на что современной космонавтике понадобилось бы более 10 тыс. лет.



2. Получение более качественного по сравнению с земным производством продукта космической индустрии (невесомость позволяет производить уникальные материалы, механизмы, оборудование; вакуум в сочетании с невесомостью способствует освоению производства уникальных сверхчистых и сверхпрочных веществ и материалов).

3. Потребление сырьевых ресурсов космоса – добыча на астероидах железно-никелевой руды, платины, кобальта и других минералов; последующая их доставка на земную орбиту.

4. Использование солнечной энергии и других энергетических ресурсов космоса. Например, превышение обратного грузопотока над прямым позволит с помощью ОТС преобразовывать потенциальную и кинетическую энергии космического груза в электричество.

Создание ОТС – мировая программа стоимостью свыше 2 трлн USD [2]. В случае экваториального расположения стартовая эстакада пройдёт по территории 13 стран и по длине составит более 40 тыс. км. В совершенстве для реализации проекта должен объединиться весь мир. Тем не менее, если исходить только из необходимых для строительства ОТС ресурсов, то уже имеющийся на сегодняшний день потенциал Бразилии позволяет реализовать данный проект.

1. Бразилия входит в десятку стран мира с крупнейшими экономиками. Бюджет на 2019 г. утверждён в размере 616 млрд USD (после значительного роста в 2007–2008 гг. развитая экономика Бразилии сократилась на 0,3 % в 2009 г. Однако уже в 2010 г. продемонстрировала завидные темпы экономического роста – 7,5 %. По мнению экспертов, бразильская экономика будет иметь растущий тренд и в 2019–2020 гг., прогнозный прирост 2,3 % и 2,5 % соответственно) [3].

2. Страна имеет огромный гидроэнергетический потенциал (первоначальный запас энергии, необходимый для подъёма ОТС, составляет $4,2 \times 10^{11}$ кВт·ч; фактически за 2017 г. в Бразилии выработано $5,9 \times 10^{11}$ кВт·ч [4].

3. Основу экономики Бразилии образует добывающая и производственная промышленность (возможность загрузки имеющихся производственных мощностей и привлечение для работы в космосе высококвалифицированного опытного персонала).

Методология расчёта экономического эффекта от реализации проекта базируется на следующих

допущениях: эффект рассчитывается как разница между вариантом «без учёта проекта» и «с учётом проекта»; в варианте «без учёта проекта» прогнозирование роста основывается на положительной динамике и улучшении экономической ситуации; методика варианта «с учётом проекта» предполагает применение самых передовых технологий. В прямом расчёте не учитываются упущенная выгода и другие косвенные показатели, а также различного вида социальный, политический и экологический эффекты.

Расчёт экономического эффекта от реализации программы в Бразилии:

1) экономический эффект от использования ОТС для геокосмических перевозок определяется разностью стоимости перевозок существующими ракетами-носителями и ОТС. В настоящее время эта разница достигает около 10 млн USD/т (из расчёта по самым низким средневзвешенным ценам доставки грузов на орбиту ракетами). Исходя из планируемого в первый год эксплуатации ОТС объёма перевозок порядка 100 млн тонн грузов, экономический эффект составит 1000 трлн USD (полученный через 20 лет с дисконтом 25 %; в нынешней стоимости денег – лишь 11,5 трлн USD) [2];

2) создание на земной орбите промышленных производств, научных лабораторий, заводов, фабрик, цехов в области энергетики, машиностроения, металлургии, химии, электроники обеспечит экономический эффект от производства и реализации уникальной высококачественной продукции свыше 20 трлн USD в год: продукция чёрной и цветной металлургии, в том числе пеносталь и сверхпроводимые материалы, биопрепараты, лекарства, детали и оборудование для всех видов производств, робототехника, мобильные телефоны и системы связи, различные виды вычислительной техники;

3) космос располагает неограниченными сырьевыми ресурсами; планируется добыча на астероидах железной руды, платины, кобальта, золота, марганца, молибдена, никеля, осмия, палладия, родия и других минералов. Сравнительно небольшой металлический астероид диаметром 1,5 км может содержать в себе различных металлов, в том числе драгоценных, на сумму 20 трлн USD. На астероиде диаметром 1 км может находиться до 2 млрд тонн железно-никелевой руды (в денежном эквиваленте около 112 млрд USD [5]);

4) при загрузке космической индустрии на полную мощность обратный грузопоток с орбиты на планету

значительно превысит прямой грузопоток, что позволит преобразовывать потенциальную и кинетическую энергию космического груза в электричество. Благодаря этому явлению себестоимость перевозок приобретёт «отрицательное значение». Это означает, что геокосмический комплекс ОТС станет приносить прибыль не как транспорт, а как гигантская линейная кинетическая электростанция с чистой энергетической прибылью около 200 USD за тонну избыточного груза, т. е. 400 млн тонн избыточного груза в год обеспечат чистую энергетическую прибыль в сумме 80 млрд USD;

5) для того чтобы организовать оптимальные материальные потоки, в Бразилии можно построить огромный логистический центр для развозки космической продукции по Северной и Южной Америке. Высокоскоростная транспортная инфраструктура позволит эффективно осуществлять мультимодальные перевозки. Годовой экономический эффект от его функционирования составит более 100 млрд USD;

6) создание и использование транспортно-инфраструктурного комплекса TransNet протяжённостью более 2 тыс. км (высокоскоростная, городская, гиперскоростная трасса), совмещённого со стартовой эстакадой ОТС, позволит получать от осуществления пассажиро- и грузо-перевозок годовой экономический эффект свыше 100 млрд USD, который с учётом роста спроса на космическую продукцию и эффективного функционирования логистической системы будет увеличиваться;

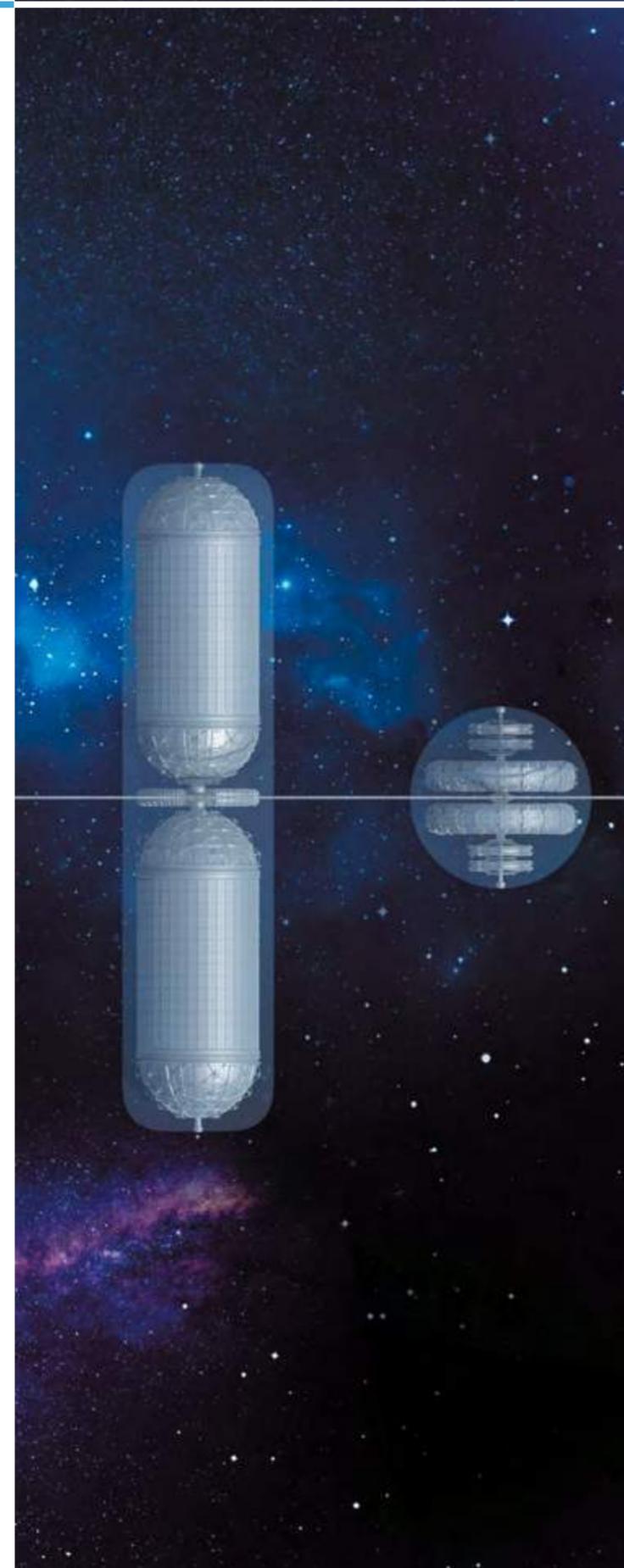
7) при возведении вдоль стартовой эстакады ОТС линейного пешеходного города кластерного типа население переместится в экологически чистую зону, благодаря чему повысится безопасность и улучшится качество жизни, будет обеспечена экономия ресурсов. Кроме того, увеличится престиж и инвестиционная, а также туристическая привлекательность данной территории. Годовой экономический эффект от этого фактора составит более 100 млрд USD.

Экономический эффект от функционирования программы SpaceWay как от единого комплекса позволит превзойти результат от использования каждого его составного элемента по отдельности (экваториальный линейный город, общепланетарное транспортное средство, космическое индустриальное ожерелье «Орбита»). Таким образом проявится синергетический эффект от индустриализации космоса, который для Бразилии достигнет более триллиона долларов в год.

Наряду с большим количеством преимуществ процесс масштабного строительства всё же имеет определённые недостатки: вынужденная вырубка части леса и выведение сельскохозяйственных земель из оборота для образования необходимого землеотвода с полосой безопасности; создаваемый дискомфорт для морских организмов в зоне строительства на водных территориях. Однако процесс строительства, проводимый в рамках норм экологической безопасности, гарантирует минимизацию вредного влияния.

Технологический путь развития повлечёт за собой множество негативных изменений в биосфере. Единственным вариантом предотвращения её необратимой деградации, а с ней и деградации человеческого рода, является перенос техносферы за пределы биосферы, т. е. индустриализация космоса.

Таким образом, создание ОТС предоставит техносфере нишу вне биосферы, а также позволит осуществить один из самых коммерчески привлекательных проектов в истории человечества. В процессе изучения имеющегося ресурсного потенциала для построения ОТС в Бразилии авторами данной статьи выявлены перспективные направления развития и произведена их экономическая оценка. Предусматривается получение экономических выгод от создания нового поколения высокопроизводительной транспортной инфраструктуры, возможности получения уникального и качественного продукта космической индустрии, доступности использования сырьевых и энергетических ресурсов космоса, функционирования ОТС как гигантской линейной кинетической электростанции, а также возведения линейного пешеходного города, что наряду с предотвращением экологических проблем обеспечивает экономическую эффективность от реализации проекта SpaceWay.



Литература

1. *Бизнес рвётся в космос / Российская бизнес-газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2015/09/22/kosmos.html/>. – Дата доступа: 12.05.2019.*
2. *Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Сила-кросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.*
3. *Gross domestic product ranking table / World Development Indicators // The World Bank [Electronic resource]. – Mode of access: <http://databank.worldbank.org/data/download/GDP.pdf>. – Date of access: 12.05.2019.*
4. *Энергетический комплекс Бразилии // EES EAEC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eeseaec.org/energetika-stran-mira/energetika-stran-mira-centralnaa-i-uznaa-amerika/energeticeskij-profil-brazilii/elektroenergeticeskij-kompleks-brazilii/>. – Дата доступа: 12.05.2019.*
5. *Lewis, J.S. Mining the sky: untold riches from the asteroids, comets, and planets / J.S. Lewis. – Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 1997. – 274 p.*

© Юницкий А.Э., 2019
© Волошина С.А., 2019
© Лавриненко В.И., 2019

Индустриализация космоса – новая эра человеческого развития и необходимый шаг для спасения биосферы Земли (экономическое обоснование)

БАБАЯН А.В. (г. Москва)



Рассмотрен оригинальный подход к обоснованию космического вектора индустриального развития. Автор выдвигает гипотезу абсолютного конкурентного преимущества экономики индустриального космоса и производимых ею товаров и услуг. Гипотеза объясняет инвестиционную привлекательность экономики индустриального космоса и механизм конкурентного устранения экономики техносферы, причём в первую очередь отраслей, наиболее сильно загрязняющих биосферу и истощающих природные ресурсы. В своём обосновании автор опирается на фундаментальные основы классической экономической науки, специфичность технологических условий космической среды и иные обстоятельства, которые обеспечивают космическим товарам и услугам абсолютное ценовое и качественное конкурентное преимущество.

Ключевые слова:

техносфера, биосфера, экономика индустриального космоса, общепланетарное транспортное средство (ОТС), абсолютное конкурентное преимущество, отрасли-драйверы.

Начиная с 50-х годов прошлого столетия, человечество стало ощущать загрязнение окружающей среды и ограниченность природных ресурсов, вызванное угнетающим воздействием техносферы Земли. В 1972 г. на конференции ООН, проходившей в г. Стокгольме, международное сообщество признало реальность экологической и ресурсной катастрофы. Вскоре была выдвинута концепция «устойчивого развития», когда «удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [1]. Однако даже спустя полвека экономическая наука так и не пришла к единому пониманию путей практической реализации этой концепции.

Единственным неограниченным источником ресурсов является космос. Однако ракетная космонавтика, ежегодно доставляющая на орбиту грузы не более грамма в пересчёте на каждого жителя Земли, не в состоянии обеспечить значимый рост своего грузопотока по целому ряду причин. Предложенное же в 1982 г. инженером А.Э. Юницким общепланетарное транспортное средство (ОТС) способно за один рейс поднять на околоземную орбиту и спустить обратно сразу до 10 млн тонн грузов и до 10 млн пассажиров [2, 3]. ОТС в процессе функционирования не изменяет положение своего центра масс относительно центра масс Земли, с которым совпадает, использует электрическую энергию, а также способно

трансформировать друг в друга кинетическую и потенциальную энергию собственной конструкции и грузов, что и обеспечивает тысячекратное (по сравнению с ракетоносителями) уменьшение удельных энергетических и, соответственно, стоимостных затрат.

Обоснование технической реализуемости, экологической безопасности и энергетической эффективности ОТС как нового вида космического транспорта позволяет доказать возможности (техническую, экологическую и энергетическую) практической реализации космического индустриального вектора развития. Для того чтобы фундаментально аргументировать избранный вектор индустриализации космоса с использованием ОТС, автор предлагает обосновать платёжеспособный спрос, просчитав затраты на производство космических товаров и услуг, которые должны быть принципиально меньшими, а также оценить их качество, которое должно быть принципиально лучшим, при этом сами товары должны обладать новыми уникальными свойствами.

Экономика индустриального космоса гарантированно и монопольно располагает целым рядом конкурентных преимуществ. Это совершенно иная экономическая парадигма, не знающая никаких границ, потому что ОТС – широко открытая дверь в кладовые космоса с неограниченными ресурсами в виде энергии, сырья и пространства. Это функционирование в специфических технологических условиях космической среды, предопределяющее принципиально новый и на порядок более эффективный технологический уклад отраслей реального (материального) сектора. Будучи плодом коллективных усилий мировой общественности и её элит с целью устранения угроз со стороны техносферы Земли (как в случае с защитой озонового слоя), экономика индустриального космоса может получить поддержку в форме дальнейшего ужесточения экологических норм и, возможно, каких-либо торговых и налоговых преференций. Всё это предопределяет инвестиционную привлекательность космических технологий и абсолютное конкурентное преимущество выпускаемых космической индустрией товаров и услуг.

Сценарий движения в направлении космического вектора индустриализации космоса предполагает последовательное создание отраслей-драйверов ценового конкурентного преимущества, а именно: геокосмический транспорт (ОТС), космическая солнечная энергетика, добыча полезных ископаемых и их переработка в сырьё, и только затем – развитие остальных отраслевых направлений. Причём это именно те отрасли, аналоги которых на Земле являются наиболее опасными в части загрязнения окружающей среды и истощения ресурсов, и поэтому должны быть в первую очередь



перенесены в космос (вернее, вновь созданы на орбите, а на Земле – свёрнуты). Чрезвычайно важно, чтобы мировой консорциум обеспечил полный контроль над этими отраслями-драйверами, так как только в данном случае будет исключён предпринимательский фактор и присущие ему коммерческие надбавки – это позволит не подорвать конкурентоспособность тарифов на услуги космического транспорта и космическую электроэнергию, а также цен на космические сырьевые ресурсы.

Основу энергетики индустриального космоса могут составить космические солнечные электростанции (КСЭС), которые представляют собой плёночные панели площадью в десятки квадратных километров, отражающие сфокусированный солнечный свет на приёмное устройство. Часть солнечной энергии может преобразовываться в электроэнергию для собственных нужд космической индустрии. Другая часть солнечной энергии – экспортироваться на Землю в форме энергоёмкого лазерного луча, преобразуемого в электроэнергию уже на Земле.

Эффективность КСЭС определяет высокая мощность солнечного потока в 1366 Вт/м^2 , в то время как на поверхности Земли она не превышает 100 Вт/м^2 [4]. Таким образом, в случае с КСЭС исключены затраты на топливо, достигающие 50–70 % себестоимости в случае с тепловыми и атомными электростанциями. Отсутствие топлива и продуктов его сгорания ведёт к отсутствию затрат на очистку или утилизацию вредных выбросов или на захоронение радиоактивных отходов и отработавшего ресурс заражённого

оборудования. Простота перенаправления энергоёмкого луча из космоса с одного приёмного устройства на Земле на другое исключает затраты на магистральную транспортировку электроэнергии к различным территориальным потребителям, в том числе в труднодоступных и удалённых районах. Простота технологии и низкая удельная материалоемкость КСЭС существенно уменьшают удельные капитальные затраты и, как следствие, пропорционально минимизируются затраты на амортизацию и ремонт. Автономность космической технологической составляющей КСЭС, не требующей обслуживания и присутствия человеческих ресурсов, означает существенное сокращение затрат на оплату труда и социальные отчисления.

Себестоимость электроэнергии КСЭС с учётом дорогостоящей доставки ракетоносителями прогнозируется до шести раз ниже себестоимости электроэнергии, генерируемой на Земле [5]. Однако, учитывая (по сравнению с ракетоносителями) тысячекратное снижение капитальных затрат при доставке на орбиту оборудования КСЭС с помощью ОТС, а также понимая, что всё же определённые операционные затраты будут иметь место, себестоимость электроэнергии КСЭС прогнозируется до 50–100 раз меньшей, чем себестоимость электроэнергии, генерируемой на Земле.

Низкий, на уровне себестоимости, внутренний космический тариф на электрическую энергию (учитывая, что ОТС является транспортным средством и электрическим потребителем) ещё более сократит и без того конкурентные



транспортные затраты ОТС. Данные тарифы позволят вырабатывать столь же недорогое водородное топливо из балластной воды ОТС, а позже и изо льда, добытого на астероидах. И уже низкие внутренние космические тарифы на электрическую энергию (на доставку с помощью ОТС на орбиту) и на водородное ракетное топливо позволят приступить к освоению дальнего космоса.

Речь идёт не только о запуске и обслуживании большого числа околоземных спутников и последующей их утилизации. Станут возможными отправка индустриальных экспедиций к астероидам, обеспечение энергоёмких процессов добычи и переработки горной породы, доставка индустриальных объёмов астероидного сырья на орбиту и экспорт части сырья на Землю. Ближайшие к Земле астероиды (на сегодняшний день насчитано уже около 800) достаточно подробно изучены и классифицированы по размерам и элементному составу. Известно, что в недрах астероида диаметром 1 км находится порядка 30 млн тонн никеля, 1,5 млн тонн кобальта и 7,5 тыс. тонн платины, оцениваемые в триллионы долларов США [6]. Для полезных ископаемых астероидов и Луны характерно не только их поверхностное залегание, но и, что принципиально, их нерудная самородная форма. Согласно данным мирового производителя цветных металлов ОАО «ГМК «Норильский никель» содержание полезных элементов во вкраплённых (бедных) рудах составляет 0,2–1,5 % Ni, 0,3–2,0 % Cu и 2–10 г/т металлов платиновой группы (МПГ), а в богатых рудах содержание всё равно не превышает 2,0–5,0 % Ni, 0,3–2,0 % Cu и 5–100 г/т МПГ. При этом разница в расходах на добычу и обогащение, например, тонны никеля бедной (вкраплённой) и богатой руд отличается примерно в пять раз [7]. То есть разница затрат соотносима с разницей в концентрации этого полезного элемента. Следовательно, космические затраты на добычу самородных металлов гарантированно меньше земных, причём пропорционально разнице концентраций, которая достигает нескольких десятков крат ввиду отсутствия обогащения руд.

Приоритетное наращивание мощностей космической энергетики является стратегической задачей и материальной основой вектора космической индустриализации. На примере структуры электропотребления в России в 2017 г. видно, что домашние хозяйства занимают лишь 14,3 %, остальное электропотребление приходится на техносферу, в том числе добычу полезных ископаемых – 12,4 %, обрабатывающие производства – 29,2 %, энергетический сектор – 11,7 %, транспорт и связь – 8,5 %, сельское хозяйство – 1,4 %, строительство – 1,2 %, прочее потребление – 16 % [8]. На первых этапах вновь созданная космическая энергетика первой вступит в конкурентное противосто-

яние с электроэнергетикой Земли, прежде всего углеводородной, а также энергетически обеспечит развитие собственной космической сырьевой отрасли, которая поддержит конкурентное противостояние на рынках добывающих и перерабатывающих отраслей техносферы. По мере сокращения техносферы Земли и наращивания аналогичных мощностей космической индустрии космическая электроэнергетика сохранит свою загруженность, только переключится с экспорта электроэнергии на Землю на снабжение вновь создаваемых мощностей космической индустрии.

Что касается создания лёгких отраслей экономики индустриального космоса, которые гораздо менее энергоёмки, затрачивают не так много ресурсов и не столь вредны для биосферы, но при этом гораздо более сложны в технологических процессах, то и их товары и услуги в условиях космической среды будут выгодно отличаться многократно более низкой себестоимостью. Этому способствуют специфические условия космической среды – невесомость, вакуум и чистота (отсутствие включений), высоко- и низкотемпературные среды, на воссоздание которых не надо затрачивать колоссальные средства и которые принципиально расширяют технологические возможности и существенно удешевляют производство и улучшают качество, позволяя производить множество совершенно новых материалов с уникальными свойствами.

К примеру, в космосе преобладают вторичные силы (в частности, поверхностное натяжение), и любой сплавленный материал в условиях невесомости автоматически приобретает форму сферы, после чего ему можно придать нужную форму незначительным воздействием внешних сил, созданных в акустическом, электромагнитном или электростатическом поле. Кроме того, современный уровень 3D-технологий позволяет не только автоматизировать и роботизировать производство практически любой продукции, но и обеспечить композицию материалов или финишное качество поверхностей. Указанные технологии (в силу описанных принципов формообразования и цифрового управления) позволяют производить дистанционную переналадку производственных программ, что исключает простои и затраты на изготовление и перенастройку оснастки, расширяя продуктовую линейку без дополнительных логистических издержек. Кроме того, космическое производство отличают унифицированные форм-факторы используемого сырья – жидкость, пластическая масса, проволока или порошок – это меньшее число технологических переделов сырья и меньшие логистические затраты. Наконец, данные технологии существенно сокращают, а в отдельных случаях исключают

технологические отходы, а если таковые возникают, то затраты на их утилизацию в условиях космоса также минимальны.

Полная роботизация и отсутствие человеческого фактора (кроме минимизации фонда оплаты труда и снижения прямых затрат) позволяют существенно расширить технологические возможности за счёт использования, возможно, более эффективных, но при этом опасных или ядовитых веществ. При отсутствии производственного персонала также отпадает необходимость в решении целого ряда общепроизводственных и внепроизводственных весьма затратных задач, таких как: эргономика и безопасность условий труда, меры по предупреждению жертв на случай риска техногенных аварий, поддержание сопровождающей работу любого персонала социальной инфраструктуры.

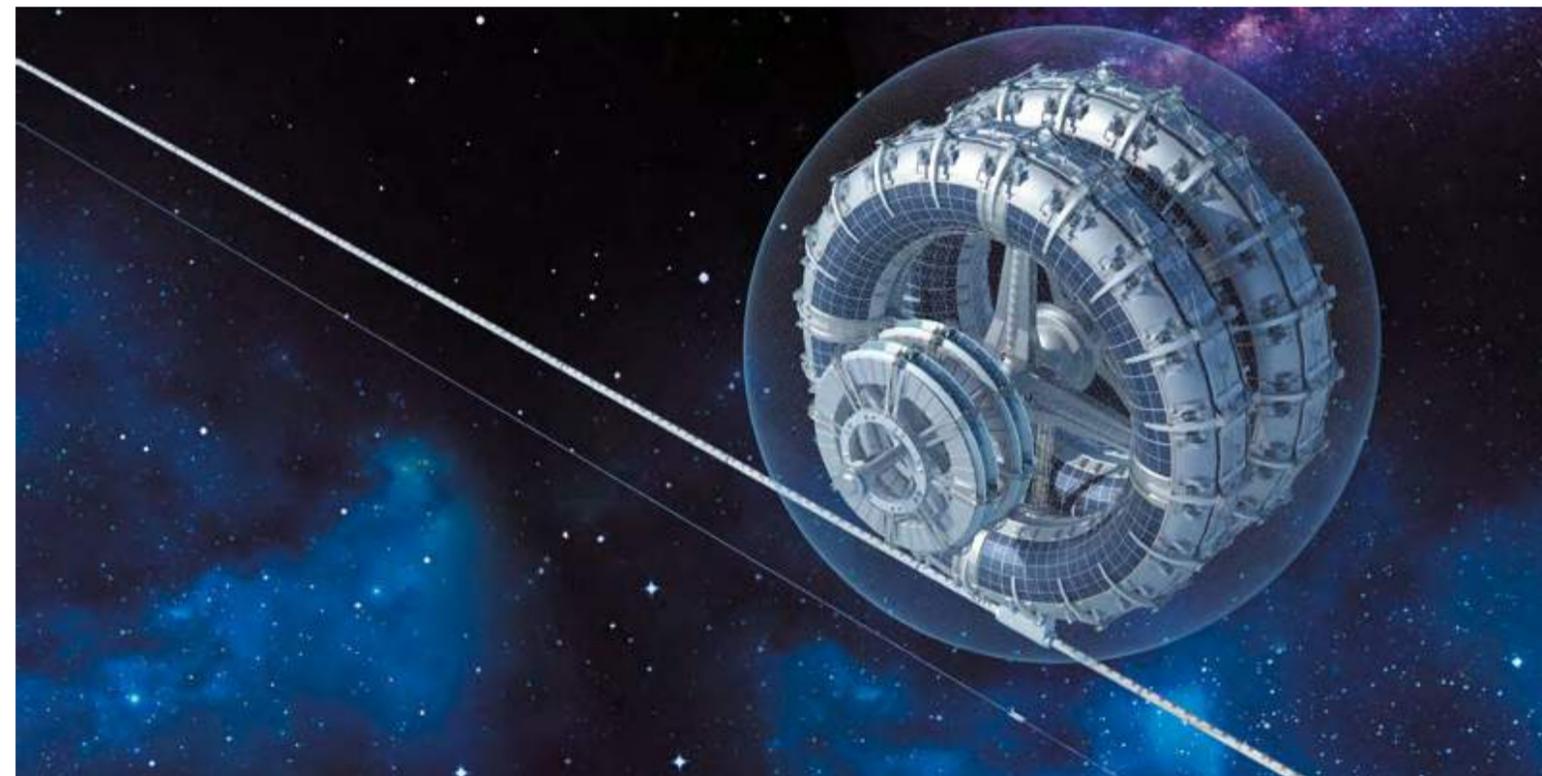
Качественные конкурентные преимущества товаров и услуг индустриального космоса также связаны со специфическими условиями среды, соответственно, сравнительно худшее качество земных товаров и услуг или высокие затраты на его обеспечение объясняются недостатками физических условий на Земле.

Важнейшим недостатком земных условий производства является гравитация, так как большинство твёрдых материалов проходят стадию размягчения или плавки в процессах их создания или обработки. И там, где существует гравитация, пластический или жидкий материал должен удерживаться стенками технологического вмести-

лица, она же – причина всех изъянов в структуре материала. Кроме того, гравитация вызывает конвективные течения вдоль температурных градиентов в слоях жидкости, которые несут хаотический характер, что приводит к нежелательной структурной неоднородности материалов. Если жидкость состоит из двух и более частей, то гравитация, в силу разности физических свойств материалов, способствует их разъединению, не позволяя получить однородную структуру. Основное преимущество композитных материалов состоит в том, что они составлены из веществ, физико-химические, механические и другие свойства которых дополняют друг друга. В условиях невесомости в космосе этого всего не происходит, поэтому материалы или их композиты, произведённые в космосе, однородны, не имеют дефектов структуры и обладают на порядок лучшими качественными показателями.

Другой важнейшей сильной стороной физических условий космоса для производства являются чистота и разрежённость атмосферы, получение которых на Земле невозможно, потому что в сравнительно небольших объёмах искусственного вакуума неизбежно влияние эффекта накопления распыляемых материалов и примесей на развитой поверхности стенок вакуумной оснастки и их последующего неконтролируемого реиспарения.

Ещё одно преимущество физических условий космоса для производства – возможность быстрого охлаждения до сверхнизких температур, что (особенно в сочетании



с наличием глубокого вакуума) открывает перед технологиями новые способы управления фазовым составом производимых материалов, степени их однородности, характером и плотностью дефектов кристаллической решётки.

Невесомость, вакуум, чистота, криогенные температуры и другие факторы открывают самые широкие технологические перспективы не только для металлургии, но и для производства неметаллических видов конструкционных материалов и компонентов, включая органические и биологически активные вещества, что расширяет перспективы для фармацевтики и биоинженерии. В свою очередь, новые материалы с уникальными свойствами – это технологический рывок в смежных отраслях.

Процесс целенаправленного трансфера космических технологий в другие отрасли начался ещё в конце прошлого века. Это уже привело к существенному повышению уровня и качества жизни землян и к отдаче вложений в космические программы в виде прямого или косвенного экономического эффекта. По данным Bryce Space and Technology в 2017 г. космическая отрасль продемонстрировала слабый рост в 1% [9]. При этом эксперты из Morgan Stanley, Goldman Sachs, Bank of America и Merrill Lynch прогнозируют, что к 2040 г. космическая индустрия достигнет \$1,1–2,7 трлн, т. е. вырастет в 2,8–7,7 раза соответственно, и объясняют это ожиданием фундаментальных прорывов [10]. Под ними понимаются: рост числа участников рынка и совершаемых ими ракетных запусков; проект глобального интернет-покрытия поверхности Земли; проекты космиче-

ских солнечных электростанций; проекты добычи полезных ископаемых на астероидах, Луне и других небесных телах; проекты сбора космического мусора и многие другие, последнее время регулярно анонсируемые, преимущественно американскими компаниями. Подтверждением серьёзности анонсируемых намерений можно считать принятый Конгрессом США в ноябре 2015 г. закон H.R.2262, поощряющий коммерческое освоение и использование ресурсов астероидов и признающий право граждан США владеть астероидными ресурсами, которые они извлекают.

Однако, когда широкой бизнес-общественности станет известно о новом виде космического транспорта (ОТС инженера А.Э. Юницкого) с ценой доставки грузов на орбиту в тысячи раз меньше той, что закладывается в бизнес-планы прорывных космических проектов, и практически бесплатным спуском, можно утверждать с высокой долей вероятности: мир переживёт «космическую лихорадку».

Сценарное развитие вектора индустриализации космоса предполагает, что по мере перехода на самообеспечение «даровыми» и неограниченными космическими ресурсами экономика индустриального космоса одержит убедительную победу над техносферой Земли. В итоге на Голубой планете останутся лишь те отрасли техносферы, которые либо не оказывают вредного воздействия на биосферу, либо достаточно эффективны и не сильно истощают природные ресурсы, либо те, без которых человечеству сложно обойтись. В дальнейшем обладание ресурсами космоса позволит человечеству

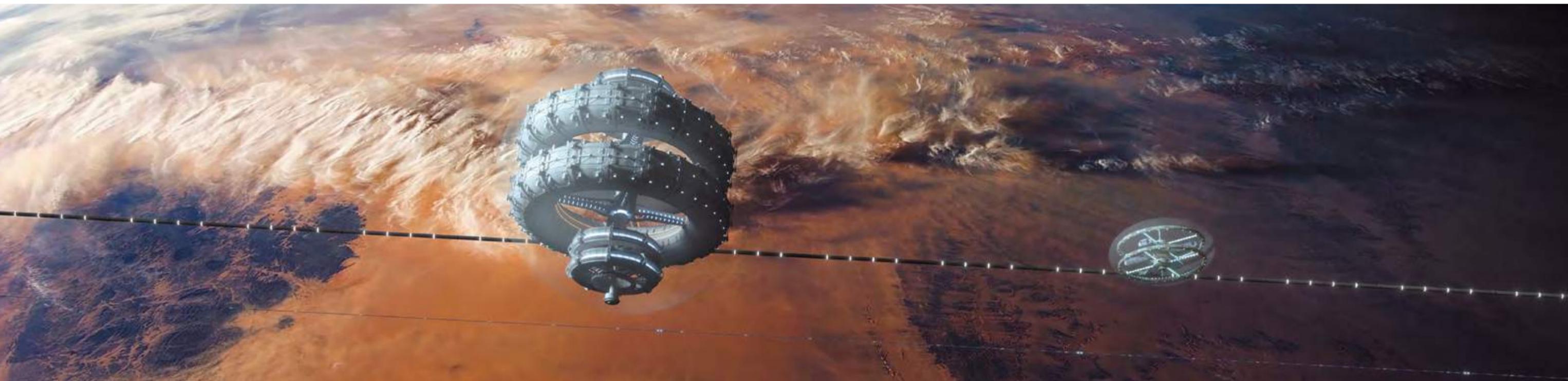
осуществить восстановление первоначального облика земных ландшафтов и заново отстроить гармонизирующий с природой новый урбанистический уклад жизни, возможный уже сегодня благодаря наземному струнному транспорту, также разработанному инженером А.Э. Юницким.

Литература

1. *Наше общее будущее: доклад всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития от 4 авг. 1987 г.* // Организация Объединённых Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/da/pdf/brundtland.pdf>. – Дата доступа: 11.05.2019.
2. Юницкий, А.Э. *Пересадочная, космическая, кольцевая* / А.Э. Юницкий // *Изобретатель и рационализатор*. – 1982. – № 4. – С. 28–29.
3. Юницкий, А.Э. *В космос... на колесе* / А.Э. Юницкий // *Техника – молодёжи*. – 1982. – № 6. – С. 34–36.
4. Ванке, В.А. *Электроэнергия из космоса – солнечные космические электростанции* / В.А. Ванке // *Журнал радиоэлектроники*. – 2007. – № 12. – С. 7–9.
5. Бурлешин, М. *Лунный свет* / М. Бурлешин // *Гудок*. – 2009. – 9 июля. – С. 7.

6. John S. Lewis. *Mining the Sky: Untold Riches from the Asteroids, Comets, and Planets* / John S. Lewis. – New York City: Perseus Book Group, 1997. – 274 p.
7. Тихонова, А.А. *Себестоимость продукции и финансовая результативность: что первично?* / А.А. Тихонова // *Финансы: теория и практика*. – 2007. – № 1. – С. 132–140.
8. Антонов, Н.В. *Производство и потребление электроэнергии в Российской Федерации в 2017 г.* / Н.В. Антонов // *Агентство экономической информации ПРАЙМ [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://www.kudrinbi.ru/public/30041/index.htm>. – Дата доступа: 02.05.2019.
9. Bryce Start-Up Space 2017. *Update on Investment in Commercial Space Ventures* / Bryce Space and Technology [Electronic resource]. – Mode of access: https://brycetechnology.com/downloads/Bryce_Start_Up_Space_2017.pdf. – Date of access: 02.05.2019.
10. *Почему космическая индустрия может превысить \$3 трлн к 2040 г.* / ООО ИК «Фридом Финанс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ffin.ru/market/review/82/71325/>. – Дата доступа: 02.05.2019.

© Бабаян А.В., 2019





УДК 341.018

Принципы и формы международного сотрудничества в реализации программы SpaceWay

КАЗАКЕВИЧ А.П. (г. Минск)



Исследованы международно-правовые принципы и формы сотрудничества в разрезе участия стран в масштабных международных проектах, а именно в рамках реализации единственно возможного способа сохранения биосферы путём выноса индустрии за пределы планеты Земля с помощью общепланетарного транспортного средства Юницкого (ОТС, проект SpaceWay). Проведён анализ основных принципов международного права и форм международного сотрудничества, рассмотрена перспектива применения существующих принципов и форм при реализации проекта SpaceWay, дополнительно проанализировано влияние его реализации на развитие международных отношений, укрепление принципов международного права и расширение международного сотрудничества.

Ключевые слова:

международно-правовые принципы, формы сотрудничества, SpaceWay, общепланетарное транспортное средство (ОТС).

Программа SpaceWay, предполагающая строительство общепланетарного транспортного средства Юницкого (ОТС), безусловно, является проектом планетарного, всемирного масштаба [1, 2], что предполагает прямое и косвенное участие большого количества субъектов международного права. Такое участие порождает сложные многоуровневые взаимоотношения субъектов, которые подчиняются конкретным правилам и выражаются в определённых формах. В настоящей статье предлагается рассмотреть:

1) принципы международного права как наиболее общие фундаментальные нормы (правила), в соответствии с которыми действуют субъекты международных отношений, возможность их применения к отношениям, возникающим между участниками проекта SpaceWay, а также возможное влияние программы SpaceWay на указанные принципы;

2) существующие формы международного сотрудничества как основу для выстраивания взаимоотношений между участниками рассматриваемой программы, соответствие указанных форм нуждам проекта, их применимость на разных стадиях жизненного цикла ОТС.

В доктрине международного права выделяют 10 универсальных принципов [3], в настоящей же статье остановимся лишь на шести из них, которые способны повлиять на реализацию проекта SpaceWay и, наоборот, на которые проект SpaceWay окажет влияние в процессе реализации или во время функционирования.

Принцип неприменения силы и угрозы силой

Согласно п. 4 ст. 2 Устава ООН «Все Члены Организации Объединённых Наций воздерживаются в их международных отношениях от угрозы силой или её применения как против территориальной неприкосновенности или политической независимости любого государства, так и каким-либо другим образом, несовместимым с целями Объединённых Наций» [4].

Относительно реализации программы SpaceWay принцип неприменения силы и угрозы силой будет выражаться в следующем. Воплощение в жизнь такого масштабного сооружения видится возможным только при участии большинства (если не всех) государств планеты. Участие большого количества суверенных субъектов международного права возможно только при условии их равноправия и отсутствия принуждения в любой форме.

С другой стороны, вовлечение большого количества государств в реализацию необходимого всему человече-



ству проекта планетарного масштаба будет способствовать их сплочению, разрешению или по меньшей мере сглаживанию существующих конфликтов и установлению баланса сил. Так, следование общей всемирно значимой цели станет мощным объединяющим фактором в развитии международных отношений.

Принцип разрешения международных споров мирными средствами

Согласно п. 3 ст. 2 Устава ООН «Все Члены Организации Объединённых Наций разрешают свои международные споры мирными средствами таким образом, чтобы не подвергать угрозе международный мир, и безопасность, и справедливость» [4].

Данный принцип международного права имеет огромное влияние на процесс реализации проекта SpaceWay, поскольку большое количество объективно разных субъектов и сложность их взаимоотношений, очевидно, породят значительное количество международных споров и взаимных претензий участников. Однако следует отметить, что в данной ситуации разрешение подобных споров по вышеописанным причинам возможно только мирными средствами, без применения силы или угрозы силой.

В свою очередь, проект SpaceWay способен оказать влияние на укрепление принципа разрешения международных

споров мирными средствами. Как было отмечено выше, следование общей всемирно значимой цели способно сплотить разных субъектов международного права, что, без сомнения, направит разрешение всех международных споров в мирное русло. После того как проект будет реализован, количество международных конфликтов должно быть минимизировано, поскольку, во-первых, все усилия человечества будут направлены в иное русло – безракетное освоение космоса и восстановление земной биосферы; а во-вторых, многие проблемы (территориальные, ресурсные, финансовые) с момента освоения космоса останутся в прошлом.

Принцип невмешательства в дела, входящие во внутреннюю компетенцию государств

Международное право в силу своей природы не регулирует вопросы, входящие во внутреннюю компетенцию государств. Под вмешательством в юридической литературе понимают «любые меры, с помощью которых государства или международные организации пытаются препятствовать субъекту международного права решать свои внутренние дела» [3].

Каждое государство вправе определять свою политическую, финансово-экономическую, социальную и культурную систему самостоятельно без вмешательства в какой-либо форме со стороны кого бы то ни было.

На первый взгляд может показаться, что названный принцип не связан с реализацией проекта SpaceWay, поскольку касается только внутренних дел каждого государства в отдельности, однако при детальном рассмотрении можно выявить их неразрывную связь. Так, каждое государство будет самостоятельно решать вопрос о своём участии в реализации рассматриваемого проекта, и, поскольку мы говорим об отсутствии принуждения и угроз для продуктивного сотрудничества, такое решение не может быть навязано извне и должно быть принято без вмешательства во внутренние механизмы принятия решений в каждом отдельном государстве или организации. Каждый субъект международного права должен самостоятельно осознать необходимость участия всех в строительстве ОТС как единственно возможного способа сохранения биосферы.

Принцип обязанности государств сотрудничать друг с другом

Руководствуясь Уставом ООН, государства обязаны «осуществлять международное сотрудничество в разрешении международных проблем экономического, соци-

ального, культурного и гуманитарного характера», а также «поддерживать международный мир и безопасность и с этой целью принимать эффективные коллективные меры» [4].

Принцип сотрудничества является основным принципом международного права, что признается абсолютным большинством учёных [5]. Учитывая сказанное ранее, очевидна связь указанного принципа с проектом SpaceWay. С одной стороны (поскольку строительство и запуск в эксплуатацию ОТС способны решить главные современные общечеловеческие проблемы), в соответствии с Уставом ООН государства обязаны сотрудничать в этой области (при условии, конечно, что проект SpaceWay будет признан международным сообществом в качестве средства решения таких проблем). С другой стороны, реализация столь масштабного проекта невозможна без сотрудничества многих государств в этой области.

Принцип суверенного равенства государств

П. 1 ст. 2 Устава ООН предусматривает, что «организация основана на принципе суверенного равенства всех её Членов» [4]. Принцип суверенного равенства предполагает, что каждое государство обязано уважать суверенитет других государств, т. е. их право осуществлять законодательную, исполнительную и судебную власть на своей территории без чьего-либо вмешательства, самостоятельно определять свою внутреннюю и внешнюю политику.

Объективно государства различаются по уровню экономического, социального, политического и иного развития, однако для нормального функционирования сложившейся в настоящее время системы международных отношений необходимо, чтобы у различающихся субъектов были принципиально одинаковые права и обязанности – в этом и состоит основное назначение принципа суверенного равенства государств.

Влияние данного принципа на проект SpaceWay можно охарактеризовать следующим образом. Наиболее вероятной формой международного сотрудничества в реализации программы SpaceWay видится международный договор (рассмотрен ниже). В свою очередь, сама природа договора предполагает участие равноправных субъектов, которые путём свободного волеизъявления принимают на себя определённые обязательства.

Кроме того, проект SpaceWay будет способствовать укреплению принципа суверенного равенства государств, поскольку каждый субъект, участвующий в реализации проекта, получит определённые рычаги влияния, которые могут стать средством достижения не только формального, но и фактического равенства в международных отношениях.

Принцип добросовестного выполнения обязательств по международному праву

Рассматриваемый принцип закреплён в п. 2 ст. 2 Устава ООН, который гласит: «Все Члены Организации Объединённых Наций добросовестно выполняют принятые на себя по настоящему Уставу обязательства, чтобы обеспечить им всем в совокупности права и преимущества, вытекающие из принадлежности к составу Членов Организации» [4]. Именно этот принцип является одним из основополагающих международно-правовых обычаев *pacta sunt servanda* («договоры должны соблюдаться»).

Рассматривая указанный принцип в разрезе его связи с реализацией проекта SpaceWay, следует остановиться на следующем. Строительство и запуск в эксплуатацию ОТС видится возможным только при участии большого количества равноправных субъектов международного права, действия, права и обязанности которых с большой вероятностью будут регулироваться именно международным договором. Соответственно, принцип добросовестного выполнения обязательств – основополагающий в рассматриваемом отношении. В то же время нужно отметить и обратную ситуацию: реализация проекта SpaceWay будет способствовать укреплению данного принципа, поскольку, выступая проектом спасения человечества, скорейшее завершение строительства ОТС станет существенным стимулом для сторон добросовестно исполнять свои обязательства.

В юридической литературе предлагается следующее понятие формы сотрудничества: «Под формами сотрудничества мы понимаем те рамки, в которых осуществляется сотрудничество между государствами» [6]. Однако для целей настоящей статьи используется более широкое

определение. Международно-правовая форма сотрудничества государств – это совместная двусторонняя или многосторонняя деятельность государств, осуществляемая на основе международных соглашений, в политической, экономической, научно-технической, правовой и иных областях с целью поддержания международного мира и безопасности и содействия экономической стабильности и прогрессу [7].

В литературе выделяют две основные формы международного сотрудничества: заключение международных договоров и участие в международных организациях [3]. Рассмотрим их применительно к реализации программы SpaceWay. На взгляд автора, наиболее вероятной формой международного сотрудничества в области реализации проекта SpaceWay, по крайней мере на начальном этапе, видится заключение международного договора.

Международный договор представляет собой явно выраженный правовой акт, заключаемый между двумя и более субъектами права, который регулирует взаимоотношения между участниками при помощи указания их прав и обязанностей в различных сферах [3]. В договорах может быть предусмотрено создание совместных рабочих групп, обмен специалистами, использование совместных образовательных программ. Международный договор может создать новую международную институциональную структуру (объединение, организацию). Договор может иметь рамочный характер, предусматривая возможность дальнейшего углубления сотрудничества путём заключения дополнительных соглашений [7].

Как видно из приведённой характеристики международного договора, сфера его применения настолько разнообразна, что позволяет предусмотреть все возможные варианты действий сторон по реализации проекта SpaceWay.

Сотрудничество в рамках многосторонних международных договоров видится наиболее эффективным способом осуществления такого масштабного космического проекта, в выполнение которого будет вовлечено множество государств. Это обусловлено тем, что в рамках данной формы сотрудничества взаимодействие государств ограничивается только нормами международного права и волей к сотрудничеству заинтересованных государств. Участники не связаны обязательными формализованными процедурами и необходимостью заручаться поддержкой всех государств.

Подобным образом достигается высокая степень адаптивности сотрудничества, взаимодействие государств осуществляется оперативно, минуя процессуальные ограничения тех или иных институциональных структур; государства заключают только такие международно-правовые

акты, которые необходимы для выполнения стоящих задач, при этом сохраняя возможность их оперативного пересмотра или дополнения.

Второй из рассматриваемых форм международного сотрудничества является участие в международных организациях. Сотрудничество может происходить в рамках всемирных универсальных международных организаций. Сотрудничество также может быть реализовано в рамках региональных организаций.

Применительно к рассматриваемой сфере следует говорить о том, что участие в международных организациях – это более высокий уровень развития проекта SpaceWay, возможный тогда, когда многие субъекты международного права будут заинтересованы в развитии программы.

Обоснованным видится предположение о том, что с учётом расположения ОТС может быть создана региональная организация, состоящая из стран, на территории которых расположится геокосмическое транспортное средство.

При всех преимуществах такой формы сотрудничества, как международный договор, следует заметить, что участие в международной организации всё же является более обязывающим для субъекта международного права, а следовательно, на определённом этапе жизни проекта SpaceWay именно создание региональной и/или всемирной международной организации станет объективной необходимостью.

Проведённый анализ позволяет заключить, что взаимоотношения субъектов международного права в процессе их участия в программе SpaceWay в полном объёме вписываются в рамки, закреплённые существующими принципами международного права. В то же время можно с уверенностью утверждать, что реализация проекта SpaceWay будет способствовать укреплению и неукоснительному соблюдению указанных принципов всеми участниками международных отношений.

Рассмотренные в статье формы международного сотрудничества соответствуют всем существенным условиям реализации проекта SpaceWay на каждом его этапе. В частности, на стадии проектирования и строительства ОТС наиболее подходящей формой сотрудничества выступает международный договор, а в процессе эксплуатации необходимо создание международной организации.

Однако вышеизложенное не исключает того, что в процессе участия субъектов в реализации всемирно значимого проекта планетарного масштаба будут выработаны новые принципы взаимоотношений и формы международного сотрудничества.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Юницкий, А.Э. Принципы и механизм международного сотрудничества в реализации проекта ОТС / А.Э. Юницкий. – М. – Гомель: Советский фонд мира, Центр «Звёздный мир», 1989. – 120 с.
3. Васильева, Л.А. Международное публичное право / Л.А. Васильева, О.А. Бакиновская. – Минск: ТетраСистемс, 2010. – 576 с.
4. Устав Организации Объединённых Наций // Организация Объединённых Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/charter-United-nations>. – Дата доступа: 11.04.2019.
5. Международное право: учебник / Б.М. Ашавский [и др.]; под общ. ред. А.А. Ковалёва, С.В. Черниченко. – М.: Омега-Л, 2008. – 831 с.
6. Международно-правовые основы сотрудничества стран СНГ: учеб. пособие / Е.Г. Моисеев [и др.]; под общ. ред. К.Я. Бекашева. – М.: Юрист, 1997. – 265 с.
7. Воронина, А.С. Международно-правовые формы сотрудничества государств по исследованию и использованию космического пространства / А.С. Воронина // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2013. – № 1. – С. 141–150.



Готовность современных цифровых технологий для разработки и производства астроинженерных сооружений

ВОЙЛЕНКО А.В. (г. Омск)



Рассмотрены современные технологии, которые применимы на всех стадиях создания астроинженерных сооружений – от идеи до промышленной реализации. Описаны необходимые для решения возможных проблем инструменты, среди которых особо отмечены: расчётные модули, системы моделирования поведения, методы системной инженерии, управление мультифизическими и киберфизическими объектами и системами, использование мультидисциплинарного подхода и цифрового двойника продукта. Последнему инструменту уделено особое внимание: изучается подготовка многопоточного производства, его балансировка и логистика, расчёт и оптимизация логистических цепочек для поставки сырья. Кроме этого, дан обзор перспективных технологий, применимых при построении подобных сооружений: аддитивные технологии, генеративный (порождающий) дизайн, технологии оптимизации конструкторских решений.

Ключевые слова:

астроинженерные сооружения, Индустрия 4.0, аддитивные технологии, цифровизация, цифровые двойники продукта, цифровые двойники производства, имитационное моделирование.

В мире в последнее десятилетие отмечается новая волна освоения космоса, сопровождающаяся не только расширением границ космической деятельности, но и намечающимся переходом к новым космическим технологиям, направленным на повышение её эффективности и безопасности человечества. Для того чтобы достигнуть устойчивого развития на Земле и в космосе, необходимо выйти на новый уровень освоения космического пространства через создание и реализацию сверхглобальной стратегии. Целью любого входящего в такую стратегию проекта будет выживание цивилизации и её развитие, защита Земли и формирование космического человечества.

Существует значительный потенциал становления нового технологического уклада за счёт перехода к экологичным технологиям и проектам, многие из которых давно разработаны и готовы для практической реализации [1]. Одной из таких технологий, относящейся к разряду неракетных полётов в космос, является ОТС – общепланетарное транспортное средство. Оно предназначено для выведения грузов на различные круговые экваториальные орбиты; основано на единственно возможном техническом решении, использующем экологически чистый принцип для выхода в космос – в процессе функционирования отсутствуют какие-либо значимые взаимодействия с окружающей средой (энергетические, механические, химические и другие виды) [2]. Как геокосмическое транспортное средство, ОТС представляет собой гигантское сооружение астроинженерного масштаба в виде устойчивой самонесущей конструкции, для возведения которой потребуется сплав из самых прогрессивных идей и технологий, имеющих на вооружении человечества уже сегодня, а также всех его накопленных знаний и навыков в освоении космоса.

Достаточно ли будет современных инструментов проектирования и производства для создания ОТС? Целью данной статьи является нахождение ответа на вопрос: «Готовы ли инновационные технологии к реализации астроинженерных сооружений общепланетарного масштаба?» Исследование темы требует углубленного изучения не только инструментария проектирования и производства, но и необходимых компетенций инженеров и работников, а также уровня их взаимодействия на стыке разных дисциплин.

В составе каждого элемента ОТС (экваториальный линейный город (ЭЛГ), включающий стартовую эстакаду ОТС; космическое индустриальное ожерелье «Орбита»; биосферные ЭкоКосмоДома (ЭКД) и др.) предполагается использование практически всех известных систем: механических, управления, связи, жизнеобеспечения, безопасности,

силовых, энергетических, гидравлических, пневматических, биологических, компьютерных и многих других.

Создание астроинженерных сооружений является амбициозной задачей для человечества, требующей объединения практически всех современных инструментов проектирования и производства, учитывая весь жизненный цикл реализации подобных систем. Необходимо осмыслить текущие подходы проектирования, производства и разработки новых методик, обладающих большей системностью, прозрачностью и цифровой связностью данных. Помимо этого, следует объединить большое количество специалистов, задействованных в разных дисциплинах и разных странах, создать условия для их совместной деятельности. Для реализации этой задачи также надлежит использовать вычислительные мощности, достаточные для проведения виртуальных экспериментов по элементам ОТС и его подсистемам.

Построение столь масштабных астроинженерных сооружений потребует разработку комплексной системной архитектуры высокого уровня функциональной безопасности, учитывающей все подсистемы, параметры и связи сотен тысяч факторов между ними. Например, современный легковой автомобиль имеет около 300 000 требований, разделённых спецификациями на разные системы и подсистемы. Кроме этого, придётся создавать условия преобразования неопределённости в требованиях, решениях и системных архитектурах в понятные задачи и точные параметры, влияющие на поведение разных систем в разных ситуациях. Для этого необходимо совершенствовать подходы системной инженерии симуляций и имитационного моделирования. Цифровые двойники продуктов и систем,

входящих в архитектуру астроинженерных сооружений, должны обладать качеством, обеспечивающим точность и детализацию 1 : 1 для последующего производства. Помимо множественных расчётов потребуется большое количество виртуальных экспериментов и валидаций, необходимых при разработке астроинженерных сооружений и их систем, при этом будут задействованы практически все доступные программные и аппаратные возможности цифровых платформ. Увеличение количества виртуальных экспериментов и симуляций (по сравнению с типовыми сооружениями) обусловлено также тем, что проведение испытаний прототипов в натуральную величину разных систем и подсистем может быть либо затруднено, либо невозможно.

Учитывая глобальность проекта реализации астроинженерных сооружений, его осуществление потребует точной координации деятельности большого числа поставщиков и изготовителей по всему миру, компаний, участвующих в последующей сборке. Всё это приведёт к необходимости вести параллельно многие процессы: разработки, производства, строительства. При этом значительную роль сыграет комплексная оптимизация проектных, технологических и конструкторских решений: по весовым, энергетическим, прочностным, материаловедческим, эксплуатационным, стоимостным и прочим технико-экономическим характеристикам.

Глобальный процесс компьютеризации, цифровые технологии, развитие киберфизических систем, встраиваемых в средства производства и в различные узлы изделий, автоматизирующие и связывающие разработку, производство и эксплуатацию, позволили на сегодняшний день говорить о прорыве в создании ряда продуктов.

При этом наблюдается повышение сложности и качества новых продуктов, а также ускорение их выпуска и вывода на рынки. Совокупность цифровых и кибернетических технологий в способах разработки и производства – инструмент четвёртой промышленной революции (Индустрия 4.0). Связывание научных дисциплин, технологий и инноваций, возникающих в результате взаимодействия, становится возможным во многом благодаря постоянному росту скорости передачи и обработки информации, использованию цифровых инструментов для совместной и удалённой деятельности. Уже сегодня компании и страны участвуют в коллективных инновациях, создавая среды совместного функционирования на стыке технологий и ускоряя вывод продуктов на рынки во всех областях. При этом обеспечиваются возможности постоянного совершенствования и обновления как способов разработки, так и производства, что ведёт к рождению совершенно новых продуктов (к примеру, при объединении аддитивных технологий, инжиниринга материалов, синтетической биологии) [3].

Цифровые платформы управления жизненным циклом продукта (PLM – product lifecycle management) – сложная цифровая система, составленная из подсистем с индивидуальным инструментарием, затрагивающим разные аспекты разработки, проектирования, проверки решений, производства, эксплуатации, утилизации, оптимизации инженерных решений на всех этапах жизненного цикла. Эта система взаимодействует с единими актуальными данными в текущий момент времени, что позволяет разным участникам создания продукта видеть все прошедшие изменения в смежных областях, коллизии и устранять ошибки до начала изготовления.

На сегодняшний день в PLM-платформы может входить до нескольких тысяч специализированных модулей. Обозначим самые основные для построения астроинженерных сооружений:

- **CAD** – средства автоматизированного проектирования, 3D-моделей или 2D-чертежей физических компонентов;
- **CAE** – средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов;
- **CAM** – средства технологической подготовки выпуска изделий, обеспечивающие автоматизацию программирования и управления оборудованием с числовым программным управлением или гибкими автоматизированными производственными системами;
- **CAPP** – средства автоматизации планирования технологических процессов, применяемые на стыке систем CAD и CAM;
- **PM** – системы управления проектами;
- **PDM** – система управления данными об изделии;
- **WMS** – система управления складом;
- **CMMS** – система управления техническим обслуживанием;
- **CSRM** – управление отношениями с клиентами и поставщиками;
- **MES** – специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства;

- **MOM** – управление производственным процессом (операциями);
- **ERP** – планирование ресурсов предприятия;
- **BIM** – информационное моделирование (или модель) здания;
- **MBSE** – моделирующий подход к системной инженерии;
- **MDB** – бесчертёжная технология, содержащая аннотации и разметку не в 2D-чертеже, а сразу на 3D-модели;
- **VR, AR** – технологии дополнительной и дополненной реальности, создающие виртуальную сцену на основе 3D-макета и динамических данных и через специальные очки моделирующие стереоскопическое поведение для человека. AR позволяет дополнить картину из реального мира элементами виртуализации;
- **IIoT** – промышленный Интернет вещей, технология создания киберфизических объектов путём встраивания компьютеров в исполнительные механизмы, отдельные устройства и целые промышленные линии, позволяющая выстроить все элементы в единую систему, подходящая как для целей производства, так и для эксплуатации. Одной из веток развития IIoT является разработка криптожорей;
- **Digital twin, digital Shadow** – создание цифрового двойника продукта и цифровой тени процесса изготовления, симуляция всех стадий производства с учётом поведения оборудования и оснастки [4].

На сегодняшний день на мировом рынке присутствуют три глобальных производителя платформ «Индустрии 4.0», позволяющих объединить неограниченное количество участников для построения любых продуктов и систем: Dassault Systèmes предлагает ведущие в отрасли приложения на базе платформы 3DEXperience; Siemens – PLM Software предлагает свои решения на базе платформы Siemens PLM; PTC, Inc – на базе платформы PTC.

Комплекс описанных модулей PLM в единой связке позволяет реализовать качественные цифровые двойники как на стадиях конструирования и проектирования изделия, так и на стадии ранних проверок. Только благодаря PLM-платформам и модулям, входящим в их состав (CAD высокого уровня, например, CATIA от Dassault Systèmes),

появляется возможность создавать цифровые двойники повышенной сложности таких объектов, как ОТС или КИО «Орбита», в полную величину, в натуральном масштабе, с машиностроительной точностью на протяжении всей длины объекта без разрывов (например, для ОТС – более 40 000 км). В одном цифровом макете в 3D должны быть спроектированы: рельеф местности, фундаменты, опоры, конструкция эстакады, ОТС. Кроме этого, PLM-платформа позволяет объединить в одновременной разработке нужное количество инженеров и прикладных специалистов, при этом централизованно управляя всей сопутствующей документацией и сохраняя все версии и ревизии изменений в связке с задачами проекта. Такой подход даёт возможность выявлять все нестыковки и отклонения разных

проектируемых областей и систем. В настоящее время имеется опыт создания цифровых двойников с количеством элементов более нескольких миллионов (в качестве примера стоит привести Harmony of the Seas – круизное судно класса Oasis, состоит из порядка 50 000 000 деталей, смоделировано в PLM 3DEXperience).

Ещё одной из важных проблем, которую придётся решать при реализации астроинженерных сооружений, является сведение к нулю ошибок конструирования и производства, так как даже незначительные просчёты, связанные с созданием сложных объектов, могут привести к серьёзным последствиям. Поэтому значимую роль будет играть подход, известный как системная инженерия. Традиционная системная инженерия [5], как бы хороша она ни была, оставляет достаточно возможностей допустить ошибку. Одним из примеров «краха классического подхода» считают аварию спутника НАСА Mars Climate Orbiter (запущен 11 декабря 1998 г.), который после девяти месяцев полёта разбился о поверхность Марса из-за того, что программное обеспечение писали две разные группы разработчиков, использовавших разные единицы измерения: ньютон и фунт-силу [6].

На рисунке 1 приведён пример отличий качества продукта, произведённого с использованием старого (документоориентированного) и усовершенствованного (дата-центричного) подхода системной инженерии MBSE (основанного на совокупности цифровых технологий).

Суть усовершенствованного, моделирующего подхода заключается в комплексном решении, связывающем цифровой двойник продукта в 3D с функциональной

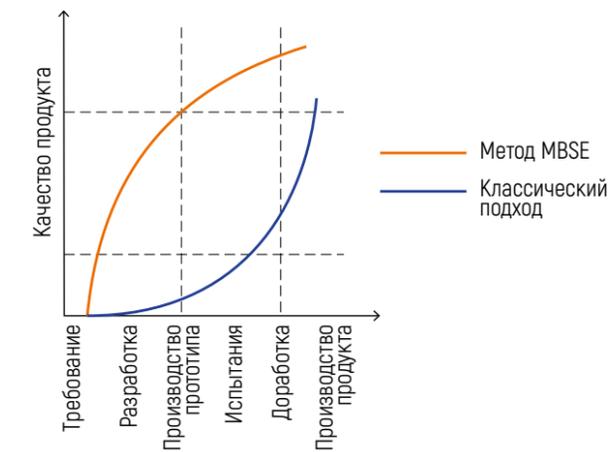


Рисунок 1 – Классический и усовершенствованный подходы в системной инженерии

моделью – FDMU, RFLP [7]. Для ранних проверок правильности поведения используются симуляционные испытания, имитационное моделирование в виртуальном пространстве, анализ на уровне экспертных систем с использованием генерации аномалий, системный анализ воздействий, системный анализ пересечений и конфликтов систем. Получаемые результаты позволяют устранить ошибки, провести мультидисциплинарную оптимизацию изделия, продукта или всей системы, подтвердить удовлетворение всем требованиям. Данный подход существенно повышает отработку ошибок и зрелость продукта на стадиях до производства, снижает влияние человеческого фактора.

Методы MBSE, помимо повышения качества создаваемого продукта и снижения количества ошибок, могут применяться как при проектировании астроинженерных сооружений для разработки систем и их пересечений, так и для связи с существующими системами. Например, для синхронного совместного функционирования систем управления ОТС с системами управления воздушным движением и с системами мониторинга подводных и надводных судов по всей Земле. На современном этапе данные методы широко используются в разработке авиационных и космических систем и программ.

Важной частью цифровой системной инженерии является имитационное моделирование – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с высокой точностью описывающей реальную систему (построенная модель отражает процессы так, как они проходили бы в действительности с учётом неидеальности реальных процессов). Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и для заданного множества, в результате получив достаточно устойчивую статистику. Сегодня сходимость результатов в виртуальном и реальном мирах может достигать до 96 %. Достижением высокой аппроксимации моделирования является Zero-prototyping – сертификация безопасности без реальных краш-тестов (используется BMW AG, Honda Motor Co.). С применением инструментов PLM появляется возможность осуществления комплексного подхода к изучению поведения разрабатываемого продукта и систем. В частности, цифровой двойник в 3D со всеми системами (механическая часть, гидравлика, пневматика, электроника и т. д.) подвергается имитационным симуляциям, включая взаимодействие с различными средами и материалами в динамике. Использование VR может позволить ещё глубже и более всесторонне изучить поведение узлов и агрегатов создаваемого продукта, будь то пассажирская гондола или элементы линейного двигателя ОТС.

Следующий уровень имитационного моделирования включает в себя подключение цифровых моделей физической среды и исполнительных механизмов с их 3D-макетами к управляющим компьютерам (контроллерам), оперирующими цифровыми данными. Таким образом компании Tesla, BMW, Renault и прочие проводят отладку систем управления в виртуальном пространстве с использованием реальных контроллеров, находя лучшие алгоритмы и уже на ранних стадиях устраняя грубые ошибки для таких систем, как АЕВБ, мехатроника, электрические силовые установки. После обучения проводится серия доводочных работ с исполнительными механизмами в условиях реального эксперимента. На таком же принципе можно обучать нейронные сети в виртуальном пространстве и далее переносить полученные результаты на «железо». Подобный уровень моделирования можно использовать в центре управления полётом (ЦУП) для имитации управления ОТС в разных ситуациях с учётом тысяч событий в любой точке и с любой системой, реализуя разные алгоритмы поведения.

Имитационное моделирование имеет очень важное значение для разработки астроинженерных сооружений, так как позволяет в связке с цифровыми двойниками и системной инженерией очень точно отладить способы управления системами; в связке с цифровыми исполнительными механизмами имитировать на Земле способы функционирования систем ОТС, создавая тысячи вариантов взлёта и посадки, выявляя слабые стороны реальных промышленных контроллеров, управляющих ОТС, имитируя разные события и совершенствуя способы поведения и управления ОТС на программно-аппаратной модели. Кроме того, и на Земле возможно аппроксимировать результаты и прорабатывать разные сценарии поведения систем ЭКД в космосе, связки систем жизнеобеспечения и безопасности, заранее подготавливая ЭКД для разных штатных и нештатных событий.

В производственных и строительных целях все вышеописанные инструменты концепции «Индустрия 4.0» (CAD, CAE, CAM, WMS, MES, MBSE, имитационное моделирование и т. д.) также находят своё применение.

Цифровое производство – IoT, AR, Big data (большие данные), цифровая тень (digital shadow) и системы планирования позволяют рассчитать балансировку мощности с учётом разнесения производственных площадок. Подобные системы управления будут востребованы при составлении единых связанных между собой графиков изготовления и строительства астроинженерных сооружений, в первую очередь ОТС, так как это требует одновременных слаженных действий на всём сроке

создания объекта большого количества производственных фабрик и строительных организаций по всему миру.

Если рассматривать сквозные процессы от разработки до производства, проектирования и строительства, то качество получаемого продукта зависит от зрелости процесса на всех этапах жизненного цикла. В классическом варианте выделяют пять таких уровней (таблица).

При построении астроинженерных сооружений важнейшей задачей является повышение зрелости процессов до пятого уровня (классификация CMMI ассоциации ISACA) и создание условий для формирования уровня выше пятого (5+), что в свою очередь потребует повышения цифровой связности элементов систем, квалификации и уровня взаимодействия сотрудников.

При реализации задач индустриализации космоса и построения астроинженерных сооружений также стоит отметить важную роль аддитивных технологий и генеративного дизайна [8]. Благодаря им можно сократить время производства элементов ОТС, оптимизировать массо-габаритные характеристики элементов КИО «Орбита», использовать космические материалы (полезные ископаемые с астероидов, космический мусор), облегчить выпуск необходимых инструментов и деталей без потери прочностных качеств.

Все вышеописанные технологии являются мощным двигателем прогресса практически во всех сферах деятельности цивилизации, способствуют ускорению процесса диффузии технологий и инноваций, что приводит к их ускоренному созданию: начиная от цифровых инструментов совместной разработки, системной инженерии, имитационного моделирования и заканчивая коллаборативными инновациями.

Следствиями ускорения информационного обмена как между группами разработчиков, так и между потребителями, являются повышение конкуренции и появление прорывных технологий. Новые подходы очень быстро дублируются и реализуются во всём мире, вытесняя старые модели бизнеса и продукты, при этом наблюдается падение стоимости технологий, что делает их более доступными и подстёгивает конкуренцию в создании передовых, более совершенных средств производства и разработки, а также более совершенных продуктов и систем. К примеру, стоимость 3D-печати одного и того же изделия снизилась с \$40 000 в 2007 г. до \$100 в 2014 г., а стоимость 1 кВт·ч солнечной энергии в 1984 г. равнялась \$30, но достигла \$0,16 к 2014 г. [8]. Таким образом, диффузия технологий и инноваций способствует удешевлению и упрощению доступа к технологиям [9].

В статье были рассмотрены современные цифровые технологии, их потенциал применительно к реализации

Таблица – Уровни зрелости процессов CMMI

Ценность	Уровень 1 (базовый)	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5 (мировые лидеры)	Уровень 5+
Наименование уровня	Начальный	Повторяемый	Стандартизируемый	Измеряемый	Оптимизируемый	
Необходимость переделывать, %	40	20	10	6	3	< 3
Погрешность прогноза, %	От 30 до 100	От 10 до 20	5	3	1	< 1
Снижение вероятности возникновения дефектов в конечном продукте	X	1/2X	1/4X	1/10X	1/100X	1/1000X
Раннее выявление дефектов, %	< 30	60	80	90	99	99,9
Производительность, %	100	150	200	350	> 400	
Повторное использование, %	Незначительное	Незначительное	Случайное	> 30	> 50	

астроинженерных сооружений на нескольких примерах. Многие проблемы, которые казались неразрешимыми для инженеров и конструкторов 20–30 лет назад, в настоящее время являются не более, чем задачами разной степени сложности. Ограничения могут возникнуть в вычислительных мощностях, но это можно решить, задействовав промышленные мейнфреймы с большим количеством ядер, взятыми, например, в аренду. Цифровизация процессов, ускорение диффузии технологий и инноваций не оставляют сомнений в том, что человечество сегодня обладает всеми возможностями для начала разработки и производства астроинженерных сооружений, необходимых для выживания и устойчивого развития современной земной технократической цивилизации.

Литература

- Кричевский, С.В. Перспективы космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии / С.В. Кричевский // Воздушно-космическая сфера. – 2018. – № 1. – С. 6–15.
- Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.

- Шваб, К. Четвёртая промышленная революция / К. Шваб. – М.: Эксмо, 2016. – 208 с.
- Погонин, В.А. Корпоративные информационные системы: учеб. пособие / В.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе, С.И. Татаренко, С.Б. Путин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – 144 с.
- Системная инженерия: принципы и практика / А.Косьяков, У.Н. Свит, С.Дж. Сеймур, С.М. Биммер; ред. перевода В.К. Батоврин. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 623 с.
- Тэллес, М., Хсих, Ю. Наука отладки / М. Тэллес, Ю. Хсих; пер. с англ. С. Лунина, науч. ред. С. Брудков. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. – 560 с.
- Лихачёв, М.В., Шангина, Е.А. Применение технологии функционального цифрового макета изделия на этапе предконтрактного проектирования космического аппарата // Решетнёвские чтения. – 2013. – № 17.
- Генеративный дизайн: на пороге новой эпохи проектирования / Сообщество IT-специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/panosoft/blog/345500/>. – Дата доступа: 29.05.2019.
- Данилин, И.В. Глобальная диффузия технологий / И.В. Данилин // Международные процессы. – 2008. – Т. 6. – № 3 (18). – С. 53–58.



УДК 001.83

Креативный конструктивизм замысла и развития мегасистемы «ЭкоМир»: инженерное творчество с Модерн ТРИЗ – реинвентинг и перспективы

ОРЛОВ М.А. (г. Берлин)



Раскрываются фундаментальные инварианты и концепты креативного инженерного мышления как сущностные основы проектной прагматики, эстетики и философии мегасистемы «ЭкоМир». Показана реализация креативных принципов «Мáксима Идеальной Системы» и «Мáксима Идеального Изменения», а также феноменологических авторских определений «Предельная система» и «Вечная система» в развитии системотехнических инвариантов «Дорога, путь (way)», «Ресурсы» и «Развивающаяся система» в проектах мегасистемы. Предложены практические механизмы применения теории креативного конструктивизма, развиваемой автором статьи в русле направления Модерн ТРИЗ, для дальнейшего эффективного проектирования и имплементации мегасистемы «ЭкоМир».

Ключевые слова:

ЭкоМир, HyperU, GreenWay, EcoEnergy, SkyWay, SpaceWay, системотехнические инварианты, креативный конструктивизм, креативные принципы, феноменологические определения, Модерн ТРИЗ, Академия МТРИЗ.

Техноцивилизацию создали инженеры. Миллионы изобретательно мыслящих умельцев, ремесленников, мастеров, инженеров и знатоков-учёных в течение нескольких тысяч лет находили новые идеи, строили всё, что нас окружает, производили и совершенствовали всё, что существует в дополнение к созданному Природой.

Вместе с тем техноцивилизация сейчас находится у смертельно опасной черты своего неуправляемого роста. Проблема состоит в нанесении непоправимого ущерба природе по очень многим аспектам. Потребительская, алчная, расточительная эксплуатация окружающего мира подошла к пределам, за которыми он не сможет самовосстанавливаться и обеспечивать жизнь самих людей.

К числу наиболее опасных источников разрушения относятся транспортные системы всех видов, кроме разве что велосипеда. Все эти аспекты доказательно проанализированы в проектных обоснованиях необходимости и возможностей развития мегасистемы «ЭкоМир», выдающаяся концепция и конструктивные идеи которой были предложены ещё в конце 1970-х гг., а впервые опубликованы в начале 1980-х инженером Анатолием Юницким [1–4]. Глобальной миссией мегасистемы «ЭкоМир», по замыслу Юницкого, является предотвращение необратимого перехода красной черты в разрушении природы и построение новой техноцивилизации как экоцивилизации, открывающей перспективы неограниченного гармоничного развития человечества.

Таким образом, важной задачей является увеличение эффективности проектирования и имплементации систем

и компонентов ЭкоМира. Эффективность проектирования включает ускорение и гарантию качества проектных решений. Создание эффективных решений требует от разработчиков и менеджеров особых способностей по креативному проектированию. Однако в учебных заведениях нет программ и методов формирования профессиональных навыков генерации эффективных идей, особенно в сложных проектных ситуациях с острыми противоречиями между требованиями и имеющимися ресурсами для достижения проектных целей.

Требуемые качество, скорость и надёжность обучения специалистов изобретательному системно-организованному проектному мышлению обеспечивают, в совокупности, образовательная методология и технология Модерн ТРИЗ (МТРИЗ), развиваемые в Академии МТРИЗ, основанной автором в конце 1990-х в г. Берлине, Германия. Программы обучения и тренинга по основам МТРИЗ [5–12] необходимы и незаменимы для проектной и производственной деятельности при создании мегасистемы «ЭкоМир» для всех специалистов, включая менеджеров верхнего уровня.

Автор разделяет и поддерживает идеи инженера Юницкого почти 25 лет, а также раскрывает креативное пространство мегасистемы «ЭкоМир» через МТРИЗ-моделирование в своих работах [6–12]. В развитие этого моделирования в настоящей статье впервые, на новом качественном уровне, формулируется обобщение креативных концепций ЭкоМира.

В основе эффективных инженерных идей и решений лежит креативное проектное мышление – способность

и навык мысленно увидеть будущую функцию, конструкцию, процесс. И только затем мысленное видение оформляется в эскизе и чертеже, в математической модели, реализуется в макете, технологии и производстве и, наконец, не считая утилизации, в применении и эксплуатации.

Впервые в истории цивилизации (и в истории инженерного творчества) ТРИЗ – Теория Решения Изобретательских Задач – раскрыла конструктивные принципы и закономерности креативного мышления, предложила креативный инструментарий – методы, модели и примеры – для эффективного изобретательского проектного мышления [13, 14, 15]. Наряду с инженерными знаниями возникло знание о творческом пространстве мышления инженера. Принципы ТРИЗ (ещё без этого названия) впервые были опубликованы в 1956 и 1962 гг. [13, 14] её основателем Генрихом Альтшуллером (1926–1998) и до середины 1990-х гг. ТРИЗ развивалась под его руководством [15].

К середине 1990-х были сформированы начала МТРИЗ в виде новых структур и процедур (экстрагирование, реинвентинг, Мета-Алгоритм Изобретения Т-Р-И-З и др.) для эффективного освоения и практического применения основ ТРИЗ. Создан де-факто «конструктивный язык» представления информации о процессе изобретения, аккумулирования и трансфера изобретательского опыта и решений, язык коммуникации в многопрофильных творческих командах (Think Tank Team).

Методы и модели ТРИЗ (МТРИЗ) при обучении объясняют процесс рождения идеи, а после обучения становятся навигаторами мышления для создания эффективных идей в новых проблемных проектных ситуациях.

Креативные идеи мегасистемы «ЭкоМир» также могут быть эффективно интерпретированы в системе понятий МТРИЗ. Эта интерпретация поможет разработчикам глубже понять креативный конструктивизм, составляющий творческую сердцевину инженерных и социальных преобразований, развиваемых в проектах ЭкоМира. Для краткости рассмотрим примеры на двух ключевых системах ЭкоМира – SkyWay и SpaceWay (хотя, несомненно, все проекты ЭкоМира обладают выдающимися свойствами и характеристиками и отвечают рассматриваемым моделям и обобщениям).

Фундаментальным метафорическим ТРИЗ-принципом, задающим вектор развития и эволюции систем, является, в интерпретации автора, Максима Идеальной Системы: функция есть, а системы, её реализующей, «нет». Здесь присутствуют два креативных тренд-аспекта: 1) нет привычной системы для получения нужной функции; 2) функция создаётся другими (окружающими) системами либо её реализация перешла на другой уровень – вышестоящий

или нижестоящий. Ценность метафоры в том, чтобы устранить тормозящий стереотип привычного мышления, задать «невозможную» цель. Раскроем (экстрагируем) внутренние креативные «пружины» базовой струнной концепции – SkyWay.

В чём состоят ограничения развития привычных дорог? Они не прямые, они громоздки по конструкции, энергоёмкие и ресурсоёмкие, экологически недружественные, а значит, дорого обходятся человечеству. В итоге они просто «медленные» и принципиально не имеют перспективы развития (остановились в развитии). Таковыми являются все известные дороги – от сельской грунтовки до суперсовременного маглев-комплекса. Может ли быть построена подобная «дорога», чтобы все эти недостатки исчезли?

Именно такая «идеальная дорога», «идеальная система» и была изобретена А.Э. Юницким в виде струнной концепции, положенной в основу проектов SkyWay.

Маркерами эволюции технической системы «Дорога» для увеличения скорости и грузовой эффективности являются пять технореволюций:

1-я революция (6000 лет назад, Шумерское государство в Месопотамии): собственно, изобретение колеса – деревянного, потом – железного и т. п.;

2-я революция (5000 лет назад, Египет; 4000 лет назад, Европа): изобретение пары «колесо – искусственная дорога» (деревянная, каменная);

3-я революция (500 лет назад, рудники Англии, Ирландии, России): изобретение пары «чугунное колесо – чугунный литой рельс»;

4-я революция (160 лет назад, Роберт Томсон): изобретение пары «пневматическое колесо – дорога» (грунтовая, каменная, бетонная и др.);

5-я революция (30 лет назад – конец 1970-х, Анатолий Юницкий): изобретение пары «стальное колесо – стальной струнный рельс».

А.Э. Юницкий изобрёл принципиально новую дорогу – поднятую над землёй (SkyWay), что соответствует ТРИЗ-модели «Переход в другое измерение» с возможностью связывать пункты старта и прибытия по прямой (согласуется с моделями «Изменение агрегатного состояния», «Замена механической среды», «Применение композиционных материалов» и «Посредник»). Разумеется, старого принципа дороги для достижения новых скоростей и пропускной способности больше не существует.

Рельсо-струнная (предварительно напряжённая) дорога – это неожиданное, креативное, смелое решение. Именно оно обладает, по ТРИЗ, выдающимися системо-



образующими сверхэффектами: создание экологических резиденций для пользователей этих дорог, рациональное использование и очищение земли, обеспечение безопасности и комфорта.

В таком же ключе можно рассмотреть идею струнного рельса А.Э. Юницкого, «отрицающего» классический монолитный (сплошной) рельс даже при его применении в различных версиях монорельсовых эстакадных дорог.

Радикальная проблема железнодорожной пары «стальное колесо – стальной рельс» состоит в том, что рельс имеет малый радиус прогиба, и поэтому железнодорожное колесо катится не по «идеально» ровному пути, а всё время как бы «выбирается из ямы» – из прогнутого рельса. И так для всех нескольких десятков или сотен колёс тяжёлого поезда (сосредоточенной нагрузки). На преодоление непрерывного сопротивления тратится колоссальная энергия.

Струнный «умный» рельс – в соответствии с ТРИЗ-моделью «Матрёшка» – имеет сердцевину из десятков и сотен проволок, натянутых каждая как струна, а все вместе – как единая мощная и идеально прямая «супер-струна». Вот она – Мákсима Идеальной Системы: функция «идеальной» дороги есть, а привычного рельса нет. Изобретён новый «идеальный» рельс-система.

Теперь обратим внимание на то, что здесь присутствует ещё одна креативная ТРИЗ-метафора в интерпретации МТРИЗ – Мákсима Идеального Изменения: «изменений нет», а результат есть. Иное выражение для этой максимы такое: получить результат, «ничего не меняя»!

Действительно, внешне струнный рельс выглядит достаточно «солидно» и «монолитно», а потому кажется, что и он недалеко ушёл по радиусу прогиба от классического монолитного рельса, поскольку нет особых изменений, кроме внешней формы. Однако это не так: струнный рельс – принципиально новая техническая система. Так что внешних изменений нет (почти), а новая функция есть!

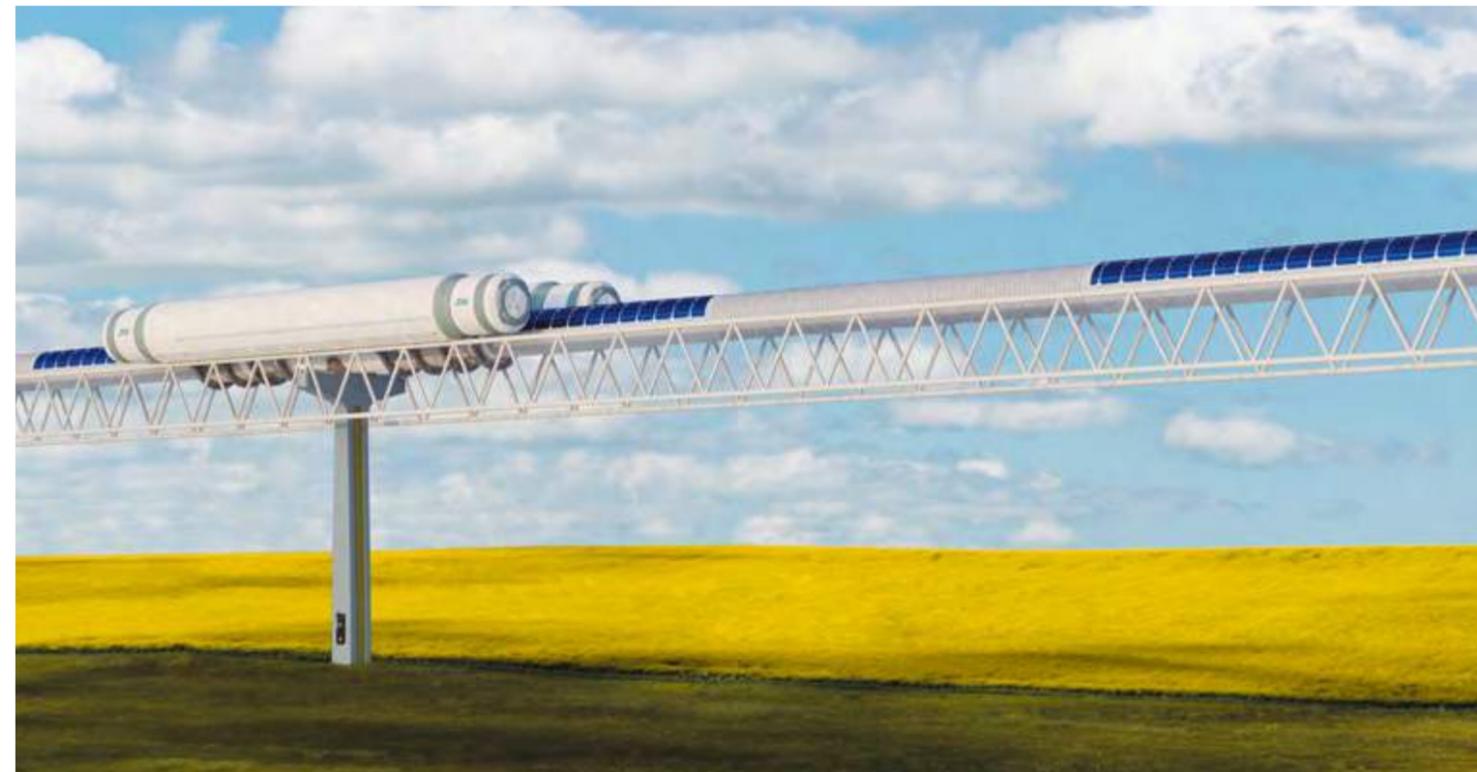
Далее, здесь реализовано чрезвычайно важное системотехническое определение МТРИЗ «Предельная система»: принцип такой системы не может быть превзойдён, она является наилучшей в классе всех систем этого вида. Принцип струнной дороги не может быть улучшен по совокупности свойств в классе-понятии «Дорога» как механической транспортной системы на основе системного инварианта этого класса – пары «колесо – рельс».

Немаловажно отметить, что струнный рельс становится системным инвариантом многих транспортных проектов, дающих название классу «струнные транспортные

системы», включающих SkyWay, HyperU, SpaceWay. Креативное проектирование этих систем охватывается приведёнными понятиями по аналогии с примером на основе струнной конструкции SkyWay. В свою очередь, все эти системы вместе со струнной концепцией являются системообразующей сердцевиной-инвариантом сложных комплексов и мегасистем GreenWay, EcoEnergy, «ЭкоМир».

Для развития исследования креативного конструктивизма в системах «ЭкоМира» покажем присутствие ключевых системотехнических и креативных концептов, инвариантов и моделей в общепланетарном транспортном средстве (ОТС), идея которого предложена инженером А.Э. Юницким в конце 1970-х гг., а впервые опубликована в 1982 г. [1].

Прежде всего, ОТС является «Предельной системой» – её общая идея и физико-технические принципы (разгон, подъём в ближний космос, маневрирование, пребывание в космосе, возврат на Землю), а также принципы конструкционных трансформаций в процессе функционирования (телескопические структуры, растяжение-сжатие материалов) уникальны в своём роде для самонесущих геокосмических летательных аппаратов, не нуждающихся в точке опоры (принцип «барона Мюнхгаузена»). Изобретения А.Э. Юницкого создают конструктивную инженерную и креативную парадигму для осуществления устремлений



русского космизма и потому открывают новую историю земной, точнее, геокосмической, цивилизации.

В ОТС реализована Мákсима Идеальной Системы: линейный (ленточный) ротор, раскрученный в вакуумном канале до скорости, превышающей первую космическую, приобретает способность самостоятельно подниматься в космос, не теряя при этом устойчивость – он будет всё время растянут, как кольцевая струна.

В функционировании ОТС важную роль играет присутствие Мákсимы Идеального Изменения: удлинение окружности кольцевой структуры (роторов и корпуса) во время и после подъёма на заданную орбиту составляет незначительную долю от её длины на стартовой конструкции. Так, при расширении ротора от диаметра (упрощённо) 12 700 км при стартовой окружности длиной примерно 40 000 км до диаметра орбиты, например, в 13 100 км (т. е. при «высоте» орбиты в 200 км над поверхностью Земли) и длине орбиты (а значит, и ротора) в 41 100 км относительное удлинение ротора составит 2,75 %. Из чего следует заключить: такое удлинение может быть обеспечено даже за счёт безопасного упругого растяжения материала ротора и совершенно надёжно осуществимо при применении управляемых телескопических конструкций.

Количество инструментальных креативных моделей в идее ОТС включает почти все модели классической ТРИЗ. Приведём здесь наиболее важные, доминирующие, модели

в самой упрощённой иллюстративной интерпретации: «Изменение агрегатного состояния объекта» – растяжение-сжатие системных компонентов конструкции; «Замена механической среды» – струнная структура основных конструкций; «Динамизация» и «Наоборот» – разгон для взлёта и торможение для посадки ротора; «Копирование» – самостабилизация ротора по принципу раскрученного лассо; «Периодическое действие» – возможность взлёта-посадки; «Посредник» – ротор поднимает грузы; «Переход в другое измерение» – ротор раскручивается в плоскости (2D-система), а поднимается-опускается по высоте (3D-система); «Антивес» – центробежные силы поднимают ОТС; «Матрёшка» – взлётно-посадочная система и система ротора с оболочкой являются вложенными структурами. Подобные примеры могут служить эффективным обучающим контентом для проектировщиков ЭкоМира.

Наконец, обратим внимание на то, что идеи комплексов «ЭкоМир» точно соответствуют ещё одному системотехническому определению МТРИЗ «Вечная система»: человеко-техническая система, обладающая свойством неограниченной длительности жизни благодаря способности к самосохранению, самовосстановлению, самообновлению и саморазвитию. Нетрудно видеть, что комплексы GreenWay, EcoEnergy, «ЭкоМир» имеют все признаки, отвечающие определению «Вечная система».

Следует отметить, что это не значит, что все предыдущие поколения технических систем «умирают» (часть из них действительно будет демонтирована и отменена), в большинстве своём они перейдут в другой статус, сохранившись в более адекватных нишах применения.

Приведённые примеры исследования системных свойств, возникающих на основе изобретательских идей А.Э. Юницкого и составляющих креативную сердцевину всех проектов ЭкоМира, раскрывают ведущие креативные концепты внутреннего творческого пространства мегасистемы «ЭкоМир». Эти концепты относятся к уровню инженерной философии и философии творчества в целом. При этом мы фактически осуществили «реинвентинг» идей А.Э. Юницкого на этом уровне.

Вместе с тем актуальной проектной работе могут и должны способствовать методы и модели «инструментального» уровня. Для решения большинства каждодневных задач достаточно методических знаний и умения применять инструменты, представленные в базовых книгах автора [5–7, 10].

Технология обучения и практической работы основана в МТРИЗ на двух методах: экстрагирование – выявление, извлечение эффективных креативных моделей

из ранее сделанных инноваций и изобретений; реинвентинг – моделирование, воспроизведение полного процесса создания идеи таким образом, как будто бы это изобретение было сделано с применением моделей ТРИЗ. Именно такой способ представления знаний в МТРИЗ позволяет моделировать и изучать логическую структуру и процедурные составляющие процесса изобретения идей.

Для стандартизации представления информации предложен «предельный» Мета-Алгоритм Изобретения Т-Р-И-З – методическая схема описания преобразований и результатов реинвентинга, состоящая из четырёх функциональных этапов: Тренд (постановка цели) – Редукция (формулирование противоречий) – Инвентинг (поиск идей) – Зуминг (анализ идей в разном масштабе). Первые буквы названий этапов и дают аббревиатуру Т-Р-И-З в названии мета-алгоритма.

Поскольку все примеры МТРИЗ-моделирования и все процессы создания новых решений следуют мета-алгоритму Т-Р-И-З, это обеспечивает де-факто стандартизованный формат представления информации, что радикально упрощает процесс обучения, становится простым структурным форматом документирования реинвентингов

и инвентингов (новых решений), понятным языком коммуникации в многопрофильных группах поиска решений (Think Tank Team), эффективным базовым объектом для аккумуляции креативного проектного опыта и трансфера этого опыта между подразделениями компании и рабочими группами.

Следовательно, освоение основ МТРИЗ представляется автору эффективным и даже незаменимым компонентом проектной деятельности, достойным интеграции в процесс создания мегасистемы «ЭкоМир».

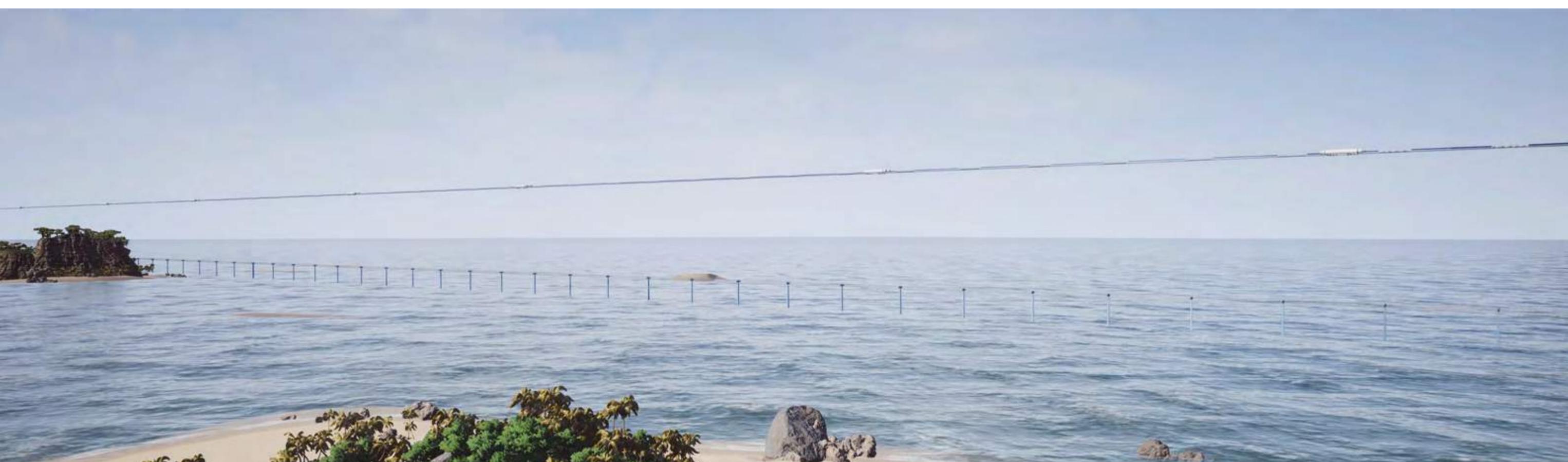
Литература

1. Юницкий, А.Э. В космос... на колесе / А.Э. Юницкий // *Техника – молодёжи*. – 1982. – № 6. – С. 34–36.
2. Юницкий, А.Э. Программа ЭКОМИР / Центр «Звёздный мир». – Гомель, 1988. – 67 с.
3. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.

4. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
5. Орлов, М.А., Орлова, В.Н. Блиц-ТРИЗ. Мини-конспект по ключевым элементам ТРИЗ – Теории Изобретения Г.С. Альтшуллера – в формате Модерн ТРИЗ / М.А. Орлов, В.Н. Орлова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2018. – 48 с.
6. Орлов, М.А. Азбука современной ТРИЗ. Базовый практический курс Академии Модерн ТРИЗ / М.А. Орлов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2019. – 516 с.
7. Орлов, М.А. Через тернии – к звёздам! Истоки ТРИЗ и творческой личности / М.А. Орлов. – Минск: Харвест, 2013. – 192 с.
8. Орлов, М.А. Нетрудная ТРИЗ / М.А. Орлов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2011. – 384 с.
9. Орлов, М.А. Основы классической ТРИЗ / М.А. Орлов. – 5-е изд. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 432 с.
10. Orloff, M. ABC-TRIZ. Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling – Springer Nature / M. Orloff. – Basel: Springer International Publishing AG Switzerland, 2016. – 536 p.

11. Orloff, M. Modern TRIZ. A Practical Course with EASyTRIZ Technology / M. Orloff. – New York: Springer, 2012. – 465 p.
12. Orloff, M. Inventive Thinking through TRIZ: A Practical Guide / M. Orloff. – 2nd issue. – New York: Springer, 2016. – 352 p.
13. Альтшуллер, Г.С., Шапиро, Р.Б. О психологии изобретательского творчества / Г.С. Альтшуллер, Р.Б. Шапиро // *Вопросы психологии*. – 1956. – № 6 – С. 37–49.
14. Альтшуллер, Г.С. Как научиться изобретать / Г.С. Альтшуллер. – Тамбов: Тамбовское книжное изд-во, 1961. – 128 с.
15. Альтшуллер Г.С., Верткин, И.М. Как стать гением. Жизненная стратегия творческой личности / Г.С. Альтшуллер, И.М. Верткин. – Минск: Беларусь, 1994. – 479 с.

© Орлов М.А., 2019



Особенности методов управления проектированием объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля

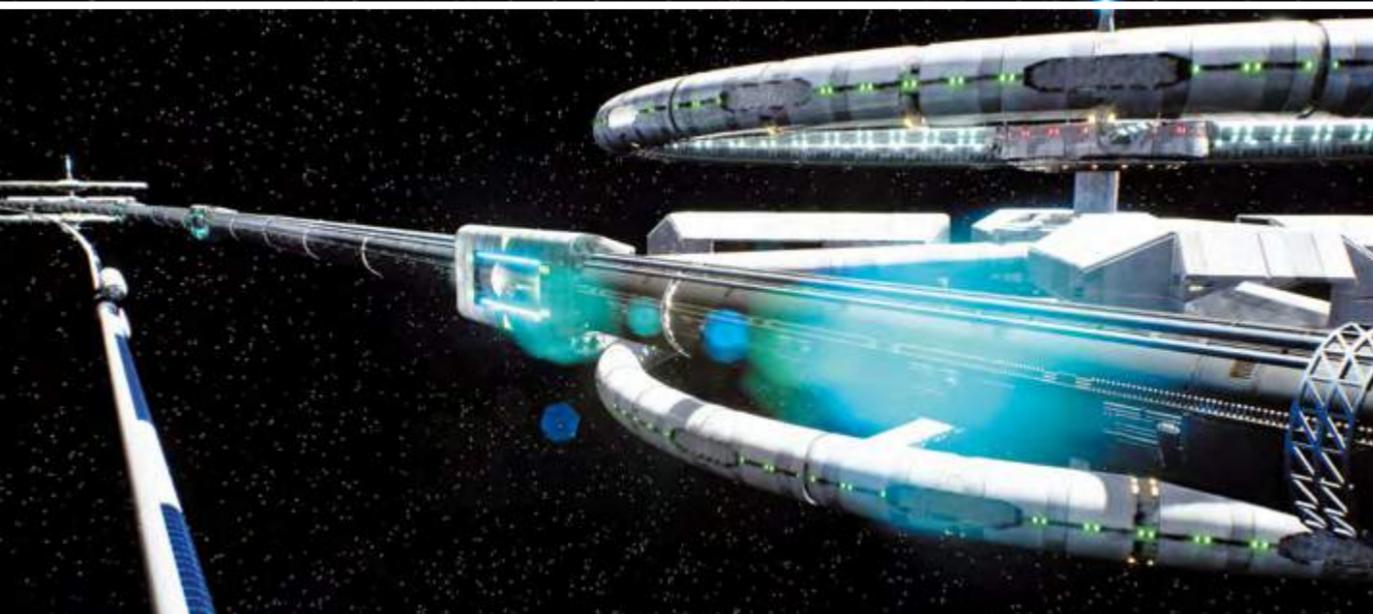
КАЗНАЧЕЕВ Д.В. (г. Москва)



ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) – технически сложный объект как с точки зрения проектных решений, так и с точки зрения управленческой составляющей проекта. Ввиду этого назрела необходимость в формировании нового подхода в методике управления проектом, которая может положительно влиять на сроки проектирования, взаимодействие между специалистами, быть гибкой к поставленным многовекторным задачам и способствовать их решению. Рассмотрен мировой опыт управления проектами в различных сферах деятельности, изучен программный продукт ENOVIA Program Management как инструмент для управления проектированием.

Ключевые слова:

ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля), управление проектом, ENOVIA Program Management, 3DExperience.



ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) как объект строительства многогранен, что влечёт за собой множество дополнительных задач [1]. При его реализации необходимо учитывать массу требований в различных сферах, таких как создание замкнутой экосистемы, обеспечение требований экологии, безопасности, экономики и строительства. Ещё одной значимой особенностью данного объекта является стадийность его эксплуатации: первый этап – рентабельный гостиничный бизнес с закрытой рекреационной зоной отдыха; второй – научные исследования замкнутой биосферы как аналога космического поселения. ЭКД-Земля – лишь малая часть глобальной программы индустриализации космоса, охватывающей общепланетарное транспортное средство (ОТС), экваториальный линейный город (ЭЛГ), а также космическое индустриальное ожерелье «Орбита» [КИО «Орбита»), которое в свою очередь включает в себя биосферные ЭкоКосмоДома, модель которых будет реализована в ЭКД-Земля [1]. Одна из основных задач проекта на Земле – создание замкнутой, независимой от внешнего мира, автономной биосферы, что само по себе представляется нетривиальной задачей для проектирования. Подобных удачно реализованных аналогов в мире не существует.

Согласно нормативным документам ЭКД-Земля относится к первому классу сложности (К-1: 5.1.2 Больше-пролётные здания и сооружения с пролётами св. 100 м и п. 5.1.20 Здания и сооружения, для проектирования и строительства которых требуется разработка специальных технических условий – СТУ) [2]. СТУ – документ, содержащий технические нормы, разработанные на конкретный

объект капитального строительства. В случае если в ходе проектирования объектов разных типов нет возможности соблюсти все нормы и требования, установленные законодательством, или если нормативно-технической документацией не устанавливаются требования к объекту, разрабатываются СТУ, учитывающие данные особенности строительства.

В связи с изложенным выше крайне важно перед началом проектирования выбрать оптимальную методику управления проектом. Любой проект состоит из набора процессов (начальных условий, требований, достижений предполагаемых результатов вех, фаз, этапов, последовательности процессов, задач, операций), которые имеют даты начала и окончания их реализации и должны составлять единую систему. Вехами проекта называют его контрольные точки, по которым отслеживается достижение промежуточных результатов. При получении результатов, отвечающих конкретным заранее заявленным требованиям, достигаются цели проекта. В ходе реализации проекта необходимо постоянно производить мониторинг поставленных задач на предмет их исполнения и соответствия требованиям заказчика. На определённых вехах происходит оценка глубины и степени завершенности задач, соответствие полученных результатов установленным требованиям, при необходимости происходит корректировка последующего плана.

Методы управления проектами имеют положительные и отрицательные стороны. Выбор способа и его применение зависят от ожиданий клиента, вида и содержания проекта [3]. Важность грамотного определения метода управления

проектированием можно осознать, изучая мировой опыт и наблюдая за успехами и провалами масштабных программ. Например, в реализации миссии «Аполлон» участвовали 400 000 сотрудников НАСА и 20 000 компаний и университетов. Амбициозная цель – высадка человека на спутнике Земли и возвращение его обратно – потребовала невероятного количества ресурсов, кооперации усилий, инноваций и планирования. Задача по управлению данным проектом была возложена на доктора Дж. Мюллера. Его ключевым решением стало разделение проекта на несколько частей, что позволило легче и эффективнее контролировать все составляющие его части. Разработанная им система показала свою эффективность и проект был завершён с опережением сроков [4].

Для полноты анализа автором данной статьи рассмотрен мировой опыт управления проектами в различных сферах деятельности. Проанализированы следующие способы и методы управления: адаптивные рамки проекта (Adaptive Project Framework), реализация выгод (Benefit Realization – BF), гибкая методология разработки (Agile), метод критической цепи (Critical chain project management), метод критического пути (Critical path method), канбан (Kanban), Lean, PRISM, проектный менеджмент на базе процессов (Process-Based Project Management – PBPM), Scrum, Waterfall и др.

После проведения исследований выбраны основные методологии, ключевые параметры которых больше всего подходят для успешной реализации объекта «ЭКД-Земля».



Agile. Гибкая методология, ключевыми параметрами которой являются ресурсы, создание команды, командная работа, сотрудничество и поиск компромиссов между сотрудниками. Дополнительное важное преимущество данной методологии: участники процесса быстро вносят корректировки и выдают результат. Agile побуждает участников процесса быть сконцентрированными на конкретной задаче и исключать из работы временные потери, не связанные с решаемой задачей, максимально повышая эффективность совместной работы. Документированность в этом подходе имеет второй приоритет, а основным приоритетом считается поиск работающего решения и проверка соответствия найденного решения предъявляемым требованиям [5].

Critical chain project management. Основан на формировании ключевых задач с конечной датой завершения проекта. Логические связи, выстроенные между задачами, учитывают возможные ограничения резервных временных фондов. Другими словами, данный метод определяет некий критический путь (последовательность задач) с определёнными сроками, которые при их нарушении компенсируются за счёт буфера времени, выделенного на непредвиденные обстоятельства и спланированного заранее (вводится механизм управления рисками). Основная задача метода критической цепи – создать условия интенсивной работы, увеличить эффективность работы команды за счёт устранения страховочных запасов времени в отдельных задачах. Метод повышает отдачу команды, обратную связь и ориентирует всех на единый результат [6].

Kanban. Его отличительная черта – визуализация постоянного потока задач, с помощью чего происходит выявление проблемных моментов, что позволяет быстро реагировать и обращать внимание на задачи, которые не выполняются [7].

PRISM. Методология, ориентированная на так называемые «зелёные» объекты и направленная на снижение негативных социальных и экологических последствий в проектной деятельности. PRISM позволяет рационально использовать материальные и нематериальные ресурсы, разумно распределять природные ресурсы и учитывает факторы, оказывающие воздействие на экологию (прямые и косвенные) [8].

SCRUM. Метод, основанный на работе в команде и решении задач в фиксированные интервалы времени,

называемые спринтами. Целью спринта является решение поставленной задачи. Разработка проекта в данном методе происходит с помощью итераций. Для SCRUM характерны следующие правила: планирование и управление списком требований; планирование итераций; взаимодействие между членами проектной команды; анализ и корректировка процесса разработки. В этой методологии очень важна роль лидера, а роли каждого участника команды чётко расписаны, при этом каждый из участников может иметь несколько ролей. Чаще всего в SCRUM-команду входит около семи человек, они сами определяют, как решить ту или иную задачу. Методология позволяет урегулировать чёткие задачи, которые имеют конечную определённую цель. SCRUM больше ориентирован на процесс разработки продукта, а не на процесс управления, и может дополнить собой другой управленческий процесс [9].

Waterfall. Каскадная модель планирования, в которой задачи следуют друг за другом поочерёдно, окончание одной задачи или нескольких обычно означает достигнутую веху. В данной методологии для контроля за исполнением используют календарно-сетевые графики проектов (диаграммы Ганта) [10].

Немаловажным фактором для успешного ведения проекта является использование подходящих программных продуктов, позволяющих в комплексе с методологией контролировать процесс проектирования. ENOVIA Program Management – продукт платформы 3DExperience от компании Dassault Systèmes – выбран для исследования как пример программного обеспечения, содержащего необходимый функционал [11]. Основные задачи, решаемые при помощи ENOVIA Program Management: инициация проекта, его планирование, исполнение, мониторинг и контроль поставленных задач, закрытие проекта. Данная платформа связана с основными программными продуктами, используемыми в работе (MS Office, MS Project и др.). Все это позволяет быстро ориентироваться в самой структуре объекта и быстро реагировать на различные изменения (постановка задач исполнителям, отслеживание ресурсов, отслеживание и корректировка календарного графика, хранение и доступность для исполнения необходимой информации). Следующее преимущество платформы: при наличии договорённостей и технической возможности с любого устройства в любой точке мира можно подключиться к проекту или подключить нового участника.



Проведённое исследование показало, что при условии многовекторной неопределённости различных параметров объекта «ЭКД-Земля» и его многозадачности, использование одной, давно известной, методологии может оказаться неэффективным. Многозадачность диктует свои правила управления проектированием. В связи с тем, что задачи в проекте, многопрофильные, имеют разную направленность, срок исполнения, сложность, ресурсную необходимость и другие критерии, для эффективного управления данным проектом необходимо ориентироваться на ключевые показатели некоторых рассмотренных методологий: Agile и SCRUM – ресурсы и их взаимодействие, Kanban – визуальная составляющая отслеживания результатов, PRISM – экологические аспекты при проектировании, Waterfall – для определённых задач и отслеживания всей структуры проектирования. Немаловажным является и возможность дорабатывать систему, внедряя или корректируя используемые методы и подходы. Программное обеспечение, используемое для управления проектированием, должно быть ориентировано на конкретный объект, быть гибким с точки зрения управления, а также иметь удобный интерфейс пользователя (юзабилити). Программный продукт должен помогать отслеживать критичные места для своевременного реагирования. Грамотный выбор методологий, по их ключевым ценностям, в совокупности с программным обеспечением, квалифицированными специалистами и чётким пониманием основной цели способствуют решению всех поставленных задач и возникающих проблем, которые могут встречаться при проектировании объекта ЭКД-Земля, а также более глобальных объектов, необходимых для широкомасштабного освоения космоса.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Государственный стандарт Республики Беларусь «СТБ 2331-2015 «Здания и сооружения. Классификация». – Введ. 01.04.2016. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2015. – 12 с.
3. Национальный стандарт российской федерации «ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Руководство по проектному менеджменту». – Введ. 01.03.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 46 с
4. *Managing the Moon Program: Proceedings of an Oral History Workshop Conducted July 21, 1989* / H.W. Tindall, G.E. Mueller, O.W. Morris, M.A. Faget, R.A. Gilruth, C.C. Kraft; Moderator J.M. Logsdon. – North Charleston (SC): CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012. – 52 p.
5. Кон, М. Agile: оценка и планирование проектов / М. Кон. – М.: Альпина Паблишер, 2018. – 460 с.
6. Голдратт Элия, М. Критическая цепь. / М. Голдратт Элия. – Минск: Попурри, 2017. – 240 с.
7. Андерсон, Д. Канбан. Альтернативный путь в Agile / Д. Андерсон. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 336 с.
8. Ротаенко, Т.О., Бадин, П.С. Методология PRISM как эффективный способ управления экологическими проектами / Т.О. Ротаенко, П.С. Бадин // Тенденции развития науки и образования [Электронный ресурс]. – 2018. – № 42. – Ч. 2. – Режим доступа: http://journal.ru/wp-content/uploads/2018/10/lj30.09.2018_p2.pdf. – Дата доступа: 29.04.2019.
9. Сазерленд, Д. Scrum. Революционный метод управления проектами / Д. Сазерленд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 227 с.
10. Waterfall – каскадная модель планирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/flood/42084-agile-ili-waterfall-sravnenie-metodologiy-veb-razrabotki>. – Дата доступа: 29.04.2019.
11. ENOVIA Program Management продукт платформы 3DExperience от компании Dassault Systèmes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.3ds.com/ru/produkty-i-uslugi/enovia/>. – Дата доступа: 29.04.2019.





УДК 316.6

Принципы построения здоровой среды для жизни, деятельности, развития и отдыха человека в условиях ЭкоКосмоДома

ЕРАХОВЕЦ Н.В. (г. Минск)



Проанализирован портрет потенциального жителя-испытателя ЭкоКосмоДома (ЭКД), рассмотрен спектр потребностей человека, которые необходимо учесть при создании замкнутого пространства для его жизни, обозначен ряд принципов построения здоровой среды с учётом как биологических, так и планировочных, организационных особенностей, оказывающих влияние на физическое и психологическое здоровье. Обозначена необходимость рассмотрения перспективы развития человека для создания пространства, соответствующего тенденциям будущего.

Ключевые слова:

ЭкоКосмоДом (ЭКД), устойчивая здоровая среда, иерархия потребностей, пермакультура, салютогенез, самоактуализация.

Появляясь на свет, человек изначально имеет всё необходимое для его жизни. На нашей планете эволюционно созданы условия для удовлетворения базовых физических потребностей, благодаря которым и возникла возможность зарождения землянина: состав воздуха, приемлемый диапазон температур, наличие воды, почвы, продуктов питания, многообразие живых организмов и др. Человек рождается в семье и сразу же становится членом «ячейки общества», а значит, и его социальные потребности имеют всё необходимое для удовлетворения, так как это является жизненно необходимым для ребёнка. Решаются потребности в безопасности, принадлежности, любви. В современном обществе первые двадцать лет жизни каждого индивидуума настолько чётко распланы, что удовлетворение таких потребностей, как развитие, уважение, самореализация зависят не столько от прикладываемых усилий, сколько от восприятия окружающего мира и событий. Для самоактуализации и раскрытия внутреннего потенциала перед человеком открыт весь мир, в котором он свободен в выборе форм реализации и этих потребностей [1].

В данной статье рассматривается ряд вопросов. Что произойдёт, если попытаться создать изолированное пространство для жизни человека? Что оно должно в себя включать, из чего состоять, чтобы не остановить, а, наоборот, ускорить развитие находящихся в нём людей? Ведь именно таким пространством и становится ЭкоКосмоДом (ЭКД) [2].

Для того чтобы создать здоровую среду для жизни, деятельности и отдыха, необходимо определить перечень потребностей, которые нужно учесть в формируемом пространстве и обществе, проанализировав психологический портрет потенциального жителя-испытателя ЭКД с учётом

его «слоя» потребностей и возможности их развития и роста. При этом важно:

- определить нижнюю допустимую грань развития личности для участия в проекте в качестве испытателя;
- рассматривать складываемое сообщество испытателей как единое гармоничное целое, в котором люди как элементы дополняют друг друга в различных аспектах (профессиональных, физических, эмоциональных и иных);
- иметь ввиду необходимость саморазвития и личностного роста как одну из потребностей любого человека;
- учитывать условия замкнутого пространства для жизни человека, обособленность от привычных природных элементов, таких как просторы неба, дальность горизонта, возможность сменить обстановку и др.;
- принять во внимание условия ограниченного круга общения и невозможность его изменения на протяжении определённого времени;
- брать в расчёт возможность возникновения чрезвычайных и непредвиденных обстоятельств;
- учесть другие факторы, влияющие на изменение поведения, здоровья и восприятия человека внутри замкнутого пространства.

Для получения дополнительной информации по возможным критериям выбора жителей ЭКД были изучены современные требования, предъявляемые к космонавтам при отборе в ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина» [3]. В качестве основных факторов учитываются возраст, медицинские

показания, антропометрические данные (строгие рамки по росту, весу и другим параметрам), физическая подготовка (выносливость, сила, ловкость), наличие высшего образования по инженерным или лётным специальностям с опытом работы не менее трёх лет, способности к обучению и к операторской деятельности, знание иностранных языков и основ космонавтики, отсутствие судимостей и уголовного преследования. Кроме того, проводятся специальные психологические исследования и наблюдения психологами-экспертами. При этом анализируются индивидуальные (эмоциональные, познавательные, волевые) и социальные (степень профессионального самоопределения, коммуникабельность, стремления и склонности личности) психологические характеристики.

Для более глубокого понимания проблематики проанализированы социальные и психологические проблемы, которые возникали в других экспериментах, проводимых в закрытых экосистемах, таких как БИОС-3 [4] и «Биосфера-2» [5]. На общее состояние людей данных проектов влияли как факторы внешней среды (недостаток кислорода, продуктов питания, тяжёлый ежедневный труд), ведущие к ослаблению здоровья и, как следствие, к подавленному моральному состоянию, так и межличностные отношения. Трудности, с которыми сталкивались испытатели, разделяли их на группы с противоположными мнениями и порождали конфликты. Эти разногласия в свою очередь провоцировали ещё большее ухудшение и так подорванного здоровья.

Прежде чем в будущем ЭкоКосмоДома будут построены на орбите, принципы построения закрытых экосистем с определённым социумом внутри должны быть отработаны на Земле.

Из вышесказанного можно определить, что критерии отбора испытателей для ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля) должны включать в себя физические характеристики человека (здоровье, физическая подготовка), наличие необходимых знаний (общих, профессиональных, о предметах исследований) и определённые психологические качества (личные и социальные). Автором данной статьи также предлагается впоследствии рассмотреть систему подбора кандидатов на основе «командной матрицы» – системы, когда необходимые характеристики единой команды распределяются на её отдельных участников, создаются аватары будущих специалистов, из которых складывается команда, полноценная для конкретных целей.

Для формирования представления о ряде условий, которые необходимо организовать в ЭКД, рассмотрены различные теории потребностей человека. Примерами

могут служить пирамида А. Маслоу [1] и спиральная динамика К. Грейвза, Д. Бека и К. Кована [6]. Обе системы представляют собой иерархии потребностей, отражающие развитие человеческого сознания, а также общества в целом от физического уровня, включающего лишь спектр личных потребностей, до уровня полного раскрытия потенциала с глобальным видением и интегральным подходом [7]. Причём нахождение на более высоких уровнях развития не отрицает необходимость удовлетворения потребностей предыдущих уровней, а, наоборот, подчёркивает их реализацию как базу для дальнейшего роста. Таким образом определено, что для полноценной жизни человека в условиях закрытого пространства необходимо предусмотреть возможность удовлетворения всего спектра потребностей: от базовых физиологических до полной самоактуализации.

Так как моделирование условий для удовлетворения базовых потребностей – это фундамент всего эксперимента, то им необходимо уделить должное внимание в первую очередь. Причём важно отметить, что данная база подразумевает под собой гармоничное сочетание всех физических составляющих биосферы не только для человека, но и для животных, растений и других живых существ. К таким составляющим относятся: поддержание климатических параметров, составов воздуха, почвы, воды, наличие необходимого количества продуктов питания с содержанием нужных витаминов, микро- и макроэлементов, разнообразие видов растений, животных и других элементов природы.

Если обратиться к планете Земля как к единственному аналогу благоприятных условий для жизни Homo sapiens, то становится очевидным, что основой этих условий является Природа. Следовательно, в замкнутой искусственной биосфере необходимо сформировать максимально природные условия проживания человека в сочетании с необходимыми техническими достижениями цивилизации.

Современным природным способом организации пространства, озеленения и земледелия является пермакультура [8]. Преимущество данного подхода в использовании природных, а не природоподобных технологий. Создатели и приверженцы этого направления – наблюдатели за Природой, которые одинаково ценят заботу о Земле со всеми её компонентами живой и неживой природы и заботу о людях. Основные принципы пермакультуры – гармоничное взаимодействие всех элементов среды, где каждый из них несёт несколько функций и своим существованием обеспечивает существование и других элементов, применение разнообразия видов, копирование природных схем и алгоритмов, эффективное энергопланирование и использование возобновляемых и биологических ресурсов.



Проектирование природных зон ЭКД согласно принципам пермакультуры позволит создать максимально естественные рельефные и пейзажные особенности, природные взаимосвязи экосистем, их эффективное взаимодействие и жизнь человека как части биомира.

Однако обеспечение всех необходимых физических условий для жизни человека недостаточно для того, чтобы он был здоров. Кроме физических показателей также существуют и психологические, которые в контексте выживания можно свести к понятию стрессоустойчивости. Если брать во внимание исследования психологов, то 20 % людей, попадающих в кризисные ситуации, нуждаются в помощи профессионалов [9]. Именно люди этого сегмента интересуют специалистов западной медицины, работа которых направлена на определение и лечение уже случившихся болезней. В психологии здоровья эта ориентация на работу с заболеваемостью называют «патогенной парадигмой». Однако, на взгляд автора данной статьи, создавая новое пространство для жизни людей, в первую очередь стоит рассмотреть варианты обеспечения таких условий, которые бы не только лечили, но и изначально не допускали возможности возникновения болезней. Этот подход, названный А. Антоновским, профессором медицинской социологии, салютогенным (салютогенез: лат. *salutis* – здоровье и греч. *genesis* – происхождение), буквально ориентирован на изучение происхождения здоровья [10].

Предметом исследований А. Антоновского были психологические характеристики людей, испытавших стресс различной степени, например, переживших концентрационные лагеря, и не только сохранивших своё здоровье, но и оставшихся счастливыми. Выводом данных исследований стало то, что влияние стресса на человека определяется его индивидуальными способами реагирования на ситуацию. Наиболее устойчивыми к стрессу оказываются люди, воспринимающие мир осмысленным и управляемым. «Sense of coherence» – чувство связанности, когерентности, присущее таким людям, позволяет им эффективно оценивать возникающие угрозы и воспринимать их как вызовы, которые несут за собой новые возможности, а также здраво оценивать собственные ресурсы, необходимые для решения возникших задач [11]. Именно такое отношение и обеспечивает здоровье.

Как же можно использовать принципы салютогенеза при проектировании среды для жизни человека? Очевидным становится необходимость создания понятных, легко воспринимаемых, комфортных, безопасных и управляемых условий, другими словами, устойчивой здоровой среды. При этом важно ориентироваться не столько на факторы риска и лечения болезней, сколько на факторы, сохраняющие

и укрепляющие здоровье. Такой подход возможен лишь при системном внедрении в процессы проектирования вопроса «Что ещё можно усовершенствовать или предусмотреть для поддержания и улучшения здоровья?»

Так как на данный момент в мире достаточно большое количество заболеваний связано с образом жизни (ожирение, диабет, болезни органов дыхания, сердечно-сосудистые заболевания и др.), важно делать акцент на таких планировочных и архитектурных решениях, которые мотивируют вести здоровый образ жизни: живописные прогулочные зоны, удобные спортивные площадки, эстетическое вписывание архитектуры в природную среду, эргономичность, подходящая освещённость, отсутствие деструктивных угнетающих элементов (шум, «ядовитые» цвета, ощутимые вибрации, неприятные запахи). Не менее важными для здоровья человека являются доступность полезных и вкусных продуктов питания и правильное их приготовление, отсутствие заведомо вредных продуктов (содержащих большое количество сахара, консервантов, стабилизаторов и других вредных химических веществ). При организации пространства важно грамотно подойти к созданию зон для социальной активности людей (общения, труда, обучения, взаимодействия, творчества) и для уединённого отдыха, необходимого для психологического благополучия [12].

Равноценность физического и психологического комфорта подчёркивается различными исследованиями в области влияния психологического состояния человека на его здоровье и здоровье окружающих, а значит, и на любые другие сферы жизни. Например, К. Порат из Джорджтаунского университета исследовала влияние грубости в рабочем коллективе на финансовые результаты компании [13]. Многие признают, что грубые слова, повышение голоса, хамство и неуважительные реплики, особенно со стороны руководителей, отрицательно сказываются на эмоциональном фоне любого коллектива, однако мало кто осознаёт, что подобное имеет вполне материальные издержки. Посредством опроса было выявлено, что после получения грубости в свой адрес 47 % сотрудников сознательно работают менее интенсивно, снижается творческий потенциал, 80 % переживают свою обиду вместо того, чтобы работать, 78 % признали, что разочаровались в компании, а 25 % – что вымещают своё раздражение на клиентах и других сотрудниках. Данным исследованием заинтересовалась американская транснациональная компания по разработке сетевого оборудования Cisco, имеющая репутацию образцового работодателя с дружным и вежливым коллективом. Компания оценила всего три вида издержек, составила детальную смету, по которой



выяснилось, что из-за нарушения норм вежливости она теряет в год 12 млн USD.

Любая грубость – это искра, поджигающая фитиль психологического состояния определённой группы людей и даже больше, так как общение продолжается в семьях и других коллективах. А если говорить про замкнутое пространство с ограниченным кругом общения, как в случае ЭКД, то создание дружественной атмосферы и подбор участников с соответствующими для этого чертами характера являются одними из факторов, определяющих успех всего эксперимента, а в дальнейшем и всей миссии освоения космоса.

Таким образом, разобрав физические и психологические потребности человека, были получены первые ориентиры и принципы формирования здоровой среды в замкнутой искусственной биосфере. Однако для того, чтобы эти потребности могли удовлетворяться в длительной перспективе, необходимо учитывать последующее их развитие. Так устроен человек: ему всегда необходимо двигаться вперёд. Невозможно оставаться на месте, есть только два пути: развитие или деградация. И ни один ЭкоКосмоДом не должен стать местом, который спрячет в себе потенциал Homo sapiens. Необходимость дальнейшего развития и самоактуализации каждого отдельно взятого индивидуума сопоставима с необходимостью раскрытия потенциала всего человечества в его стремлении развиваться и выходить дальше, в космос, за пределы существующих границ. Это так же очевидно, как и следующий этап при технократическом пути развития всей цивилизации – индустриализация космоса и вынос всей вредной для биосферы промышленности за её пределы [2]. А сделать это может только счастливый здоровый человек.

Литература

1. Маслоу, А.Г. Мотивация и личность / А.Г. Маслоу. – СПб.: Питер, 2009. – 351 с.
2. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
3. Профессиональный отбор космонавтов / ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gctc.ru/main.php?id=116>. – Дата доступа: 29.04.2019.
4. БИОС-3 / Научно-исследовательский комплекс «Замкнутые экосистемы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibp.ru/ecosystem/info01.php>. – Дата доступа: 30.04.2019.
5. Biosphere 2 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.biospherics.org/>. – Date of access: 29.04.2019.
6. Бек, Д. Спиральная динамика: управляя ценностями, лидерством и изменениями в XXI веке / Д. Бек, К. Кован. – М.: Best Business Books, 2010. – 424 с.
7. Уилбер, К. Краткая история всего / К. Уилбер. – М.: Рипол-Классик, 2017. – 624 с.
8. Моллисон, Б. Введение в пермакультуру / Б. Моллисон; пер. с англ. Б. Попова. – Минск, 2011. – 208 с.
9. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Кризисная психология» БГПУ им. М. Танка / Л.А. Пергаменик, Н.Л. Пузыревич. – Минск: кафедра прикладной психологии факультета психологии БГПУ им. М. Танка, 2013. – 135 с.
10. Antonovsky, A., Bernstein, J. Pathogenesis and Salutogenesis in War and Other Crises: Who Studies the Successful Copier? / A. Antonovsky, J. Bernstein // Stress and coping in time of war: generalizations from the Israeli experience; Ed. N.A. Milgram. – N.Y.: Brunner/Mazel, 1986. – P. 52–65.
11. Осин, Е.Н. Чувство связанности как показатель психологического здоровья и его диагностика / Е.Н. Осин // Психологическая диагностика. – 2007. – № 3. – С. 22–40.
12. Здоровая построенная среда. Резервные возможности укрепления здоровья и экономического роста: спецвыпуск Института междисциплинарной медицины. – М.: Перо, 2018. – 40 с.
13. Эмоциональный интеллект. Harvard Business Review: 10 лучших статей / Коллектив авторов Harvard Business Review. – М.: Альпина Паблишер, 2017. – 188 с.

Трофические цепи и биологические ритмы как основа создания биосферы ЭкоКосмоДома

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), СИНЧУК О.В. (г. Брест)



Рассмотрены концептуальные аспекты создания ЭкоКосмоДома (ЭКД) с точки зрения изучения трофических отношений и биологических ритмов. Приводится авторская схема построения многоуровневой модели на основе трофических сетей с определённым набором взаимосвязей (постоянных, временных, случайных и гипотетически возможных). Модель позволяет систематизировать все биологические организмы и служит основой для понимания энергетического баланса в среде, с разбором отдельных моментов биоритмологии и с указанием оптимальных абиотических условий, количества особей и т. п. Предлагаемая модель позволяет не только осуществлять регуляцию, но и определять пути решения проблем возможной гибели отдельных видов организмов, регулировать нарушения биосферного гомеостаза.

Ключевые слова:

трофические циклы, трофические сети, биоритмология живых организмов, трансформация и развитие экосистемы, искусственные экосистемы, биоразнообразие, многоуровневая динамичная сетевая модель регулирования гомеостаза искусственной биосферы, ЭкоКосмоДом (ЭКД).

Биосфера ЭкоКосмоДома (ЭКД) определяется как замкнутый объём, включающий в себя множество сообществ живых организмов, способных к самовоспроизведению и полноценному существованию под влиянием комплекса абиотических факторов на протяжении неограниченного времени. С одной стороны, это искусственная экосистема, так как она будет создана инженером, с другой – естественная, так как все живые организмы будут доставлены с планеты Земля без каких-либо изменений (в том числе генной модификации) – из земной биосферы, насчитывающей миллиарды лет эволюции. Поскольку в ЭКД не может быть воссоздана вся биосфера, а лишь её упрощённая, локальная модель, то только в этом смысле она будет искусственной. При этом замкнутая локальная экосистема – достаточно узкое понятие, включающее отдельные биосистемы, состоящие из сообществ живых организмов из различных сред обитания и их систем сложившихся трофических связей, осуществляющих обмен веществом, энергией и информацией между ними.

Проектирование замкнутых искусственных экосистем – одна из актуальнейших проблем человечества. В первую очередь она продиктована космической эрой [1, 2, 3], во вторую – необходимостью понимания целого ряда биологических процессов, которые позволили бы не только моделировать полноценные биосферы, но и давали бы возможность осуществлять восстановление и развитие экосистем [4].

В связи с вышеуказанной целью данной работы является построение модели регулирования гомеостаза локальной биосферы ЭкоКосмоДома на основе трофических связей и биологических ритмов.

Наиболее известные крупномасштабные проекты в данной сфере – проекты БИОС-3 [5, 6] и «Биосфера-2» [7, 8]. В результате их реализации получен колоссальный опыт, анализ которого указывает на целый ряд вопросов и проблем по регулированию существования биологических организмов в замкнутой локальной биосфере. При этом подобный опыт стал основой для моделирования небольших искусственных экосистем (например, EcoSphere Closed Ecosystems, замкнутые экосистемы «АкваМир», «вечный террариум» и т. п.), проявляющих свою жизнеспособность около 2–15 лет (научных опытов на этот счёт почти нет).

Удачным примером случайного создания искусственной экосистемы может служить эксперимент инженера-электрика из г. Кранли (графство Суррей, Великобритания) – Д. Латимера, который в 1960 г. из любопытства посадил четыре саженца традесканции (*Tradescantia*) в огромный стеклянный бутыль и закрыл его. Выжило только одно растение, но оно сформировало мини-экосистему, существующую уже около 60 лет [9]. Рассматривая данную модель,

можно заключить, что вода, испаряясь с поверхности почвы и растений, конденсировалась на стенках стеклянного сосуда, тем самым осуществляя полив растения. Кислород, который вырабатывался в замкнутой системе, поглощался в процессе гниения опавших листьев. Образовавшийся углекислый газ вновь включался в процесс фотосинтеза. Таким образом, подобные небольшие экосистемы могут служить примером практического подхода к отработке механизмов поддержания жизнеспособности искусственных экосистем.

Основой моделирования искусственных экосистем является установление гомеостаза на всех уровнях организации сообществ живых организмов с учётом регуляции абиотических и биотических факторов. При этом немаловажным представляется использование понятий трофических цепей и биологических ритмов. Именно от организации трофической структуры сообществ живых организмов с учётом сезонной ритмики будет зависеть стабильность соответствующих ценозов.



Трофическая (пищевая) цепь – перенос веществ и заключённой в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, что происходит в результате поедания одними организмами других [10]. Именно поэтому особое значение имеет трофическая структура в рамках ЭкоКосмоДома [4], рассматриваемая нами как цикл (рисунок 1). Подобный подход позволяет чётко понимать роль каждого из биологических компонентов искусственной экосистемы.

Вместе с тем трофические циклы могут быть основой для построения соответствующего энергетического баланса. При переходе на каждый уровень, двигаясь от продуцентов к редуцентам, остаётся около 10 % энергии от более энергоёмкого уровня (правило Р. Линдемана) [11]. Для графического отображения трофической структуры биоценоза используется модель пирамиды [12] (рисунок 2), которая может отражать число особей (пирамида чисел), количество их биомассы (пирамида биомасс) или заключённой в них энергии (пирамида энергии).

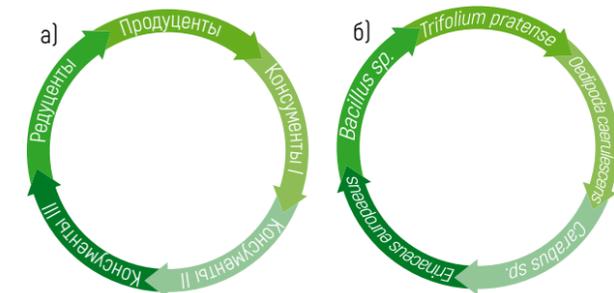


Рисунок 1 – Трофический цикл с указанием соответствующего трофического уровня: а – трофический цикл с указанием трофических уровней; б – конкретный пример трофического цикла

Перемещение питательных элементов и перераспределение энергии

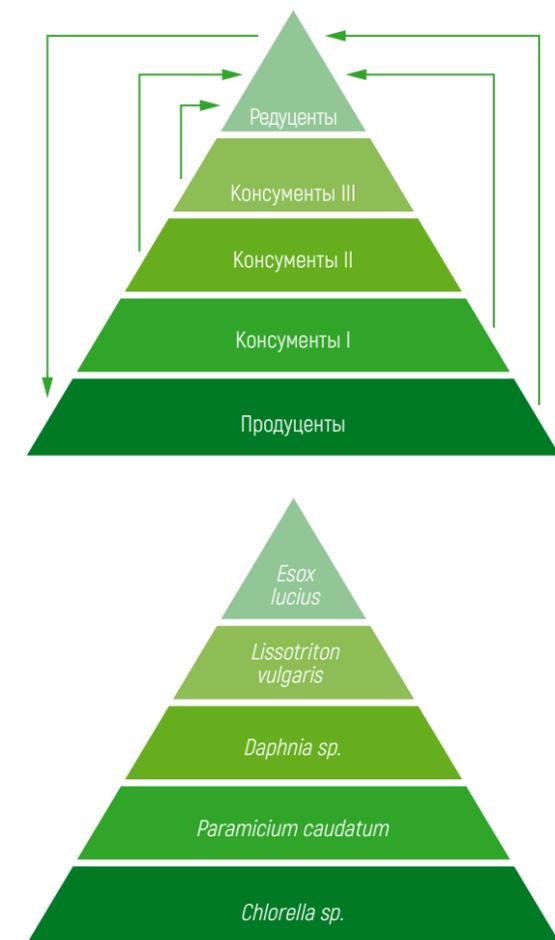


Рисунок 2 – Пирамида биомасс

Для полного понимания структуры взаимодействия трофических цепей предлагается использовать трофические сети (рисунок 3), которые включали бы пищевые отношения целого ряда организмов. В трофических сетях различают следующие типы связи: постоянную, временную, случайную и гипотетически возможную. Постоянная связь – взаимоотношение, возникающее с высокой частотой или постоянно (например, взаимоотношение монофагов). Временная связь – взаимоотношение, образованное при определённых условиях (например, при вспышках массового размножения). Случайная связь – очень редкие взаимоотношения, носящие случайный характер. Гипотетически возможная связь – предположительное возникновение взаимоотношения исходя из занимаемого трофического уровня, поведения и трофических предпочтений.

Постепенное разрастание сетевой модели (из-за большого числа биологических организмов, входящих в ЭКД) привело к тому, что назрела необходимость унификации и приведения к единой модели, отражающей общую структуру сообществ живых организмов. В связи с этим авторами предлагается использование многоуровневой динамической сетевой модели регулирования гомеостаза искусственной биосферы, которая при постепенном заполнении принимала бы шарообразную форму (рисунок 4).

Для функционирования данной модели авторами введены следующие правила: каждый вид живых организмов

вносится в модель только единожды; каждый вид биологических организмов может иметь бесконечное число пищевых связей, но не менее одной; связи в модели могут быть как вертикальные, так и горизонтальные; при создании сети необходимо учитывать характер взаимосвязей биологических элементов экосистемы (постоянная, временная, случайная и гипотетически возможная): чем более широкая сеть и чем точнее указан характер взаимосвязей в многоуровневой динамической сетевой модели регулирования гомеостаза искусственной биосферы, тем более качественный инструмент можно получить; возможен динамичный переход любого организма на любой из трофических уровней в связи с переменной трофического уровня для конкретной пищевой цепи и т. д.

Предложенная модель, основанная на трофических уровнях и связях, представляет собой базу данных о целом ряде биотических и абиотических показателей. В качестве протокола для заполнения может служить следующая схема: название живого организма, трофический(-ие) уровень(-ни), трофическая(-ие) связь(-и), фенология, информация об особенностях биоритмологии, объёма потребляемой пищи, газообмена, методы идентификации и возможные пути регулирования численности и др.

Подобная модель станет не только основой для понимания всей системы взаимоотношений живых организмов, но и послужит инструментом для осмысления протекания всех энергетических процессов с учётом абиотических факторов, что позволит рассчитать конкретное число

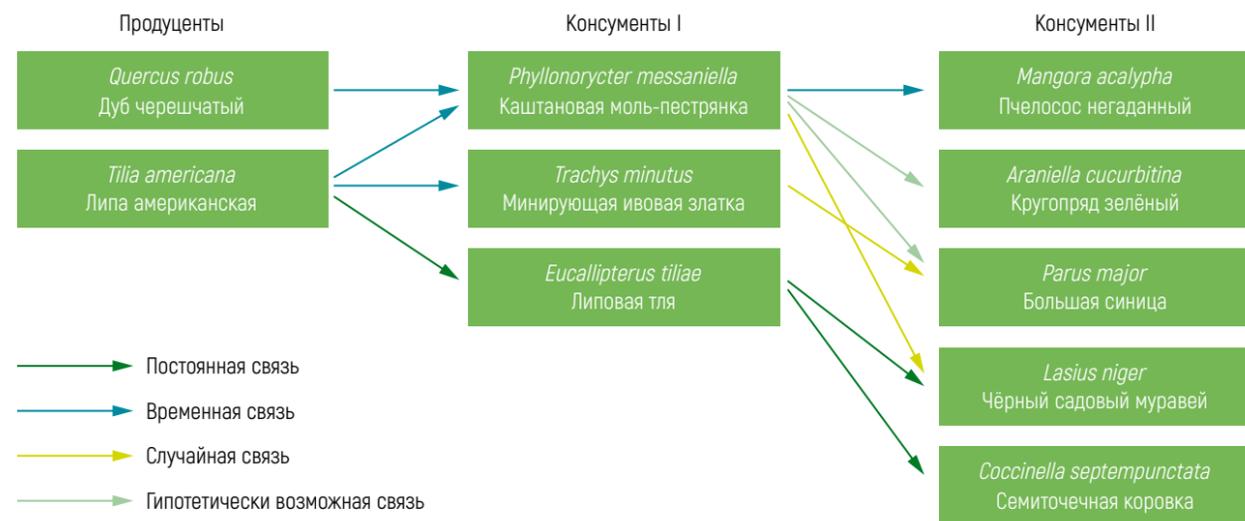


Рисунок 3 – Фрагмент трофической сети ЭКД

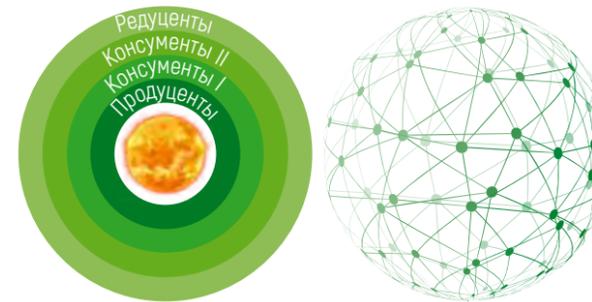


Рисунок 4 – Многоуровневая динамическая сетевая модель регулирования гомеостаза искусственной биосферы

организмов в ЭКД (которое ранее исчислялось весьма условно). Гибель отдельных видов организмов, снижение или вспышка численности любого из элементов трофической сети может привести к катастрофическим последствиям, однако, имея подобную полноценную модель, можно не только осуществить регуляцию, но и определить все возможные пути решения проблемы, а значит, в кратчайшие сроки решить нарушение биосферного гомеостаза и т. п. Кроме того, в рамках данной модели планируется предусмотреть биоритмологию живых организмов. Биологические ритмы – периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов [13]. В ряде случаев биоритмология приводит к изменению характера питания живых организмов.

В связи с этим данный момент может также рассматриваться как часть предложенной модели, формирующий высокочувствительный инструмент для создания высокоэффективной замкнутой экосистемы. Описанную модель рекомендуется внедрить в виде соответствующего программного обеспечения (некоторые из элементов соответствующей модели указаны выше).

Основная проблема подобного подхода заключается в том, что при всей своей развитости исследований живых организмов научный мир ещё совсем мало понимает трофические связи и биологические ритмы отдельных организмов. К настоящему времени всё ещё происходит накопление информации по установлению равновесия в экосистемах. Кроме того, ежегодно описываются новые виды живых организмов, которые также занимают определённое место в сложившихся системах. Работа осложняется тем, что искусственно созданный некоторый набор условий приводит к тому, что ряд неосновных и/или дополнительных связей между организмами может принимать основной характер. Более того, могут возникать новые связи, что может привести к дестабилизации разработанной схемы взаимодействия живых организмов. Всё это должно быть максимально исследовано и структурировано на базе предложенной модели. В последующем именно данный подход позволит произвести не только трансформацию экосистемы, но и контролировать её развитие и улучшение.



Рассматривая биологическую структуру ЭКД, необходимо учитывать тот факт, что живая плодородная почва является основой жизни и иммунной системой любой биосферы, в том числе локальной. Мы её берём неизменной – живую почву с планеты Земля с тысячами видов микроорганизмов, порядка триллиона особей на 1 кг почвы. Для создания ЭКД нами предполагается использование более 2500 видов растительных организмов (около 2 млн особей), свыше 4000 видов животных организмов (около 2,5 млн особей), которые составят основу существования локальной экосистемы. Вместе с тем центральное место среди них будут занимать микрофлора и микрофауна в почвенной и водной средах.

Для полноценного существования в ЭКД надлежит обеспечить порядка 1000 м² поверхности почвы из расчёта на одного человека, из них (ориентировочно): 10 % – на продуцирование кислорода (с учётом использования хлореллы), 50 % – для растительной пищи (овощи, фрукты, зелень, зерновые культуры и т. д.), 40 % – для животной пищи (мясо, молоко, сыр и т. д.). Однако при современных разработках и оптимизации процессов (природных и технологических по продуцированию кислорода, повышению плодородности почвы и т. п.) в условиях ЭКД необходимая

площадь почвы на одного человека может быть значительно снижена – в два раза и более. Для производства продуктов питания, достаточных для полноценного питания одного человека, в ЭКД стоит поддерживать следующую численность сельскохозяйственных животных (ориентировочно): 1/50 коровы, 1/20 козы, 1/10 свиньи, 1/10 овцы, 1/30 пчелиной семьи, пять перепелов, две курицы. Кроме того, оптимальная потребность во фруктах, зелени и рыбе будет обеспечена при таких удельных показателях (в пересчёте на одного человека) деревьев, кустарников, грядок, водной глади (ориентировочно): 1/2 яблони, 1/2 груши, 1/2 персика, 1/2 абрикоса, 1,2 сливы, 2 м² посадок петрушки и укропа, 10 м² микрозелени, 10 м² площади пресных водоёмов и т. д. (рисунок 5).

Таким образом, неотъемлемой частью процесса создания замкнутой локальной биосферы должен стать учёт трофических связей и биологических ритмов. Рассмотрев некоторые количественные данные по числу живых организмов в ЭкоКосмоДоме, можно прийти к выводу, что предложенная многоуровневая динамичная сетевая модель регулирования гомеостаза искусственной биосферы позволяет решать проблему структурирования и управления замкнутыми экосистемами.

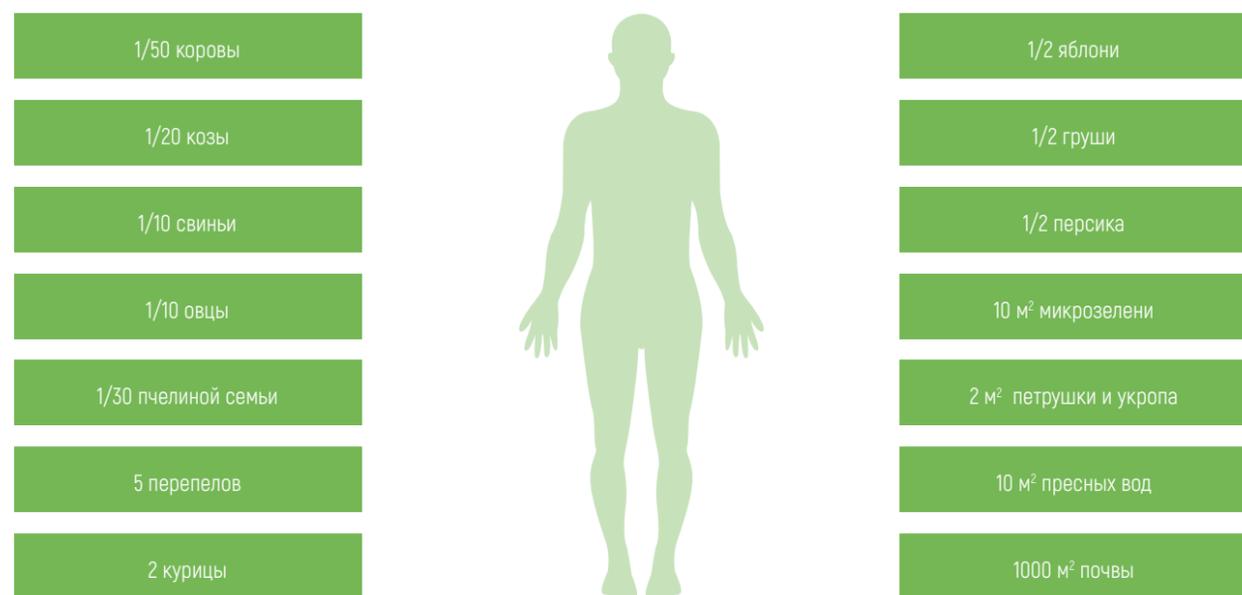


Рисунок 5 – Схема некоторых элементов питания для полноценного существования одного человека в ЭКД



Литература

1. Ткаченко, Ю.Л. Из истории создания искусственных экосистем / Ю.Л. Ткаченко, С.Д. Морозов // Общество: философия, история, культура. – 2017. – № 6. – С. 88–92.
2. Гришин, Ю.И. Искусственные космические экосистемы / Ю.И. Гришин // Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия». – № 7. – М.: Знание, 1989. – 64 с.
3. Anker, P. The Ecological Colonization of Space / P. Anker // Environmental History. – 2005. – Vol. 10, No. 2. – P. 239–268.
4. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
5. Gitelson, J.I. Optimal Structure of Plant Conveyor for Human Life Support in a Closed Ecosystem BIOS-3 / J.I. Gitelson, G.M. Lisovsky, A.A. Tikhomirov // Plant Production in Closed Ecosystems / Eds. E. Goto [et al.]. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. – P. 297–304.
6. Salisbury, F.B. BIOS-3: Siberian Experiments in Bioregenerative Life Support / F.B. Salisbury, J.I. Gitelson, G.M. Lisovsky // BioScience. – 1997. – Vol. 47, No. 9. – P. 575–585.
7. Allen, J.P. Overview and Design Biospherics and Biosphere 2, mission one (1991–1993) / J.P. Allen, M. Nelson // Ecological Engineering. – 1999. – Vol. 13, Iss. 1–4. – P. 15–29.
8. Allen, J.P. Historical Overview of the Biosphere 2 Project / J.P. Allen // Biological Life Support Technologies: Commercial Opportunities: Conference Paper, NASA, Washington, 1 Nov. 1990. – Washington, 1990. – P. 12–22.
9. Thriving since 1960, my garden in a bottle: Seedling sealed in its own ecosystem and watered just once in 53 years [Electronic resource] / DailyMail. – Mode of access: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2267504/The-sealed-bottle-garden-thriving-40-years-fresh-air-water.html>. – Date of access: 28.03.2019.
10. Маврищев, В.В. Общая экология: курс лекций / В.В. Маврищев. – Минск: Новое знание, 2005. – 299 с.
11. Lindeman, R.L. The trophic-dynamic aspect of ecology / R.L. Lindeman // Ecology. – 1942. – Vol. 23. – P. 399–418.
12. Elton, C.S. Animal Ecology / C.S. Elton; Ed. J.S. Huxley. – New York: The Macmillan company, 1927. – 207 p.
13. Гайдук, В.Е. Основы биоритмологии / В.Е. Гайдук. – Брест: Изд-во БрГУ, 2003. – 250 с.



УДК 581.9

ЭкоКосмоДом как пространство для сохранения видового разнообразия тропической и субтропической флоры

ЮНИЦКИЙ А.Э., ПАВЛОВСКИЙ В.К., ФЕОФАНОВ Д.В. (г. Минск)



Рассмотрена проблематика сохранения биоразнообразия планеты Земля и возможность построения ЭкоКосмоДома (ЭКД) как замкнутой искусственной биосферы для сохранения видового разнообразия тропической и субтропической флоры. Особое внимание уделено созданию плодородной натуральной (живой) почвы и оптимального почвенного профиля для наилучшего роста и развития различных видов растений.

Ключевые слова:

сохранение биоразнообразия, тропические растения, биогумус, структурированный почвогрунт, реинтродукция.



Известно, что проблемы сохранения и рационального использования природных ресурсов (включая растительный мир) в настоящее время имеют высокую актуальность. Биологическое разнообразие является основой поддержания экологических условий окружающей среды, экономического развития общества. Очевидна необходимость разработки и реализации эффективных мероприятий по сохранению мирового растительного биоразнообразия. В своём исследовании Н. Питман и П. Йоргенсен подсчитали, что во всём мире из 300 000–420 000 видов растений 94 000–193 000 находятся под угрозой исчезновения [1].

Без изучения тропических растений практически невозможно понять пути и законы эволюции растительного мира Земли. Растениеводство тропических широт предоставляет множество полезных и незаменимых продуктов: бананы, ананасы, ваниль, чёрный перец, каучук, кофе и какао. Большое количество лекарственного, пряно-ароматического сырья транспортируется из тропических стран. Одна из задач Глобальной стратегии сохранения растений – спасение социально-экономически ценных для человечества растений: плодовых, текстильных, пряно-ароматических, лекарственных [2]. Концепция ЭкоКосмоДома (ЭКД) предполагает моделирование условий среды, максимально близких к тропическому и субтропическому поясу [3]. Это позволит круглый год получать продукцию и выращивать различные виды растений данной зоны, а также обеспечит комфортные условия для жителей ЭКД.

Создавая разнообразие растительного мира внутри ЭКД, мы подготавливаем не только оптимальные условия для развития замкнутой экосистемы, но и базу для решения ряда экологических проблем, формируем коллекцию живых растений. В последующем она может использоваться для реинтродукции редких и исчезающих видов в антропогенно-изменённые биотопы, разработки актуального ассортимента видов для современного озеленения городов.

Высокозначимая функция растений ЭКД – продуцирование кислорода и удаление двуокси углерода. Зелёные насаждения могут обеспечить максимальную автономность жителей ЭКД в пище, лекарствах и других ресурсах. Ещё одна важная функция – создание комфортных условий для человека. Композиции из растений должны быть гармоничны и эстетически приятны, поэтому экспозиция растений ЭКД может быть дополнена декоративно-лиственными и красивоцветущими растениями, такими как питайя, земляничная груша *Hylocereus undatus*, канна *Canna L.*, хинодокса *Chionodoxa Boiss.*, кочедыжник *Athyrium Roth* и др.

Растительный мир Беларуси включает около 4100 видов высших растений [4]. В последние годы проблеме биологического разнообразия и его сохранения придаётся большое значение. Известно, что один из путей сохранения и восстановления редких видов растений – их интродукция в ботанические сады. Практически единственной организацией в Беларуси, проводящей серьёзные

биоэкологическое изучение культуры редких и охраняемых видов растений, является Центральный ботанический сад НАН Беларуси.

Вторым по счёту (но не по значению) объектом, участвующим в сохранении растительного биоразнообразия, может стать ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) площадью порядка 2 га. Проведение серии научно-исследовательских испытаний в ЭКД-Земля на территории Беларуси позволит оценить возможность распространения видового разнообразия растений планеты Земля в колониях на околоземной орбите.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, при создании ЭКД должны применяться природные технологии или максимально приближённые к ним. Используя современное оборудование в гармонии с природой, можно улучшить и ускорить многие естественные процессы, например, гумусообразование. Получение гумуса в почве в нужном количестве и качестве необходимо для поддержания биоразнообразия флоры, так как в нём аккумулировано большое количество макро- и микроэлементов, ростовые вещества и витамины, непосредственно усваиваемые растениями. Характер и скорость гумусообразования зависят от ряда факторов, важнейшими из которых являются структура почвенного профиля, водно-воздушный режим, состав микрофлоры и её активность. Таким образом, важным моментом представляется создание оптимальной структуры почвогрунта для посадки тропиче-

ских и субтропических растений, а также для естественного протекания процесса гумусообразования.

Для комфортного произрастания древесных растений в ЭКД-Земля следует подготовить среднюю толщину почвенного профиля в 1,3 м. В верхнем слое 0,3 м допустимо применение гумуса из бурого угля с добавлением биогумуса. Стоит отметить, что по всей площади ЭКД-Земля это значение будет непостоянными. В местах, где грунт насыпается на фундамент, в зоне ручьёв и озёр толщина и состав почвенного профиля будут отличаться.

При подготовке почвенного грунта возможно использовать местную почву. При этом необходимо учитывать, что слишком тяжёлый неструктурированный почвогрунт в составе с дерновой землёй (более 50 %) может привести к застою воды в верхних слоях почвы. Как следствие, вода не будет проникать в корнеобитаемую зону взрослых деревьев, в результате чего придётся вносить отдельно под каждое растение структурированный грунт.

В качестве одного из вариантов насыпного грунта предлагается использовать структурированный почвогрунт из следующих горизонтов: верхний плодородный с высокой концентрацией микроорганизмов (гумусовый, толщиной 30 см), элювиальный (дерновой земли, 40 см), иллювиальный (супесь с добавлением недробленого бурого угля, 45 см) и дренажный слой (щебень, 15 см; песок, 15 см). Плодородный верхний слой состоит из гумуса, биогумуса, переходного и низинного торфа, дерновой земли.

Ещё в 60-х годах прошлого века было показано, что внесение бурого угля в почву приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [5]. Бурый уголь богат гуминовыми веществами и потенциально из него получается довольно качественное удобрение, особенно в комбинации с питательными веществами из различных видов органического сырья (в данном случае может применяться биогумус) [6].

При подготовке почвогрунта предлагается использовать гумус с добавлением биогумуса из бурого угля. В результате проведенных испытаний выявлено, что биогумус из бурого угля содержит максимальное количество усваивающих минеральные формы азота микроорганизмов, которое превышает контрольные (субстрат без вермикомпостирования) показатели на 128 %. Высокая численность аммонифицирующих микроорганизмов наблюдается в варианте с биогумусом, полученном на основе соломистого навоза крупного рогатого скота (КРС), и составляет $5,96 \times 10^9$ КОЕ/г. Как видно, не исключается внесение обычного биогумуса в состав почвогрунта.

Для подсчёта микроорганизмов использован количественный метод учёта жизнеспособных клеток в образцах субстрата [7]. Учёт основных эколого-трофических групп проведён методом посева на агаризованные среды. Массовая доля общего азота определялась согласно ГОСТ 26715-85 п.1, фосфора – ГОСТ 26717-85, калия – ГОСТ 26718-85 [8]. Содержание гуминовых веществ устанавливалось согласно СТБ 2392-2014 п. 5.7 [9].

Исторически использование жидкого биогумуса развивалось из таких садоводческих практик, как замачивание навоза или некоторых растений в воде, при этом полученная жидкость использовалась в качестве удобрения и для листовой обработки против болезней и вредителей.

Испытания образцов жидкого биогумуса показали высокое содержание гуминовых веществ (более 60 %), а также общих форм азота, фосфора и калия (5,1 %, 3,8 %, 9,6 % соответственно). На этом основании жидкий биогумус в разбавленном виде предлагается использовать в качестве подкормки растений и для их листовой обработки.

Результаты испытания биогумуса подтверждают ценность его использования для создания почвогрунтов при озеленении территории ЭКД; жидкого биогумуса – для обработки и подкормки растений. При моделировании видового разнообразия растений в условиях ЭКД-Земля необходимо учитывать минимальный набор факторов, таких как освещённость, подбор почвогрунта, температура и влажность (воздуха и почвы).

Таким образом, при решении проблемы сохранения биоразнообразия на Земле ЭкоКосмоДом может служить альтернативой особо охраняемым природным территориям, которые несомненно подвержены влиянию внешних воздействий и изменению климата. Кроме того, ЭКД (с учётом создания оптимальной структуры почвы) может стать первым объектом для сохранения биоразнообразия флоры за пределами нашей планеты.

Литература

1. Pitman, N.C.A. Estimating the size of the world's threatened flora / N.C.A. Pitman, P.M. Jørgensen // *Science*. – Vol. 298, No. 5595. – 989 p.
2. Арнаутова, Е.М. Экспозиция «Тропические плодовые и пряно-ароматические растения» как пример тематической коллекции в Ботаническом саду Петра Великого / Е.М. Арнаутова, М.А. Ярославцева // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. – 2018. – № 147. – С. 192–194.
3. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – СилаКрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
4. Биологическое и ландшафтное разнообразие // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://minpriroda.gov.by/ru/biolog-landsh-raznoobr-ru/>. – Дата доступа: 26.04.2019.
5. Попов, А.И. Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2004. – 248 с.
6. Steffen, K.T. Degradation of humic acids by the litter-decomposing basidiomycetes *Collybia dryophila* / K.T. Steffen, A. Hatakka, M. Hofrichter // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2002. – Vol. 68. – P. 3442–3448.
7. Нетрусов, А.И. Практикум по микробиологии / А.И. Нетрусов [и др.]. – М.: Академия, 2005. – 608 с.
8. Удобрения органические. Метод определения общего азота: ГОСТ 26715-85, метод определения общего фосфора: ГОСТ 26717-85, метод определения общего калия: ГОСТ 26718-85. – Введ. 01.01.1987. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992.
9. Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля: СТБ 2392-2014 п. 5.7 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.2015. – Режим доступа: <https://shop.belgiss.by/ru/gosudarstvennye-standarty/stb-2392-2014>. – Дата доступа: 26.04.2019.



Экономическая модель тиражирования объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля

ЮНИЦКИЙ А.Э., КУШНИРЕНКО А.В. (г. Минск), КУЛИК Е.Н. (г. Казань)



Раскрыты особенности экономической модели, используемой при оценке инвестиционной привлекательности ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля), а также приведён анализ факторов, влияющих на увеличение его капитализации. Особенность предложенной экономической модели заключается не только в выявлении ключевых факторов и драйверов, воздействующих на рост капитализации объекта, но и в поиске их оптимального соотношения.

Ключевые слова:

капитализация, ключевые драйверы роста, основные факторы роста, модель управления стоимостью бизнеса, ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля).

ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) представляет собой объект, имеющий многофункциональное назначение. Он одновременно демонстрирует возможность создания замкнутой биосферы, решает задачи в области научно-прикладного аспекта поддержания и развития жизни человека в ограниченных условиях и в космическом пространстве, помогает сохранить биологическое разнообразие и создать банк живых организмов отдельных климатических зон планеты Земля [1].

Решение вышеназванных задач требует особого внимания к учёту экономического аспекта, поскольку обоснованный проект в научном плане, подкреплённый экономическим смыслом, позволит распространить идею ЭКД-Земля, сделав её инвестиционно привлекательной для бизнес-сообщества.

Рассматриваемая в данной статье концепция изучается с точки зрения инструментов (факторов и драйверов) управления капитализацией в формате экономической модели управления стоимостью активов.

ЭКД-Земля – проект многофункциональный. Он рассматривается и как отель с рекреационной зоной отдыха, имеющий особую форму здания; и как фермерское хозяйство, обеспечивающее продовольствием его жителей благодаря технологии получения биогумуса; и как замкнутая биосфера, реализующая полный цикл круговорота веществ, энергии и информации для проживания в ней человека, животных и растений; и как научный эксперимент, демонстрирующий возможности создания пространства для проживания человека в любых условиях, в том числе на околоземной орбите, – все эти факторы не дают возможности применить стандартизированный подход к оценке инвестиционной привлекательности проекта.

В решении вопроса оценки экономической целесообразности могут быть использованы различные подходы: функционально-стоимостный анализ, предлагаемый Ю.М. Соболевой, Л.Д. Майлсом, Е.А. Грапом; расчёт окупаемости инвестиционного проекта (оценка NPV); оценочные подходы к ведению бизнеса (затратный, доходный, сравнительный). Однако все они имеют своё назначение и не обеспечивают нужный эффект для управления, а лишь решают задачу по оценке инвестиционной привлекательности активов.

Для оценки технико-экономических показателей и возможностей управления капитализацией активов ЭКД-Земля авторы применили новую экономическую модель, которая интегрирует методики в единую систему, что позволяет не только оценивать экономическую эффективность, но и управлять капитализацией активов.



Понятие «управление капитализацией» в данной статье обозначает влияние субъекта управления на изменение стоимости активов (капитала) компании в результате воздействия на факторы стоимости, итог которого можно оценить изменением уровня капитализации, применив для этого соответствующие методы оценки [2].

Особенность построения предлагаемой модели заключается в реализации следующей логики: проект «ЭКД-Земля» является многофункциональным. Значит, можно выделить основные группы факторов, оказывающих влияние на капитализацию (показатель К – капитализация).

Дополнив показатель К показателем «срок окупаемости» (PBP) и показателем «точка безубыточности» (BEP), а также выделяя в каждой из функций проекта по 3–4 ключевых драйвера, приводящих к росту капитализации ЭКД-Земля, получим сравнительную повариантную модель, позволяющую не только принимать решения на основе экономической оценки, но и с помощью специального программного обеспечения демонстрировать рост инвестиционной привлекательности через рост капитализации активов ЭКД-Земля в режиме реального времени с использованием объёмной 3D-модели в форме кубика. С помощью сформированных на основе оптимизационной модели ключевых драйверов можно разработать и реализовать финансовую стратегию управления капитализацией, запланировав их реализацию на каждом этапе развития проекта.

Как возведение любого дома начинается с фундамента, так и предлагаемая экономическая модель опирается на прочное основание, гарантирующее устойчивое развитие концепции для достижения своего предназначения. На данном этапе построение «прочного основания» для целей управления стоимостью будет взаимодействовать с группой факторов ЭКД-Земля, увязанных с гостиничным комплексом. Поскольку назначение ЭКД-Земля –

демонстрация возможностей самого объекта, а данная возможность финансово обеспечивается в основном благодаря наличию гостиничного комплекса, то именно с него будет формироваться начальная экономическая модель для оценки инвестиционной привлекательности, а в дальнейшем – управления капитализацией.

Построение экономической модели базируется на основе проведения морфологического анализа и выявления ключевых факторов и соответствующих им драйверов, которые могут оказывать наиболее существенное влияние на капитализацию и оценку инвестиционной привлекательности ЭКД-Земля [3]. Определены следующие группы факторов, связанных:

- 1) с туризмом и гостиничным делом – гостиничные номера с инфраструктурой и инженерными сетями;
- 2) с отдыхом и зоной рекреации – объекты на территории ЭКД-Земля для отдыха и поддержания здорового образа жизни;
- 3) с биосферой и фермерским хозяйством – использование внутри ЭКД-Земля почвы, наполнение его пространства растительным и животным миром, выращивание продуктов питания;
- 4) с технологичностью создания замкнутой экосистемы – конструктивные решения, технологии замкнутого цикла, обеспечивающие круговорот веществ в замкнутой искусственной биосфере, а также переработку различных видов отходов;
- 5) с научной деятельностью – обучающие программы, научные и прикладные исследования;
- 6) с адаптацией объекта – мероприятия, обеспечивающие проживание в районах, где велико негативное влияние внешней среды.

Развитие каждого фактора ЭКД-Земля даёт возможность оценивать поэтапный эффект их влияния на капитализацию активов (К), срок окупаемости инвестиций (PBP) и точку безубыточности (BEP), а также проводить экспрессную повариантную оценку ранжированных по степени важности управленческих решений (ключевых драйверов роста стоимости), влияющих на рост инвестиционной привлекательности ЭКД-Земля. Кроме того, на этапе проектирования для повышения привлекательности объекта для инвесторов также возможно формирование конструктивных особенностей ЭКД-Земля.

Выбор трёх данных критериев (BEP, PBP, К) позволяет управлять объектом в оперативном, тактическом и стратегическом планах, формируя и оценивая решения на всём этапе жизненного цикла проекта.

В данной работе на примере одного из факторов (гостиничный комплекс) и группы драйверов рассмотрено влияние на показатель капитализации, срок окупаемости инвестиций и точку безубыточности. Остальные группы факторов, также влияющих на инвестиционную привлекательность ЭКД-Земля, учитываются в модели, но их особенности не отражены в настоящем исследовании.

Для проведения оценки влияния группы факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом, выявлены и объединены в четыре основные подгруппы соответствующие драйверы для роста капитализации и ускорения срока окупаемости инвестиционных вложений:

- 1) физические драйверы. Измеримые величины, которые могут оцениваться в натуральных измерителях: штуках, квадратных метрах, связанных с ограничениями пространства;
 - 2) стоимостные драйверы. Могут иметь стоимостную оценку, связаны с финансовыми ограничениями;
 - 3) персональные драйверы. Связаны с участием человека, влияют на конечную стоимость бизнеса благодаря реализации операционных процессов;
 - 4) временные драйверы. Влияют на капитализацию, связаны с ограничениями временного ресурса использования на всём этапе жизненного цикла реализации проекта.
- Данная группировка драйверов авторами видится универсальной, поскольку не противоречит физическим и экономическим законам и позволяет проводить анализ воздействия драйверов для любого типа объектов на любом этапе его жизненного цикла, используя для этого, к примеру, морфологическую матрицу [4]. Формирование матрицы представляет собой процесс того, как, используя отдельные кирпичики и блоки, собирается общая

модель для управления капитализацией и оценки влияния на инвестиционную привлекательность проекта. Пример построения подобной матрицы представлен в таблице 1.

При заполнении матрицы проводилась оценка влияния каждого драйвера на капитализацию, срок окупаемости и точку безубыточности ЭКД-Земля.

Результаты оценки внесены в модель (таблица 2). Данная модель построена на основе дерева целей и представляет собой последовательное расчленение подгруппы

драйверов на элементы, которые позволяют создать систему «взвешенных» связей, чтобы оценить воздействие драйвера на результирующие показатели – капитализация (К), срок окупаемости (РВР) и точку безубыточности (ВЕР).

В данном случае учитываются три степени влияния: значительное (3 балла) – изменение показателя из подгруппы драйверов на 10 % увеличивает капитализацию более чем на 20 %; среднее (2 балла) – изменение показателя из подгруппы драйверов на 10 % увеличивает

капитализацию не более чем на 10–20 %; умеренное (1 балл) – изменение показателя из подгруппы драйверов на 10 % увеличивает капитализацию не более чем на 10 %.

При построении экономической модели с точки зрения влияния на капитализацию и срок окупаемости также была проведена оценка таких групп факторов, как факторы, связанные с технологичностью создания замкнутой экосистемы.

По итогам текущей стадии проекта, согласно сформированной экономической модели, получены результаты

оценки влияния двух групп факторов (таблица 3). Проведён анализ чувствительности модели, отражающий результаты при изменении параметра на 10 %.

Как видно из таблиц 2 и 3, наибольшее влияние на капитализацию активов (К) и срок окупаемости (РВР) оказывают группы временных и стоимостных драйверов, особенно явно эта тенденция прослеживается в группе факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом.

Учитывая данный факт, можно сделать вывод, что в развитии ЭКД-Земля в направлении, связанном

Таблица 1 – Морфологическая матрица*

Факторы бизнес-направления	Драйверы роста стоимости бизнес-направления			
	Физические драйверы	Стоимостные драйверы	Персональные драйверы	Временные драйверы
1 Ограничения пространства				
1.1 Количество одноместных номеров класса «Стандарт», усл. ед.	12			
1.2 Количество одноместных номеров класса «Комфорт», усл. ед.	12			
1.3 Количество двухместных номеров класса «Семейный», усл. ед.	40			
1.4 Количество двухместных номеров класса «Комфорт», усл. ед.	40			
1.5 Количество номерного фонда класса VIP, усл. ед.	5			
1.6 Количество мест класса «Поход», усл. ед.	12			
2 Финансовые ограничения среды				
2.1 Стоимость проживания, одноместный «Стандарт», USD		46		
2.2 Стоимость проживания, одноместный «Комфорт», USD		62		
2.3 Стоимость проживания, двухместный «Семейный», USD		77		
2.4 Стоимость проживания, двухместный «Комфорт», USD		77		
2.5 Стоимость проживания, VIP, USD		10 000		
2.6 Стоимость проживания, класс «Поход», USD		24		
3 Операционные ограничения среды				
3.1 Количество административного персонала, чел.			10	
3.2 Количество вспомогательного персонала, чел.			20	
3.3 Количество коммерческого персонала, чел.			5	
4 Ограничения ресурса использования				
4.1 Количество ночей в году проживания в гостинице, дней				255,5
4.2 Сезонность спроса, %				70
4.3 Средний процент заполняемости в первый год, %				50
4.4 Годовой темп прироста посетителей гостиницы, %				14

* Указанные данные условны и могут уточняться на этапе проектной проработки и в ходе дальнейшей эксплуатации.

Таблица 2 – Результаты оценки влияния драйверов на капитализацию (К), срок окупаемости инвестиций (РВР) и точку безубыточности (ВЕР)

Группа факторов	Подгруппа драйверов	Оценка влияния драйвера в баллах (от 1 до 3)			Итого баллов по подгруппе драйверов
		на капитализацию (К)	на срок окупаемости (РВР)	на точку безубыточности (ВЕР)	
Группа факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом	Физические драйверы	Значительное – 3 балла	Значительное – 3 балла	Умеренное – 1 балл	7
	Стоимостные драйверы	Значительное – 3 балла	Значительное – 3 балла	Умеренное – 1 балл	7
	Персональные драйверы	Умеренное – 1 балл	Умеренное – 1 балл	Умеренное – 1 балл	3
	Временные драйверы	Значительное – 3 балла	Среднее – 2 балла	Умеренное – 1 балл	6

Таблица 3 – Оценка влияния двух групп факторов на капитализацию (К), срок окупаемости (РВР) и точку безубыточности (ВЕР)

Группа драйверов	Физические драйверы			Стоимостные драйверы			Персональные драйверы			Временные драйверы		
	К	РВР	ВЕР									
Группа факторов	Капитализация	Срок окупаемости	Точка безубыточности									
	Стратегический уровень	Тактический уровень	Операционный уровень	Стратегический уровень	Тактический уровень	Операционный уровень	Стратегический уровень	Тактический уровень	Операционный уровень	Стратегический уровень	Тактический уровень	Операционный уровень
Группа факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом, %	+24	-8	+1	+33	-10	-2,7	-4	+2	+5	+24	-8	+1
Группа факторов, связанных с технологичностью создания замкнутой экосистемы, %	-7	+6	+2	-7	+6	+2	-2	+1	+3	+1	+1	-2

с гостиничным и туристическим делом, необходимо снижать влияние сезонности, повышая темпы роста посетителей ЭКД-Земля на этапе запуска проекта. Поскольку ЭКД-Земля представляет собой замкнутую экосистему, понятие сезонности может быть сведено к минимуму, а следовательно, данный объект получит значительный потенциал роста капитализации и снижения срока его окупаемости.

Предлагаемая экономическая модель имеет прикладной аспект. К примеру, она позволяет сделать выводы о влиянии объёма продаж, напрямую связанных с количеством номеров, на капитализацию и срок окупаемости проекта в повариантной модели оценки (рисунок 1). Это находит отражение при реализации бизнес-плана, формирование исходных требований к объекту, которые возможно зафиксировать в задании на проектирование (таблица 4).

В данной оценке при построении экономической модели частично учтены объекты, относящиеся к группам факторов, связанных с технологичностью создания замкнутой экосистемы и биосферы. Отметим, что уточнение

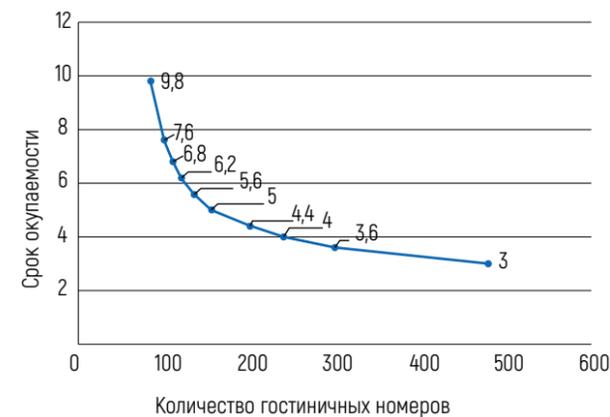


Рисунок 1 – График влияния количества номеров (из группы факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом) на срок окупаемости проекта

Таблица 4 – Повариантная экспресс-оценка группы факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом

Объём продаж, %	70	80	90	100	110	120	130
Дисконтированный срок окупаемости (PBP), лет	9,83	7,95	6,89	6,20	5,70	5,33	5,02
Потребность в инвестициях, млн USD	9,34	9,29	9,24	9,19	9,14	9,09	9,04
Капитализация (K), млн USD	2,58	4,68	6,77	8,86	10,95	13,04	15,12

Отметим, что уточнение модели на каждом этапе жизненного цикла способствует установлению точности оценки конечной стоимости бизнеса ЭКД-Земля и повысить его привлекательность для инвестиций в будущем.

По итогам текущей стадии проекта, согласно сформированной экономической модели, полученные результаты свидетельствуют об инвестиционной привлекательности группы факторов, связанных с туризмом и гостиничным делом, как основы, взятой для построения всей экономической модели.

Разрабатываемый инструмент управления капитализацией с помощью 3D-модели наглядно демонстрирует прирост капитализации активов ЭКД-Земля, позволяет повысить инвестиционную привлекательность для любой категории инвесторов, делает проект тиражируемым для различных уголков планеты Земля и не только на ней. Конечная цель создания экономической модели – выявление методом ранжирования и построения оптимизационной модели 20 ключевых драйверов роста, оказывающих наибольшее влияние на капитализацию и срок окупаемости инвестиций ЭКД-Земля.

При реализации оптимизационной модели для формирования 20 ключевых драйверов планируется использовать подход, применённый в модели кубика Рубика, количество комбинаций для сборки которого может достигать до 88×10^{21} . Однако есть лишь «20 шагов», названных алгоритмом Бога, позволяющих собрать кубик из любого состояния [5].

Вид модели, построенной на плоскости, показан на рисунке 2.

В данной модели каждая грань представляет собой группу факторов, оказывающих влияние на различные экономические параметры (например, капитализацию, срок окупаемости и точку безубыточности ЭКД-Земля), которые характеризуют инвестиционную привлекательность данного объекта. Объёмный вид модели показан на рисунке 3.



Рисунок 2 – Экономическая модель тиражирования ЭКД-Земля

В ходе реализации проекта для каждого фактора запланировано выявление и использование 3–4 ключевых драйверов роста капитализации. Отображение данной модели на плоскости даёт возможность в дальнейшем перейти на изображение экономической модели в 3D-объёме в форме куба (рисунок 4).

По мнению авторов, идея проекта «ЭКД-Земля» будет интересна различным категориям лиц – и учёным, и инвесторам, а после построения – и туристам. Например, путешествующие по территории Республики Беларусь отдохнут в экологически чистой биосферной автономии и тем самым примут участие в глобальном проекте.

Кроме этого, возможность создания замкнутой экосистемы полного цикла, в том числе позволяющей снизить

влияние сезонности, открывает перспективы использования ЭКД-Земля не только в местах туристических потоков, но и в экологически или климатически неблагоприятных зонах планеты, таких как пустыни, тундры, области резко континентального климата Сибири, а в дальнейшем – и на околоземной орбите.

Благодаря построенной модели управления стоимостью бизнеса станет возможным проводить оценку эффективности привлекаемых ресурсов и принимаемых решений, эффективно управлять активами, используя интегральный подход, находить наиболее оптимальный путь прироста стоимости объекта [6].

Предлагаемый подход наглядно демонстрирует потенциал тиражирования ЭКД-Земля для инвестирования



Рисунок 3 – 3D-модель шести основных групп факторов ЭКД-Земля, оказывающих влияние на экономические параметры

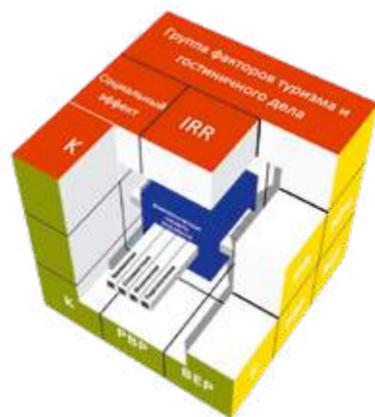


Рисунок 4 – Экономическая 3D-модель тиражирования ЭКД-Земля

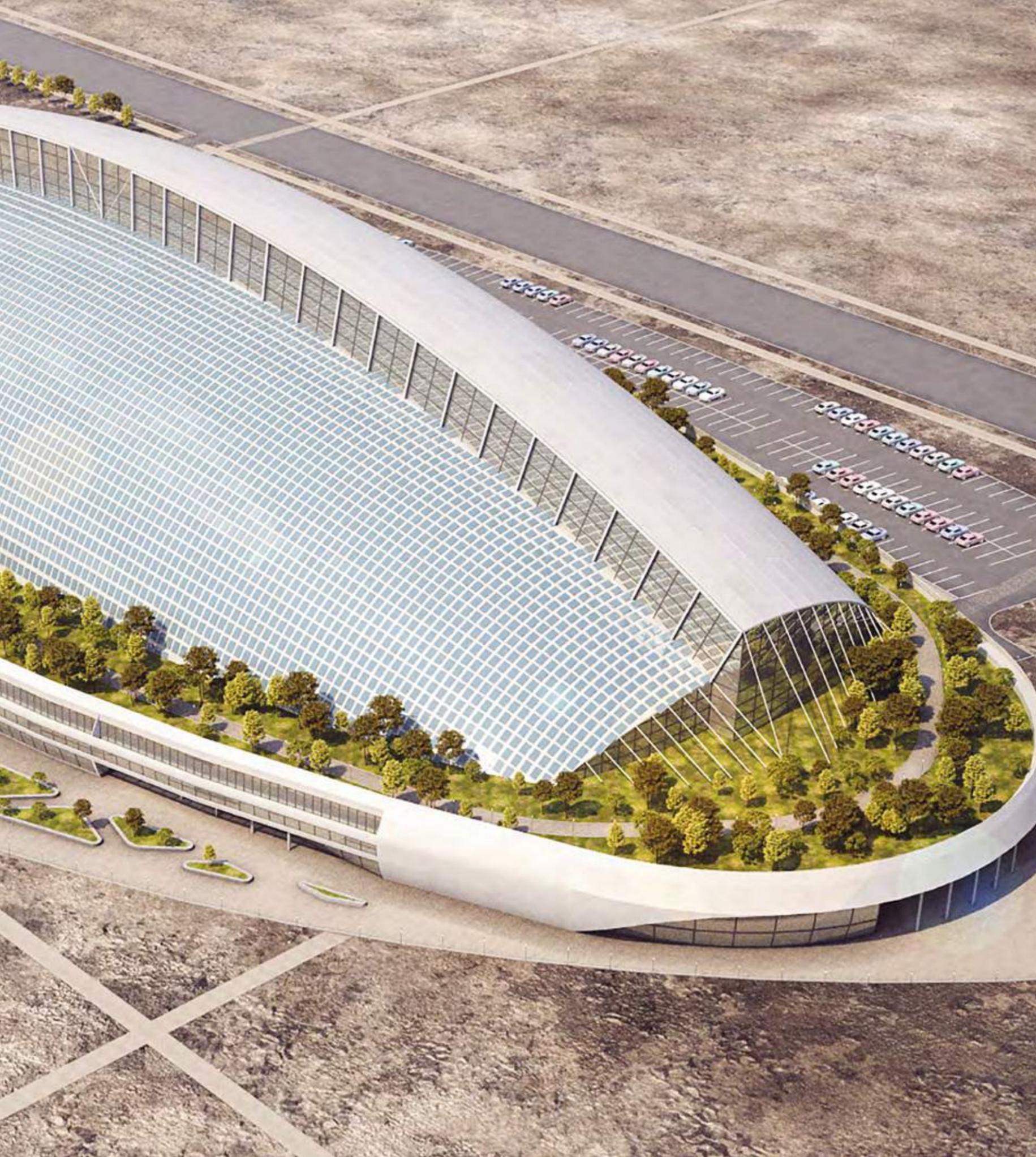
и его распространения, реализуемый через построение сети подобных объектов во всём мире. Сетевая структура, состоящая из сети отелей ЭКД-Земля (на всех континентах, во всех странах и во всех природно-климатических зонах), повышает инвестиционную привлекательность всего бизнес-направления. При этом снижается влияние временных и стоимостных драйверов благодаря диверсификации рисков и эффекту масштаба, а использование трёх ключевых показателей (капитализация (K), срок окупаемости инвестиций (PBP) и точки безубыточности (BEP)) позволяет оценивать проект на этапе его создания, дальнейшей реализации на стратегическом, тактическом и операционном уровнях управления, сочетая рыночный, финансовый и системный подходы.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Кушниренко, А.В. Подходы к определению сущности понятия «управление капитализацией» / А.В. Кушниренко // Всероссийская научная конференция по оценке бизнеса: сб. науч. статей / Казанский гос. финансово-экономич. институт. – Казань, 2008.
3. Кушниренко, А.В., Кушниренко, В.Н. Факторы и драйвера стоимости в управлении компанией / А.В. Кушниренко, В.Н. Кушниренко // Экономика в промышленности. – 2013. – № 3. – С. 79–82.
4. Кушниренко, А.В., Кулик, Е.Н. Использование морфологического анализа в определении факторов управления капитализацией / А.В. Кушниренко, Е.Н. Кулик // Проблемы современной экономики. – 2010. – № 2 (34). – С. 187–190.
5. Кубик Рубика / Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кубик_Рубика/. – Дата доступа: 25.04.2019.
6. Скотт, М.К. Факторы стоимости: руководство для менеджеров по выявлению рычагов создания стоимости / М.К. Скотт. – М.: Олимп-Бизнес, 2005. – 432 с.

© Юницкий А.Э., 2019
 © Кушниренко А.В., 2019
 © Кулик Е.Н., 2019





УДК 624.014; 721.01

Обзор возможных конструктивных решений объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), ЖАРЫЙ С.А. (г. Киев),
БОНУСЬ А.В. (г. Одесса), ЕРАХОВЕЦ Н.В. (г. Минск)



Рассмотрены варианты конструктивных решений объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля (ЭКД-Земля), проанализированы существующие аналоги, обозначены основные характеристики рассматриваемых замкнутых биосферных объёмов. Проведены предварительные расчёты пространственных моделей с приложенными нагрузками согласно нормам Еврокодов в программном комплексе RFEM. Определены оптимальный вариант из рассмотренных и вектор дальнейшего развития разработок по данному направлению.

Ключевые слова:

*ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля),
конструктивные решения большепролётных сооружений,
пространственные модели, автономная биосфера.*



Когда человечество находится на пороге новых открытий, которые могут принципиально изменить ход истории и вектор развития всей цивилизации, и когда это продиктовано благородными целями спасения и улучшения жизни всего живого, невозможно оставаться равнодушными и не впечатляться вероятными, а также уже продуманными с инженерной точки зрения перспективами. Подобные изменения сулит глобальный проект индустриализации космоса SpaceWay, призванный решить многие современные проблемы человечества [1]. Он включает в себя строительство и создание общепланетарного транспортного средства (ОТС), сопутствующих ему космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита»), экваториального линейного города (ЭЛГ) и глобальной сети TransNet. Все эти элементы призваны объединить технологии, земную биосферу и человека в синергетический организм, в том числе с созданием адаптированных под нужды человека биосферных кластеров ЭкоКосмоДомов (ЭКД) на орбите и в неблагоприятных для жизни человека природно-климатических условиях на планете Земля.

Одной из нетривиальных задач в разработке подобного жилого пространства нового поколения является создание автономной замкнутой биосферы, отвечающей требованиям жизнеобеспечения всех живых существ и происходящих в ней процессов, а также способной сохранять устойчивое функционирование всех систем на неограниченную продолжительность времени. Для испытаний решений в данном направлении было предложено разработать ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) как прототип космического жилого кластера с автономной биосферой. В данной статье авторами рассматриваются особенности конструкций несущего купола сооружения, создающего единый замкнутый объём, анализируются выбранные

формы, определяется оптимальный вариант из рассмотренных и утверждается вектор дальнейшего развития разработок по очерченному направлению.

Отличительная особенность этого сооружения – кроме необходимости перекрыть большой пролёт (решено, что площадь замкнутой биосферы должна быть не менее 2 га для воссоздания различных экосистем – лесных, луговых, водных, горных и других – и полноты эксперимента), конструкции и их внешний вид следует вписывать в общий неординарный дизайн проекта. Строительные конструкции внутри сооружения не должны создавать ощущения закрытой теплицы, а наоборот, предназначены помочь человеку ощутить близость к природе. Автономная биосфера, водная система, все элементы и сооружения, смоделированные человеком внутри проектируемого пространства (в том числе строительные конструкции), должны выглядеть естественными и максимально природными.

К сооружению также предъявляется ряд специфических условий, соблюдение которых необходимо для чистоты проводимых испытаний. Например, на первом этапе эксплуатации объекта купол должен включать в себя светопрозрачные конструкции для обеспечения приживаемости, роста и развития посаженных растений. Однако необходимо также гарантировать техническую возможность закрытия данных окон (создание полностью непрозрачного покрытия ЭКД-Земля) в последующий период проведения испытаний биосферы с переходом на автономное внутреннее освещение. Это требование обусловлено тем, что при строительстве на околоземной орбите ЭКД будет совершать один оборот вокруг Земли за 1,5 ч, что для живых организмов, в том числе человека, является слишком частой сменой дня и ночи. Однако отсутствие светопрозрачных конструкций не исключает вариант использования Солнца

как источника естественного света, направляемого зеркалами во внутреннее пространство, а также как источника энергии для других нужд космического дома.

Ещё одно условие чистоты эксперимента – герметичность всего сооружения. Данное требование в обязательном порядке предъявляется к надземной части (купол, накрывающий биосферу) и подземной (тепло- и гидроизолированный котлован с противокорневой защитой, содержащий в себе основание ЭКД-Земля – почву и водную систему). Все составляющие биосферы – воздух, вода, микро- и макроэлементы, биологическая масса, энергия и их взаимодействие – должны быть задействованы в полном круговороте внутри замкнутого пространства и обеспечивать автономность всей системы. Это ещё раз подчёркивает важность отсутствия газо-, водо- и других обменов между внутренним пространством ЭКД-Земля и окружающей средой.

Не менее важны требования к самим конструкциям. Они должны быть устойчивы к изменению сезонного атмосферного давления как изнутри сооружения, так и снаружи; максимально защищать внутреннее пространство от агрессивных внешних воздействий (перепадов температуры, атмосферных осадков, биологических угроз и др.); быть негорючими, выполненными из экологически безопасных материалов (не выделяющими вредных веществ на протяжении эксплуатации; по окончании срока службы легко утилизируемыми и т. д.), долговечными (защищёнными от окисления, воздействия света и влаги, разрушения микроорганизмами). Нахождение в ЭКД-Земля должно быть безопасным для человека и животных во всех отношениях и в любые периоды времени.

При поиске существующих аналогов подобного сооружения по его функциональному назначению наиболее близким оказался проект «Биосфера-2», построенный в пустыне штата Аризона в США компанией Space Biosphere Ventures в 1991 г. [2]. Целями проекта предусматривались моделирование замкнутой экологической системы и определение

возможностей человека для жизни и работы в закрытом пространстве. Однако в данном проекте весь объём сооружения площадью в 1,5 га был разделён на отдельные герметичные здания с независимыми экосистемами. Подобный подход изначально противоречит концепции и задачам, поставленным перед авторами статьи: создать свободное пространство, максимально природное и комфортное для жизни, миниатюру биосферы планеты Земля со взятыми из неё самыми лучшими условиями и параметрами для человека. На Земле нет перегородок, нет резких переходов от одной экосистемы к другой: климатические зоны плавно перетекают одна в другую, леса, поля, водоёмы и горы дополняют друг друга; их взаимодействие нельзя останавливать и ограничивать. Поэтому авторами статьи данный вариант в качестве аналога конструктивного решения, а также собственная разработка (один из первых вариантов объёма, совмещённого из нескольких геодезических куполов (рисунок 1)), были отклонены.

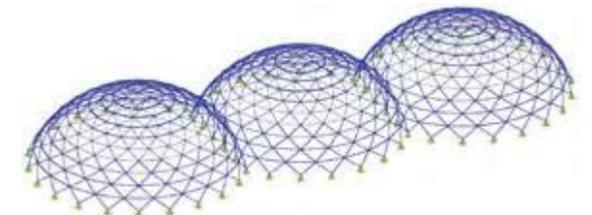


Рисунок 1 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля из совмещённых геодезических куполов

Далее рассматривались отличающиеся по функциональному назначению, но актуальные примеры конструктивных решений большепролётных сооружений. Например, комплекс Tropical Islands в Германии (ангар для дирижаблей, переоборудованный под тропический парк развлечений, является крупнейшим самонесущим залом в мире – 360 м в длину, 210 м в ширину и 107 м в высоту) [3];



Проект «Биосфера-2», США



Комплекс Tropical Islands, Германия



Акватория
Seagaia
Ocean Dome,
Япония



Оранжерейный
комплекс «Эдем»,
Великобритания



Отель
InterContinental
Chengdu
Global Center,
Китай



Национальный
центр
исполнительских
искусств,
Китай



Торгово-
развлекательный
центр
«Хан Шатыр»,
Казахстан



Ангар
Hangar One,
США

акватория Seagaia Ocean Dome в г. Миядзакэ, Япония (открывающийся купол габаритами 300 м на 100 м, внутри которого температура воздуха не опускается ниже 30 °С, а воды – ниже 28 °С) [4]; оранжерейный комплекс «Эдем» в Великобритании (создан на месте бывшего каолинового карьера, имеет внутри себя тропический и средиземноморский биомы (правда, разделённые на секции) и использует компьютеризированные системы поддержания заданных параметров температуры и влажности, дождевую воду со дна карьера и энергию от ветрогенераторов) [5]; отель InterContinental Chengdu Global Center недалеко от г. Чэнду, Китай [6]. Отчасти прототипами проектируемого сооружения также могут служить крупный торгово-развлекательный центр «Хан Шатыр» в г. Астане, Казахстан (самый высокий шатёр в мире, вошедший в Книгу рекордов Гиннесса. Содержит на своих верхних этажах пляжный курорт с растениями и температурой 35 °С круглый год); Национальный центр исполнительских искусств в г. Пекине, Китай (пространство более 3 га перекрыто единым куполом без колонн, половина которого выполнена из стекла); ангар Hangar One, построенный в 1930-х годах для размещения военного корабля США «Мейкон» (площадь – 3,2 га, высота – около 60 м) [7].

Все перечисленные примеры имеют ряд характеристик, опыт строительства и эксплуатации, оценка которых может помочь в дальнейшем проектировании ЭКД-Земля. Моменты, на которые в первую очередь стоит обратить внимание: выполняет ли сооружение свою функцию, долговечно и рентабельно ли оно, легко ли его обслуживать и ремонтировать, целесообразны ли решения с экономической, энергетической, эстетической и экологической точек зрения.

Основная причина создания большепролётных конструкций – необходимость максимального использования внутреннего пространства. Для проекта ЭКД-Земля возможность уйти от устройства промежуточных колонн и тем самым обеспечить простор для организации внутренней биосферы является важным критерием при поиске подходящих конструктивных решений. Одним из первых рассматриваемых вариантов был объём из половины разрезанного вдоль по диаметру цилиндра (ширина – 120 м, длина – 250 м, радиус – 60 м) с полусферами по торцам (рисунок 2). В качестве основной несущей конструкции использована арочная ферма с шарнирным опиранием. Все предварительные расчёты пространственных моделей с приложенными нагрузками проводились согласно нормам Еврокодов в программном комплексе RFEM. Так как окончательное место строительства объекта пока не определено, были приняты снеговые и ветровые нагрузки, характерные для Республики Беларусь.

Для того чтобы подчеркнуть, что ЭКД-Земля является не отдельным проектом, а частью глобальной программы SpaceWay, также проанализирован вариант создания объёма комплекса как части космического ЭкоКосмоДома, а именно как фрагмента тора. Был взят тор диаметром 400 м (диаметр образующей – 100 м) с диаметром «отверстия в бублике» 200 м. Размеры фрагмента в плане – 100 м (ширина) на 250 м (длина), высота в центре сооружения – 50 м, высота по краям – около 4 м. Объём создаётся сечением тора плоскостью, параллельной плоскости, содержащей ось его вращения, на расстоянии 150 м от неё. В плане формируется эллипс с небольшим усечением по концам большой полуоси (рисунки 3, 4). Конструктив данного варианта представляет собой пространственную решётчатую конструкцию, основу которой составляют трёхгранные арки высотой около 6 м. Все арки одинакового диаметра, однако каждая из них наклонена в сторону (по очертанию закругления внешнего диаметра тора). Для уменьшения материалоемкости также рассмотрен вариант аналогичного решения с высотой 30 м (рисунок 5).

Следующая трансформация данного решения – замена трёхгранных арок на арки из гнутых квадратных труб (рисунки 6, 7). Основным недостатком покрытия в виде фрагмента тора является большой горизонтальный распор, который передаётся на фундаменты.

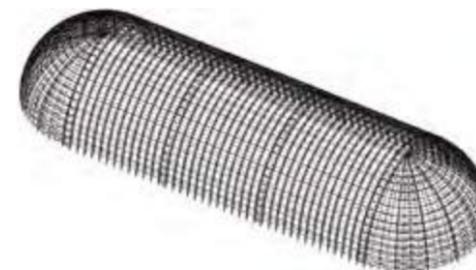


Рисунок 2 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля из половины разрезанного вдоль по диаметру цилиндра с полусферами на концах

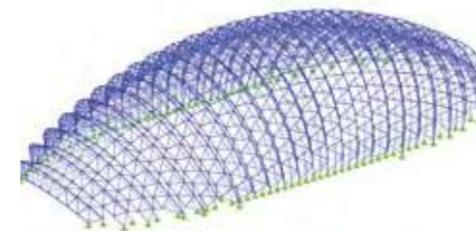


Рисунок 3 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля из фрагмента тора (высота – 50 м)

Для уменьшения расхода материалов возможно совмещение фундамента и помещений любого функционального назначения.

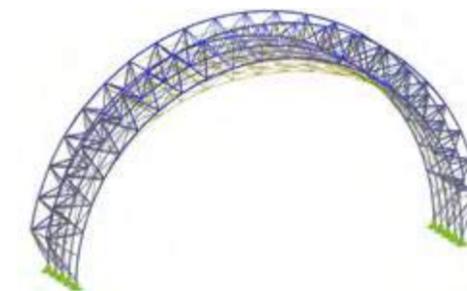


Рисунок 4 – Работа конструктивного решения ЭКД-Земля из фрагмента тора под нагрузкой (высота – 50 м)



Рисунок 5 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля из фрагмента тора (высота – 30 м)

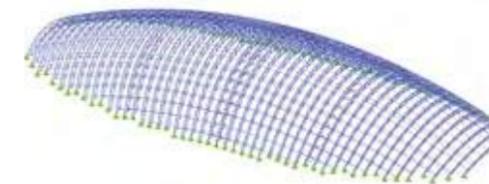


Рисунок 6 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля из фрагмента тора из гнутых квадратных труб (высота – 30 м)

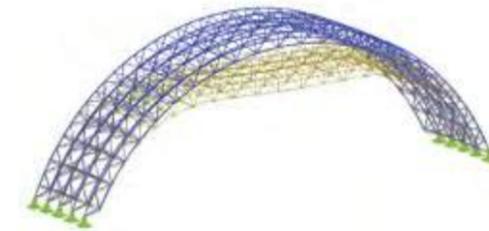


Рисунок 7 – Работа конструктивного решения ЭКД-Земля из фрагмента тора из гнутых квадратных труб под нагрузкой (высота – 30 м)

Кроме того, рассматривались принципиально отличающиеся по форме объёмы, такие как, например, пирамиды (квадратная в плане (рисунки 8, 9) и прямоугольная (рисунки 10, 11)). Переходя к более простой форме, можно значительно упростить устройство кровли сооружения. В варианте с квадратом в плане (150 × 150 м, максимальная высота – 50 м) в центральной части пирамиды можно возвести здание, в котором расположатся отель и теплицы. Конструктив подобного строения – железобетонный каркас, он же будет опорой для наклонных металлических полуарок покрытия. Размер здания отеля/теплиц – 30 × 30 м, высота – 40 м.

Однако данное решение имеет ряд композиционных минусов: основная высота отдаётся жилому/общественному комплексу, а не формированию биосферы и интеграции в неё; квадратная форма основания усложняет формирование обособленных зон с жильём повышенного комфорта, для тихого отдыха, хозяйственных зон и т. п.;

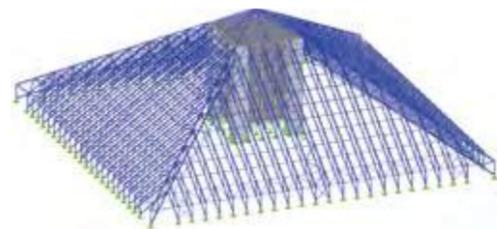


Рисунок 8 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля в виде пирамиды

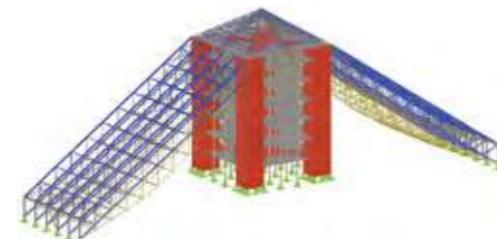


Рисунок 9 – Работа конструктивного решения ЭКД-Земля в виде пирамиды под нагрузкой

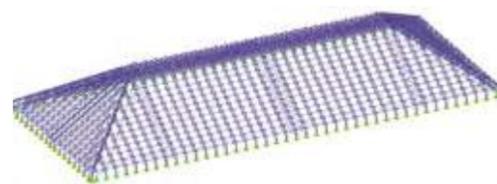


Рисунок 10 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля в виде пирамиды, прямоугольной в плане

отсутствует возможность создания эффекта «неба над головой», а значит, и соблюдения одного из определяющих требований – нахождение внутри пространства должно быть комфортным неограниченное количество времени.

Габариты прямоугольной пирамиды в плане составляют 100 × 250 м (общая высота – около 35 м). Несущими элементами покрытия являются арки из гнутых замкнутых профилей. В данном варианте здание отеля не завязано с конструкцией покрытия и композиционно такое пространство намного легче зонировать, однако с эстетической точки зрения сооружение однозначно проигрывает более природным формам, рассмотренным ранее, например, плавным изгибам фрагмента тора, напоминающим створку мидии.

Для развития природной формы проанализирован вариант поднятия одной половины покрытия фрагмента тора и заполнения данного пространства остеклением (рисунки 12, 13, 14). Основные несущие элементы каркаса в данном варианте – поперечные дугообразные арки, выполненные из замкнутых гнутосварных профилей, и центральные колонны, на которые они опираются.

Для определения оптимального конструктивного решения ЭКД-Земля проведено предварительное сравнение рассматриваемых вариантов по следующим параметрам: площадь, объём, удельная материалоемкость на 1 м² площади, удельная материалоемкость на 1 м³ объёма сооружения, стоимость несущих металлоконструкций (таблица).

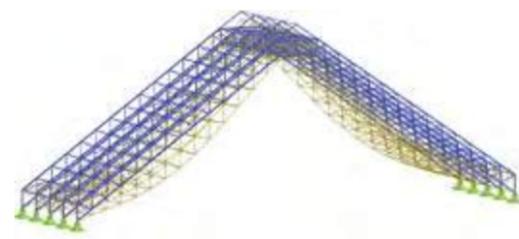


Рисунок 11 – Работа конструктивного решения ЭКД-Земля в виде пирамиды, прямоугольной в плане, под нагрузкой

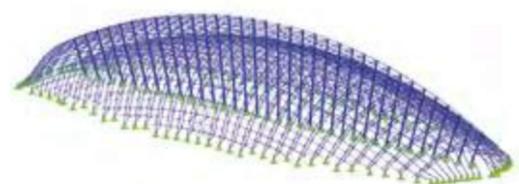


Рисунок 12 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля с поднятой частью покрытия

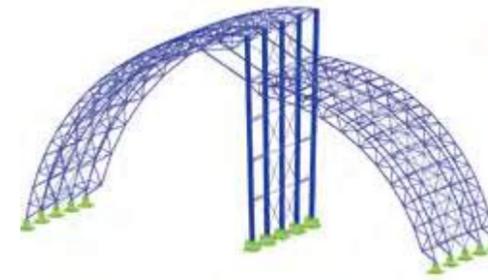


Рисунок 13 – Вариант конструктивного решения ЭКД-Земля с поднятой частью покрытия (фрагмент)

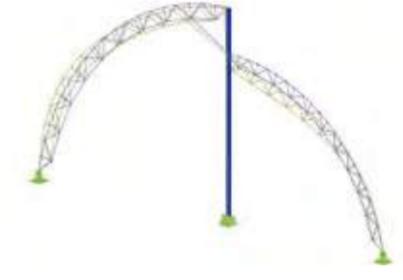


Рисунок 14 – Работа конструктивного решения ЭКД-Земля с поднятой частью покрытия под нагрузкой

Таблица – Сравнительный анализ материалоемкости и стоимости конструкций (на май 2019 г.)

Показатель	Единицы измерения	Варианты						
		Фрагмент тора высотой 50 м (покрытие из треугольных ферм)	Фрагмент тора высотой 30 м (покрытие из треугольных ферм)	Совмещённые купола	Фрагмент тора высотой 30 м (покрытие из отдельных ферм)	Пирамида (квадратная в плане)	Пирамида (прямоугольная в плане)	Фрагмент тора с продольным разрезом
1. Удельные показатели на 1 м² площади								
1.1. Стальные конструкции	кг/м ²	81	70	69	60	89	60	78
1.2. Стоимость стальных конструкций	бел. руб./м ²	415	369	360	319	452	305	405
1.3. Покрытие	м ² покрытия / м ² площади	1,87	1,5	1,45	1,3	1,36	1,28	1,37
2. Удельные показатели на 1 м³ объёма здания								
2.1. Стальные конструкции	кг/м ³	2,8	4,74	3,62	4,11	4,17	3,37	3,33
2.2. Стоимость стальных конструкций	бел. руб./м ³	14,3	25,1	19	21,7	21,2	17,1	17,2
2.3. Покрытие	м ² /м ³	0,06	0,1	0,08	0,09	0,06	0,07	0,06
3. Общая стоимость стальных конструкций	бел. руб.	9 170 626	7 924 961	7 339 670	6 868 300	10 169 728	7 627 296	9 305 902
	USD	4 367 098	3 773 906	3 495 188	3 270 719	4 842 875	3 632 157	4 431 517

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод: наиболее экономически выгоден вариант фрагмента тора высотой 30 м с арками из гнутых квадратных труб. Он же является одной из самых эстетичных и природоподобных форм из всех рассмотренных (рисунок 15).

Таким же эстетически привлекательным является фрагмент тора с продольным разрезом и поднятием части покрытия (рисунок 16). Однако при увеличении высоты здания значительно возрастает материалоемкость, а следовательно, и стоимость несущих конструкций.

Данные выводы отнюдь не окончательны, они позволяют лишь сориентироваться в дальнейших шагах и векторе разработок. Например, дальнейший расчёт стоимости устройства фундаментов может изменить расстановку вариантов в рейтинге экономичности.

Не исключается появление новых рассматриваемых вариантов (с плоской кровлей или террасами, площадь которых можно отдать под общественные пространства и зелёные насаждения, и др.). Для получения объективных цифр к анализу необходимо подходить комплексно, сравнивая не отдельные элементы системы между собой, а целые связки решений, что будет возможно при более детальной проработке всех составляющих ЭКД-Земля. Таким образом, очень важно учитывать все предъявляемые требования к сооружению, признавать и демонстрировать необходимые гибкость и инновационность подходов в быстроразвивающемся мире, а также осознавать ответственность и перспективность проекта в глобальных программах освоения космоса и спасения человеческой цивилизации.



Рисунок 15 – Визуализация ЭКД-Земля (вариант) с конструктивным решением в виде фрагмента тора (высота – 30 м)



Рисунок 16 – Визуализация ЭКД-Земля (вариант) с конструктивным решением в виде фрагмента тора с продольным разрезом и поднятием части покрытия

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Сила-кросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Biosphere 2 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.biospherics.org/>. – Date of access: 29.04.2019.
3. Tropical Islands [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.tropical-islands.de/en/>. – Date of access: 01.06.2019.
4. Seagaia Ocean Dome [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Seagaia_Ocean_Dome. – Date of access: 02.06.2019.
5. Eden Project [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.edenproject.com/>. – Date of access: 02.06.2019.
6. Отель Intercontinental Chengdu Global Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intercontinental-global-center.chengduhotels.net/ru/#photo>. – Дата доступа: 02.06.2019.
7. Hangar One (Mountain View, California) [Electronic resource]. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hangar_One_\(Mountain_View,_California\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hangar_One_(Mountain_View,_California)). – Date of access: 02.06.2019.

© Юницкий А.Э., 2019
 © Жарый С.А., 2019
 © Бонусь А.В., 2019
 © Ераховец Н.В., 2019



УДК 579.65

Почва и почвенные микроорганизмы в биосфере ЭкоКосмоДома

ЮНИЦКИЙ А.Э., СОЛОВЬЁВА Е.А., ЗЫЛЬ Н.С. (г. Минск)



Приведена информация о многообразии почвенных микроорганизмов и их роли в почвообразовании и плодородии. Из природных источников (почва, бурый уголь, биогумус) авторами выделены 18 ассоциаций агрономически ценных микроорганизмов (более тысячи видов) следующих эколого-трофических групп: аммонифицирующей, олиготрофной, азотфиксирующей, целлюлозолитической, фосфатсольбилизирующей и др. На основе выделенных микробных культур и измельчённого электрогидравлическим способом бурого угля создана плодородная почва и оптимизирован её состав, обеспечивающий растения всем необходимым питанием.

Ключевые слова:

почва, почвенные микроорганизмы, бурый уголь, гуминовые вещества.

Почва представляет собой ключевой компонент биосферы Земли, поскольку совместно с почвенными микроорганизмами формирует многие важные процессы, происходящие в ней, и в первую очередь круговорот биогенных элементов.

Почва является одной из наиболее благоприятных и постоянных сред обитания микроорганизмов. Количество их в 1 г почвы исчисляется миллионами и миллиардами клеток. Особенно высока их численность вблизи корневой системы растений (в ризосфере). Почву можно рассматривать как банк, в котором хранятся самые разнообразные виды микроорганизмов, или как генофонд микромира [1]. Мир почвенных микроорганизмов очень многообразен. Он включает бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли и простейшие, выполняющие важные экологические функции за счёт последовательной смены одного микробного сообщества другим.



Известный белорусский учёный О.И. Колешко, изучающая экологию почвенных микроорганизмов, достаточно полно охарактеризовала их значимость для экосистемы [2]. Микроорганизмы участвуют в минерализации растительных и животных остатков, осуществляют круговорот веществ и энергии, пополняют азотный запас почвы за счёт биологической азотфиксации, солибилизируют фосфор из органических и труднорастворимых неорганических соединений, обогащают почву биологически активными соединениями (ферменты, аминокислоты, ауксины, витамины и др.) и антибиотическими веществами, угнетающими развитие фитопатогенов. Грибы, актиномицеты, капсульные бактерии, дождевые черви участвуют в образовании прочной комковатой структуры, улучшающей водно-воздушный режим почвы. Таким образом, очевидна огромная роль почвенных микроорганизмов в почвообразовании, поддержании плодородия, оптимизации питания растений, а также в геохимических процессах в биосфере.



На сегодняшний день острой проблемой является антропогенное воздействие на почву. Интенсивные агротехнические мероприятия, в том числе чрезмерное внесение в почву химических удобрений и пестицидов, нарушают почвенное плодородие, изменяя состав почвенной микрофлоры и её активность, что приводит к деградации пахотных земель. Использование в практике сельского хозяйства агротехнологий, включающих применение активных штаммов микроорганизмов, которые обладают спектром полезных свойств, является альтернативным приёмом повышения плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур и получения экологически безопасной продукции.



В связи с этим целью нашего исследования явилось создание оптимальной структуры микробного ценоза почв в условиях ЭкоКосмоДома (ЭКД) [3], включающего всё необходимое разнообразие и количество микроорганизмов, аналогичное составу плодородной почвы, которая состоит из природного гумуса и различных видов почвенных микроорганизмов, принимающих участие во всех звеньях круговорота веществ.

Выделение агрономически ценных почвенных микроорганизмов было осуществлено в лаборатории агротехнических исследований ЗАО «Струнные технологии» из образцов почв, невовлечённых в агропромышленное производство, отобранных в различных областях Беларуси, России и Украины, а также из биогумуса, выдержанного шесть месяцев, песка из ОАЭ и образцов бурого угля из Бриневского месторождения (Беларусь). Отбор проб почвы проводился методом конверта (средняя проба из пяти точек) в стерильные полиэтиленовые пакеты. Выявление основных эколого-трофических групп осуществлялось методом посева на агаризованные среды: для амилотических бактерий и актиномицетов – на крахмал-аммиачную среду;

для олиготрофных – среду Эшби; для целлюлозоразрушающих – среду Имшенецкого; для аммонифицирующих – мясо-пептонный агар; для фосфатсолюбилизующих бактерий – среду Муромцева [4]. Выделение бактерий-деструкторов бурого угля осуществлялось на среде, где в качестве единственного источника углерода и азота использовался измельчённый

бурый уголь в концентрации 0,01 % в пересчёте на сухое вещество [5]. Об использовании бурого угля микроорганизмами судили по снижению интенсивности окраски среды при добавлении глюкозы и при отсутствии углеводов, а также изменению количества колониеобразующих единиц (КОЕ). Исследование сохранения жизнеспособности выделенных ассоциаций микроорганизмов, внесённых в почвогрунт на основе измельчённого бурого угля, проводили

методом посева на агаризованные питательные среды в течение трёх месяцев.

Проверку фитотоксичности выделенных ассоциаций микроорганизмов проводили на семенах кресс-салата как на наиболее чувствительной на инокуляцию культуре.

Эффективность применения выделенных ассоциаций почвенных микроорганизмов устанавливали в условиях светокмнаты при инокуляции зеленых культур (салат Лолло Росса и руккола) на научно-технической базе Крестьянского (фермерского) хозяйства «Юницкого» (Республика Беларусь).

Общая численность микроорганизмов в образцах бурого угля составляла около 107 КОЕ в 1 г. Из бурого угля были выделены две ассоциации микроорганизмов, обладающих деструкционной активностью в отношении бурого угля и способностью к трансформации гуминовых веществ. При изучении способности исследуемых микроорганизмов использовать гуминовые вещества бурого угля (в течение одного месяца) отмечено микробное разложение последнего, приводящее к помутнению среды и снижению интенсивности её окраски. В колбах со средой, содержащей дополнительно 0,01 % глюкозы, обесцвечивание было сильнее (рисунок 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что разложение гуминовых веществ происходит более интенсивно в присутствии глюкозы, т. е. в условиях кометаболизма.

Изучение динамики численности микроорганизмов-деструкторов бурого угля при культивировании на среде

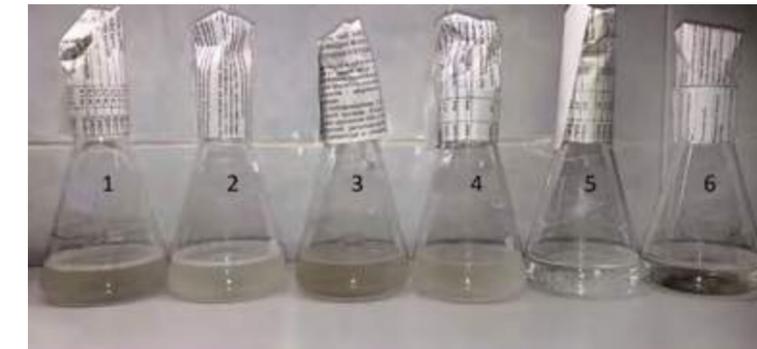


Рисунок 1 – Способность выделенных ассоциаций микроорганизмов-деструкторов бурого угля использовать гуминовые вещества:
 1 – ассоциация № 1, культивируемая на среде с бурым углём (0,01 %);
 2 – ассоциация № 1 (0,01 % бурого угля и 0,01 % глюкозы);
 3 – ассоциация № 2 (0,01 % бурого угля);
 4 – ассоциация № 2 (0,01 % бурого угля и 0,01 % глюкозы);
 5 – контроль 1 (среда с 0,01 % бурого угля);
 6 – контроль 2 (среда с 0,01 % бурого угля и 0,01 % глюкозы)

с измельчённым бурым углём в качестве единственного источника углерода и азота показало увеличение их концентрации в среднем на порядок (10^9 КОЕ/мл) на 10-е сутки культивирования, что подтверждает способность выделенных бактерий развиваться на данной среде.



Из почвенных образцов, невовлечённых в агропромышленное производство, а также песка и образца биогумуса выделены 18 ассоциаций аэробных и анаэробных микроорганизмов различных агрономически ценных групп: аммонифицирующие, олигонитрофилы, в том числе азотфиксирующие, целлюлозолитические (мезофилы и термофилы), фосфатсольюбилизирующие, а также использующие минеральные формы азота.

Проверка выделенных ассоциаций микроорганизмов на фитотоксичность показала, что инокуляция кресс-салата бактериальными культурами оказывала стимулирующее влияние на семена, повышая их всхожесть и энергию прорастания. Прибавка фитомассы в вариантах с инокуляцией семян составила 26–71 % по сравнению с необработанным вариантом. Максимальный прирост фитомассы отмечен при инокуляции семян ассоциацией олигонитрофильных бактерий, что объясняется азотфиксирующей способностью последних, поскольку на начальном этапе роста и развития растений чрезвычайно важным элементом является азот. Дополнительным положительным свойством азотфиксирующих бактерий, стимулирующим прорастание семян, является синтез фитогормонов (ауксина и др.).

На основе выделенных нами микробных ассоциаций создан банк микроорганизмов, содержащий более тысячи видов, представляющий интерес для различных целей микробиологии и биотехнологии (рисунок 2).



Рисунок 2 – Банк агрономически ценных групп микроорганизмов

Ассоциации почвенных микроорганизмов, включающие всё необходимое разнообразие и количество бактериальных культур, выделенные из природных источников различных почвенно-климатических зон и выполняющие важные экологические функции, использовались нами для создания почвы, аналогичной составу плодородной. В качестве исследуемого компонента принят измельчённый электрогидравлическим способом бурый уголь (Большесырское месторождение, Красноярский край, Россия), применяемый как носитель и питательная среда для интродуцированных микроорганизмов, с добавлением золы как источника микроэлементов. Зола получена при сжигании бурого угля того же месторождения. Электрогидравлическое воздействие разрушает молекулы гуминовых веществ, и они становятся более доступны для потребления микроорганизмами. Технологическая схема производства почвы представлена на рисунке 3.

Изучена выживаемость ассоциаций микроорганизмов на разработанной почве в течение трёх месяцев.



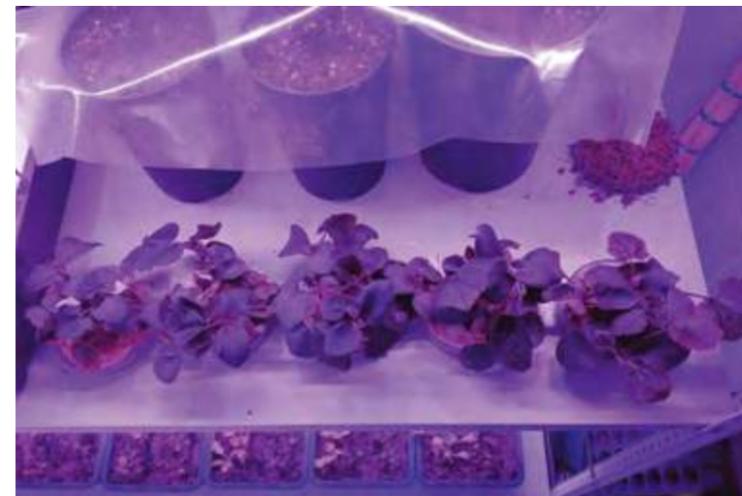
Рисунок 3 – Технология получения почвы (гумуса)

Изменение численности микробных интродуцентов в процессе их хранения в почве было незначительным. К концу третьего месяца хранения концентрация микроорганизмов составляла не менее $2,5 \times 10^9$ КОЕ/г почвы. Это свидетельствует о том, что внесённые микробные культуры способны сохраняться там длительное время.

Проверка эффективности разработанной почвы в модельных условиях в светоконате показала прибавку

фитомассы растений исследуемых салатных культур (150–200 %) по сравнению с субстратом на основе песка и торфа (2 : 1). Для подтверждения эффективности, полученной при возделывании растений в лабораторных условиях на разработанной почве, заложен полевой эксперимент на озимой тритикале.

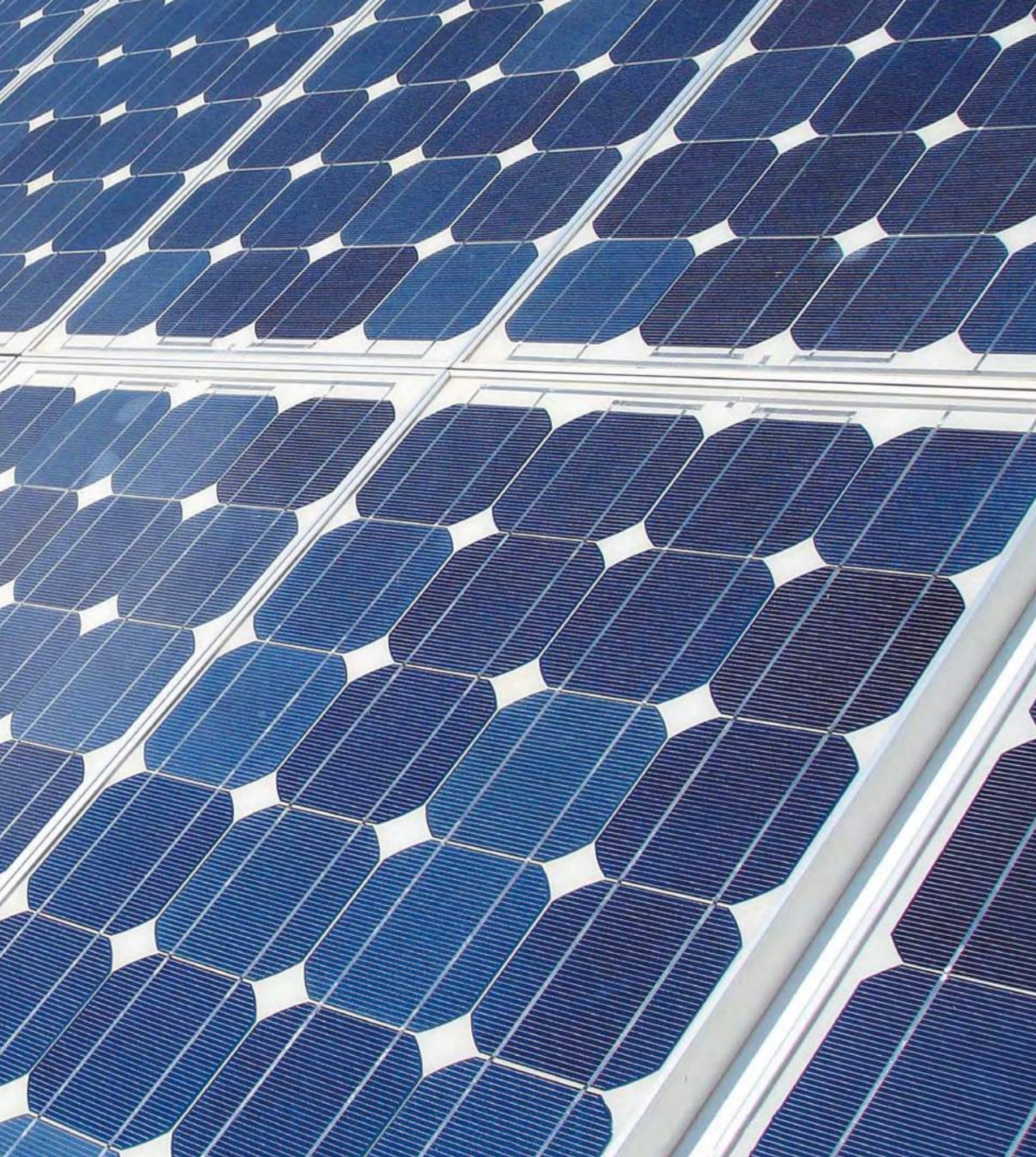
Таким образом, выделенные ассоциации микроорганизмов и разработанная на их основе почва ускоряют рост и развитие растений за счёт снабжения их всеми необходимыми питательными веществами и природными регуляторами роста.



Литература

1. Марчик, Т.П., Головатый, С.Е. Численность, биомасса и эколого-трофическая структура микробных ценозов дерново-карбонатных почв / Т.П. Марчик, С.Е. Головатый // *Вестник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы: Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія.* – 2012. – № 1 (125). – С. 107–118.
2. Колешко, О.И. Экология микроорганизмов почвы: лабораторный практикум / О.И. Колешко. – Минск: Высшая школа, 1981. – 176 с.
3. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А. Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.
4. Фосфатмобилизующая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* и их влияние на степень микоризации корней пшеницы / А.А. Егоршина и [др.] // *Журнал Сибирского федерального университета. Биология.* – 2011. – Т. 2, № 4. – С. 172–182.
5. Постникова, М.А. Использование гуминовых кислот почвенными бактериями: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.07 / М.А. Постникова; МГУ им. М.В. Ломоносова, фак-т почвоведения. – М., 2007. – 125 с.: ил.

© Юницкий А.Э., 2019
© Соловьёва Е.А., 2019
© Зыль Н.С., 2019



УДК 551.581.2

Системы поддержания оптимальных климатических параметров ЭкоКосмоДома на планете Земля

ЮНИЦКИЙ А.Э., ГРИГОРЬЕВ В.Г. (г. Минск)



Рассмотрены основные проблемы обеспечения оптимальных климатических параметров внутри ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля). Приведены результаты предварительных расчётов некоторых основных параметров, таких как температура, относительная влажность и давление. Выбрано направление дальнейшего исследования.

Ключевые слова:

ЭкоКосмоДом (ЭКД), замкнутая экосистема, оптимальные климатические параметры, системы теплоснабжения, тепловая защита здания, транспирация.



Одной из ключевых проблем создания замкнутой экосистемы, в частности ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля) [1], является поддержание с наименьшими экономическими затратами заданных оптимальных климатических параметров, таких как температура, относительная влажность и давление. На рассмотрении вопросов поддержания каждого из данных параметров остановимся подробнее.

Первой задачей поддержания климатических параметров является обеспечение требуемой температуры воздуха внутри ЭКД-Земля. Для принятой климатической зоны (северные субтропики) диапазон температур воздуха в объёме ЭКД-Земля составляет 15–25 °С, поэтому очевиден следующий факт – даже при условиях идеальной теплоизоляции, например, в Беларуси, необходим внешний подвод тепловой энергии (среднегодовая температура воздуха для Республики Беларусь составляет 6,1 °С).

С точки зрения концепции ЭКД-Земля, наиболее подходящим внешним источником энергии является Солнце в силу своей неисчерпаемости и бесплатности. Однако, к примеру, для Республики Беларусь отношение средней выдаваемой мощности солнечных панелей к установленной составляет примерно 1 : 10 [2]. В этой связи Солнце



как источник не может считаться однозначным решением проблемы теплоснабжения, поэтому необходимо рассмотрение других вариантов, наиболее простым из которых представляется котельная на природном газе. Узким местом данного источника оказываются экологические ограничения площадки строительства, а также стоимость отпускаемой тепловой энергии, которая напрямую зависит от тарифов на природный газ. Они для Беларуси постоянно меняются и во многом зависят от порядка определения внутрироссийских цен на газ и от политических отношений Беларуси и России. Таким образом, цена на газ для Беларуси может измениться как в положительную, так и отрицательную сторону [3]. Также следует отметить вариант теплоснабжения с использованием теплонасосных установок, на данный момент требующих значительных капиталовложений, но при этом имеющих очень высокую энергетическую эффективность. Возможен вариант теплоснабжения и с использованием комбинированного (с выработкой электрической энергии и тепловой) источника на базе технологии газификации бурого угля. Однако наиболее выигрышной представляется оптимальная комбинация различных типов источников, позволяющая минимизировать эксплуатационные и оптимизировать капитальные затраты. Соотношение источников напрямую зависит от места размещения ЭКД-Земля. К примеру, при размещении на Аравийском полуострове преобладать будет солнечная энергия, а при размещении вблизи угольных месторождений – технология газификации угля.

Организация внутренней системы отопления также является нетривиальной задачей. Для снижения нагрузки внешнего источника, а следовательно, снижения капитальных и эксплуатационных затрат необходима высокая степень тепловой защиты здания. Один из вариантов –

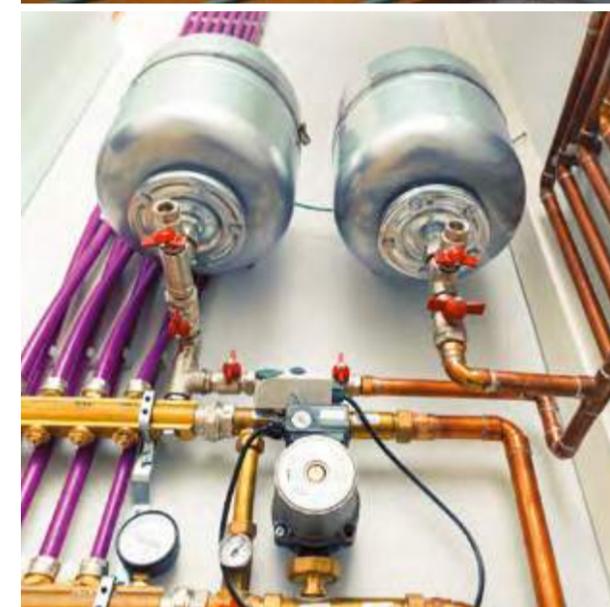


наращивание тепловой изоляции здания. Минимально допустимое значение сопротивления теплопередаче выбирается исходя из условия невыпадения конденсата на ограждающих конструкциях, значит, температура внутренней поверхности ЭКД-Земля не должна опускаться ниже температуры точки росы воздуха. Максимальное значение ограничивается экономическими факторами, такими как снижение эксплуатационных затрат на единицу приращиваемой теплоизоляции с учётом капиталовложений в этот дополнительный слой. Принятый теплоизоляционный материал должен отвечать требуемым характеристикам по стоимости, экологичности, технологичности, горючести и ещё по целому ряду других показателей.

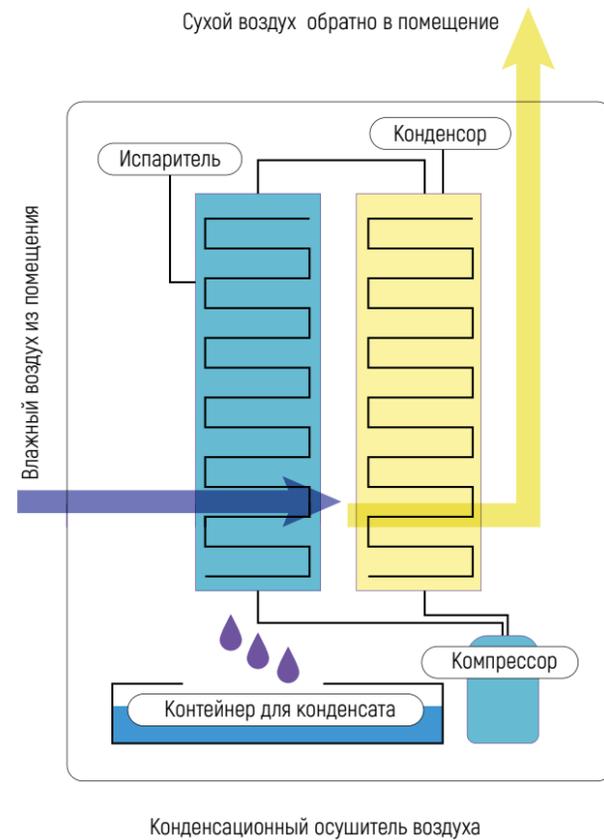
При выборе непосредственно вариантов размещения отопительных приборов следует учитывать особенности прогрева сооружений большого объёма. При прогреве воздуха напрямую конвективный перенос более тёплых потоков в верхние слои внутренней «атмосферы» может привести к тому, что нижние слои будут оставаться непрогретыми, не говоря уже о прогреве самой почвы до требуемой температуры. В этом случае также возникнет эстетическая проблема размещения отопительных приборов в центральных частях ЭКД-Земля с целью организации более равномерного прогрева. В данной связи очевиден факт, что необходим прогрев почвы, от которой посредством теплопередачи будет прогреваться воздух. Подобный механизм теплообмена является природным, так как изначально Солнце прогревает почву, а затем почва уже греет воздух. Однако во избежание перегрева почвы дополнительно потребуются и «классический» способ прогрева воздуха – радиаторами и конвекторами.

На основании вышеизложенного целесообразно отметить, что к вопросу организации системы теплоснабжения

и тепловой защиты здания ЭКД-Земля следует подходить грамотно, исходя из целого комплекса параметров: экономических, технических и экологических.



Для поддержания требуемой относительной влажности в первую очередь стоит понимать механизм её повышения. Принимая во внимание факт, что любая система стремится к состоянию равновесия, то при наличии воды в жидкой фазе (например, при наличии водоёмов) будет происходить постоянное её испарение и, как следствие, повышение относительной влажности. Влажность воздуха также будет повышаться из-за явления транспирации (процесс движения воды через растение и её испарение через наружные органы растения, такие как листья, стебли и цветы) [4]. Значит, для поддержания влажности необходимо конденсировать поступившую в воздух влагу. Физически это реализуется путём охлаждения воздуха, технически – использованием осушителей или вентиляций. Второй вариант исключается, так как он противоречит концепции замкнутой экосистемы.



При реализации механизмов поддержания влажности неизбежно образование большого количества конденсата. По предварительным оценкам, только с поверхности водоёмов в ЭКД-Земля в сутки выделится порядка 10 т воды.

Оценка количества влаги, которая попадёт в воздух посредством транспирации, а в дальнейшем будет сконденсирована, должна проводиться исходя из состава растений и особенностей их жизнедеятельности. Полученную в осушителях воду при минимальной очистке можно использовать в питьевых целях, а также для полива растений. Данные мероприятия станут частью круговорота воды в замкнутой системе ЭКД-Земля. В соответствии с подобной схемой осуществлялось питьевое водоснабжение в проекте «Биосфера-2» [5].

Не менее важным фактором является давление. Большая часть людей негативно реагирует на скачки атмосферного давления, при котором также изменяется и артериальное давление. Быстрое снижение атмосферного давления приводит к кислородному голоданию тканей (прежде всего головного мозга) [6].

Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона давление прямо пропорционально температуре [7], из чего следует, что неустойчивость температуры внутри ЭКД-Земля повлечёт закономерное изменение давления, что будет проявляться при суточных колебаниях температуры (день-ночь). Расчёты показывают, что при суточной температуре в ЭКД-Земля в диапазоне 19–25 °С колебания давления составят 757–773 мм рт. ст. Годовые же колебания окажутся в диапазоне 747–773 мм рт. ст. В случае негативного влияния такого диапазона перепадов на живые организмы возникнет необходимость выравнивания изменения давления посредством компенсирующего объёма. Как вариант, возможно снижение диапазона изменения температур для обеспечения допустимого диапазона изменения атмосферного давления внутри ЭКД, которое должно быть

близким к наружному давлению, так как разница давлений на каждый мм рт. ст. даст дополнительную нагрузку на оболочку ЭКД в размере около 13 кг/м². Например, разность в 20 мм рт. ст. давлений внутри ЭКД и снаружи нагрузит герметичную оболочку конструкции сильнее, чем снеговая или ветровая нагрузка, – более 260 кг/м².

Очевиден факт, что поддержание оптимальных климатических параметров, как и реализация других систем ЭкоКосмоДома, – чрезвычайно сложные задачи. Это утверждение подкрепляют попытки создания замкнутых экосистем в прошлом. Ярким примером является «Биосфера-2» – весьма технологичное сооружение для своего времени, но которое не достигло желаемого результата из-за того, что не были приняты во внимание факторы, которые на первый взгляд могут показаться незначительными, но затем способны спровоцировать цепную реакцию разрушения всей экосистемы. Дальнейшие исследования систем поддержания климата должны быть направлены на определение технической реализуемости описанных мероприятий, а также на определение технико-экономических и экологических показателей.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Photovoltaic geographical information system [Electronic resource]. – Mode of access: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html. – Date of access: 16.04.2019.
3. Рекомендации по организации индивидуального расчёта за потреблённую тепловую и электрическую энергию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/effbuild/download/285.pdf>. – Дата доступа 04.05.2019.
4. Flora Growling [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://floragrowing.com/ru/encyclopedia/transpiraciya>. – Дата доступа 10.04.2019.
5. Dempster, W.F. Biosphere 2 engineering design / W.F. Dempster // Ecological Engineering. – 1999. – No. 13. – P. 31–42.
6. Научный словарь-справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spravochnick.ru/geografiya/atmosfera/atmosfernoe_davlenie/. – Дата доступа 10.04.2019.
7. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика / В.А. Кириллин, В.В. Сычёв, А.Е. Шейндлин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издат. дом МЭИ, 2008. – 495 с.



УДК 58.006; 58.01.07

Растения специального назначения и их использование в ЭкоКосмоДоме

ЗЫЛЬ Н.С., БАТАЛЕВИЧ Н.В., ШАХНО Е.А. (г. Минск)



Рассмотрены основные классы растений, пригодные для выращивания в условиях ЭкоКосмоДома (ЭКД) и используемые в качестве замены традиционных средств бытовой химии, косметических препаратов, антимикробных агентов и т. д. Представлены результаты экспериментальной части работы, в процессе которой были получены фитонцидсодержащие экстракты хвойных деревьев и образцы мыла из мыльных орехов.

Ключевые слова:

ЭкоКосмоДом (ЭКД), растения специального назначения, фитонцид, мыльные орехи, средства бытовой химии.

В настоящее время актуальным для ЭкоКосмоДома (ЭКД) как для замкнутой биосферы является подбор растений и способов их использования в различных областях, например, для замены традиционных средств бытовой химии, косметических препаратов, антимикробных агентов и т. д. В качестве альтернативного средства можно применять растения специального назначения – мыльные, красильные, насекомоядные, фитонцидосодержащие и др. Термин «растения специального назначения» подразумевает под собой наиболее подходящие виды растений с полезными свойствами [1].

Подробнее рассмотрим основные классы растений с учётом условий их произрастания в ЭКД. Исторически первым моющим средством была вода. Однако, когда вода не помогала, люди использовали селитру, золу, опилки, яичные желтки и т. д. Во многих странах для мытья тела и стирки одежды применялись мыльные растения, способные образовывать пену благодаря содержащимся в них особым веществам – сапонинам (от лат. *sapo* – мыло) [2].

В растениях сапонины обычно находятся в растворённом виде в клеточном соке почти всех органов. Количество сапонинов колеблется в широких пределах. В таблице 1 приведён список растений, имеющих в своём составе сапонины [3].



Таблица 1 – Растения, содержащие сапонины

Растение	Семейство	Сырьё
Аралия маньчжурская	Аралиевые	Корни
Астрагал пушистоцветковый	Бобовые	Трава
Астрагал шерстистоцветковый	Бобовые	Трава
Диоскорея кавказская	Диоскорейные	Корневища с корнями
Диоскорея японская	Диоскорейные	Корневища с корнями
Женьшень обыкновенный	Аралиевые	Корни
Заманиха высокая	Аралиевые	Корневища с корнями
Левзея сафлоровидная	Сложноцветные	Корневища с корнями
Солодка голая	Бобовые	Корни
Солодка уральская	Бобовые	Корни
Якорцы стелющиеся	Парнолистковые	Трава
Мыльнянка лекарственная	Гвоздичные	Корни
Горицвет	Лютиковые	Трава
Смолёвка обыкновенная	Гвоздичные	Трава

Одним из наиболее распространённых растений является мыльнянка лекарственная («мыльная трава», «красный мыльный корень», «собачье мыло»). При растирании корней (особенно предварительно высушенных и измельчённых) с горячей водой образуется пышная пена, не оседающая долгое время. Содержание сапонинов в мыльнянке – до 32%.

Кроме мыльнянки широко известны мыльные орехи – плоды мыльного дерева (до 40% сапонинов) [4]. Водные растворы мыльных орехов обладают рядом полезных свойств, таких как антибактериальные, противовоспалительные, смягчающие, питательные, увлажняющие, отбеливающие.

В условиях ЭКД целесообразно выращивать мыльные деревья, так как их плоды можно использовать для мытья в чистом виде (замена моющим средствам и средствам бытовой химии) или в виде порошка на основе мыльных орехов. Мыльные деревья хорошо растут на суглинистых почвах и не требуют специального ухода.

Ещё один полезный вид растений, пригодный для культивирования в ЭКД, – красильные растения, содержащие в своих органах (листья, корни, стебли, плоды, цветки, семена) и тканях красящие вещества (пигменты), применяемые для производства красок. Красильные растения были одними из первых, которые человек начал использовать для окраски тканей: обработанные таким способом, они не выгорали на солнце, не линяли, являлись безопасными для здоровья человека [5].



В настоящее время в связи с расширением производства синтетических анилиновых красителей растительные краски употребляются только в традиционной и шёлковой промышленности. К числу наиболее известных растений этого класса относятся куркума, хна, марена, ноготки, барбарис, гранат и др. В условиях ЭКД красильные растения можно применять для окраски не только тканей, бумаги, древесины, но и масла, сыра, риса, хлебобулочных изделий.

Интересными, на наш взгляд, с точки зрения использования в ЭКД являются насекомоядные растения, способные ловить и переваривать насекомых, а также мелких животных. Существует примерно 500 видов таких растений. В основном они произрастают в местах с повышенной влажностью; недостаток азота компенсируют за счёт пойманных и переваренных жертв. К самым распространённым видам относятся росянка, венерина мухоловка, жирянка, саррацения. Данные растения подходят для разведения в условиях ЭКД и помимо ловли насекомых могут выполнять декоративную функцию [6].



Одними из наиболее важных растений с широким прикладным значением являются растения, богатые фитонцидами – веществами растительного происхождения, которые обладают свойством тормозить рост микроорганизмов, а в некоторых случаях и убивать их. К фитонцидам относятся определённые эфирные масла. Фитонциды обуславливают естественный иммунитет растений, служат регуляторами роста и развития, участвуют в процессах дыхания и терморегуляции. Основными представителями класса растений, содержащих максимальное количество фитонцидов, являются сосна, пихта, ель, дуб, тополь, лук, чеснок, хрен, горчица и др. Данные растения, влияющие также на состав атмосферы, пригодны для выращивания в условиях ЭКД. Извлечение фитонцидов из сырья может происходить, например, путём экстракции [7].

Среди растений специального назначения значимое место занимают растения-филофилтры, способные поглощать из воздуха вредные вещества, пыль, электромагнитные излучения. В настоящее время существует целое направление – фитодизайн, который учитывает положительное влияние растений на человека. Самый знаменитый цветок – алоэ – способен очищать воздух от формальдегида. Плющ древовидный поглощает до 90 % бензола. Маранта беложильчатая поглощает аммиак и способствует увлажнению воздуха. Данные свойства весьма важны в условиях ЭКД [8].

Для ЭКД представляют интерес растения-подсластители. Растения данной группы – стевия, топинамбур, с и др. [9] – содержат природные сахара, которые более полезны и менее калорийны, чем сахар из сахарной свёклы.

Растения могут быть эффективно использованы в качестве замены многих продуктов химической промышленности. Производство ценной продукции из растительного сырья не требует сложного аппаратного оформления и не загрязняет ЭКД. В таблице 2 приведены расчёты по необходимым затратам и площадям ЭКД на каждый из видов растений.



Таблица 2 – Расчёт количества растений специального назначения для обеспечения ЭКД необходимой продукцией природного происхождения

Наименование продукта	Норма расхода растительной продукции в месяц на одного человека, кг	Количество продукции в месяц для обеспечения 100 человек, кг	Количество продукции, получаемой с одного растения в месяц, кг	Количество растений, шт.	Занимаемая площадь, м ²
1. Растения – моющие средства (мыльные орехи <i>Sapindus Mukorossi</i> , <i>Sapindus Trifoliatum</i>)	1	100	5	20	200
2. Красильные растения (куркума, хна, марена, ноготки, барбарис, гранат и др.)	0,05	5	0,1	50	100
3. Насекомоядные растения	Не расходуется	Не расходуется	Не расходуется	50	5
4. Фитонцидсодержащие растения	Не расходуется	Не расходуется	1	100	200
5. Растения-филофилтры	Не расходуется	Не расходуется	Не расходуется	100	10
6. Растения-подсластители	0,6	60	0,025	2400	500

На основании вышеизложенного представляет интерес изучение авторами статьи нескольких представителей растений специального назначения, оценка и визуализация их полезных свойств в рамках проекта ЭКД.

Объекты исследования: образцы растительного материала (хвоя сосны, ели), мыльные орехи *S. Mukorossi*, *S. Trifoliatum*.



Экспериментальная часть

1. Для экстракции эфирных масел предварительно измельченные в ножевом измельчителе до длины 3–6 мм образцы хвои сосны и ели смешивались с этиловым спиртом, водой в массовых соотношениях в пересчёте на сухое вещество 3 : 1; 2 : 1; 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3; 1 : 4; 1 : 5 и оставлялись в закрытой таре на 7–10 дней для получения концентрированного настоя.

2. Для изготовления моющих средств мыльные орехи замачивались в воде на сутки в соотношении 3 : 4 по массе. Полученная смесь обрабатывалась двумя различными способами в зависимости от желаемого конечного продукта.

2.1. Для получения моющего порошка созданная в п. 2 смесь измельчалась без дополнительного добавления воды. При этом образовавшаяся густая пена высушивалась в слое 1–3 см при температуре 40 °С в течение 24 ч и измельчалась до появления порошка с размером частиц 0–2 мм.

2.2. Для получения жидкого мыла к одной части смеси мыльных орехов с водой прибавлялась две части воды. Затем смесь измельчалась в ножевом измельчителе на минимальных оборотах длительное время. Образованная в результате тёмно-коричневая суспензия фильтровалась, фильтрат упаривался до получения вязкого раствора, содержащего 15–20 % сапонинов по массе.

Результаты

Хвойные эфирные масла являются сильнейшими по своим свойствам природными фитонцидами. В ходе работы

был выбран оптимальный путь выделения хвойных масел из природного сырья – хвои ели и сосны – путём дистилляции. На рисунке 1 изображены хвойные экстракты, полученные при различных соотношениях сырья к спирту. Установлено, что соотношение сырья к спирту должно составлять 3 : 1 для получения максимального выхода эфирного масла. Однако при соотношении 2 : 1 и 3 : 1 выход продукта практически идентичен. В водной среде степень извлечения значительно меньше, чем в спиртовой. Время настаивания – не менее 10 дней. Существенное влияние также имеет степень измельчения сырья [оптимально – максимально возможное].

Спиртовой настой

Наиболее концентрированный образец создан при соотношении хвои к этиловому спирту 3 : 1. Однако возникли сложности при извлечении экстракта отжимом. Предпочтительным с точки зрения технологичности получения настоя при экстрагировании этиловым спиртом является соотношение хвои к спирту 2 : 1. В данном случае образуется концентрированный экстракт, который без серьёзных потерь может быть отделён от растительного сырья. Проще всего оказалось извлечение экстракта при соотношении хвои к этиловому спирту 1 : 5, но при этом он имеет низкую концентрацию действующих веществ.

Полученные эфирные масла предлагается использовать в косметических целях путём нанесения на кожу (пипеткой) или в виде ледяных хвойных кубиков.

В результате измельчения мыльных орехов (в зависимости от степени и способа измельчения) изготовлены два типа продукта, пригодные для применения, – жидкое мыло и порошок, полученный при сушке пены.



Рисунок 1 – Спиртовые хвойные экстракты фитонцидов

Жидкое мыло может использоваться самостоятельно в качестве моющего средства или средства личной гигиены. Порошок, созданный при сушке эмульсии, может формироваться в бруски или применяться без дальнейшей обработки. Оба продукта хорошо пенятся, обладают характерным запахом мыльных орехов. Моющая способность данных образцов достаточно высока, что делает возможным введение в данные продукты натуральных ароматизаторов, красителей и биологически активных веществ для получения средств с нужными свойствами.



а)

б)



в)

Рисунок 2 – Продукты, полученные из мыльных орехов: а – моющее средство (жидкое мыло); б – порошок; в – эмульсия

Таким образом, в проведённом исследовании изложены результаты относительно изучения основных классов растений специального назначения, которые по своим свойствам могут быть полезны для условий ЭКД. Установлено, что оптимальным соотношением для получения хвойных экстрактов из растений-фитонцидов является сырьё: спирт 2 : 1.



Экстрагирование фитонцидов целесообразнее производить 96%-ным спиртом, так как это обеспечивает более высокую скорость и полноту экстракции. По сравнению с экстрактами с низким содержанием спирта образованный таким образом экстракт фитонцидов интенсивнее испаряется. В качестве источника для изготовления спирта по сумме показателей (% выхода спирта, занимаемая растениями площадь) лучше всего подходит картофель. Из 1 кг крахмала путём брожения с учётом потерь выходит 0,675 л 96%-ного спирта. Содержание крахмала в картофеле составляет для высококрахмалистых сортов (Елизавета, Скарб, Ред Скарлет и др.) 14–25 %. В данном случае из 1 кг сырья будет получаться 0,095–0,169 л 96%-ного спирта или 0,228–0,406 л 40%-ного для использования в других целях. Исходя из экспериментальных данных, для получения 1 л экстракта фитонцидов необходимо около 1,05 л 96%-ного спирта и 0,25 кг хвои. Соответственно, для получения 1 л экстракта фитонцидов понадобится переработать 5,9–10,5 кг картофеля.

Из мыльных орехов созданы эмульсия и порошок, пригодные для применения в качестве замены традиционным моющим средствам.



Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Фаттахова, Г.А. Сапонины как биологически активные вещества растительного происхождения / Г.А. Фаттахова, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического ун-та. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 196–201.
3. Тихонов, В. М. Лекарственные растения, сырьё и фитопрепараты, под ред. С.Е. Дмитрука: в 2 ч. / В.М. Тихонов, Г.И. Калинкина. – Ч. 1. – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2004. – 296 с.
4. Мыльные дерево [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/biology/text/2240809>. – Дата доступа: 29.04.2019.
5. Красильные растения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/agriculture/text/2106345>. – Дата доступа: 29.04.2019.
6. Albert, V.A. Carnivorous plants: phylogeny and structural evolution / V.A. Albert, S.E. Williams, M.W. Chase // Science. – 1992. – Vol. 257, No. 5076. – P. 1491–1495.
7. Ткаченко, К.Г. Медицинский фитодизайн. Использование растений для санации помещений и профилактики инфекционных заболеваний / К.Г. Ткаченко, Н.В. Казаринова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2008. – Т. 6, № 3. – С. 43–47.
8. Турбина, И.Н. Использование интерьерных растений для санации воздуха в помещениях различного типа / И.Н. Турбина, М.В. Горбань, Т.Д. Ямпольская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 5. – С. 229–231.
9. Трухачёв, В.Н. Целебная сила растений в фиточаях серии «Стевиана» / В.Н. Трухачёв // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 1, № 9. – С. 9–33.

© Зыль Н.С., 2019
© Баталевич Н.В., 2019
© Шахно Е.А., 2019



УДК 574.685; 574.682

Использование хлореллы для производства кислорода и очистки сточных вод в замкнутых экосистемах

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), СИНЧУК О.В. (г. Брест)



Рассмотрена концепция производства кислорода в ЭкоКосмоДоме (ЭКД) на основе использования микроводоросли хлореллы, указаны соответствующие подходы к её культивированию с этой целью. Приведено описание привнесения сточных вод в культиваторы хлореллы в качестве элемента питательной среды. Последнее может служить механизмом очистки воды в замкнутой экосистеме.

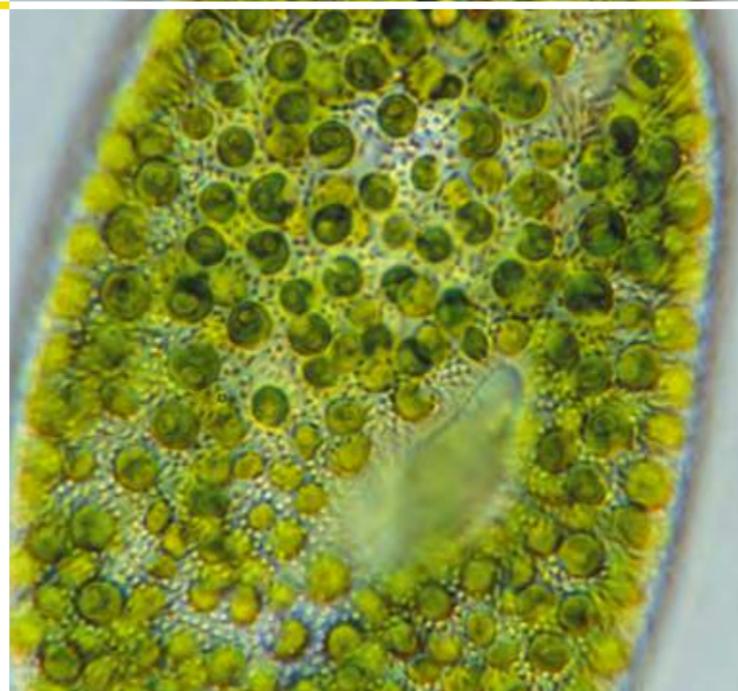
Ключевые слова:

культура Chlorella, суспензия, очистка воды, переработка органических отходов, газообмен, продуцирование кислорода, хлорелла, ЭкоКосмоДом (ЭКД).

Космическая индустрия давно обратила внимание на хлореллу как на растительный организм со множеством универсальных свойств: занимает мало места, является генератором кислорода и вполне съедобной биомассой, содержащей почти все необходимые человеческому организму вещества. Множество экспериментов убедительно показали, что при реализации космических мегапроектов хлореллу удобно использовать как источник кислорода и воды. Недавно у неё обнаружена ещё одна очень ценная для космонавтики способность – очищать атмосферу от вредных примесей [1].

Одним из таких мегапроектов на околоземной орбите, готовым к реализации уже в ближайшие десятилетия, является разработанная инженером А.Э. Юницким программа SpaceWay. Её составной частью выступают биосферные ЭкоКосмоДома (ЭКД), для которых хлорелла может стать своеобразной «кислородной подушкой» [2]. В этой связи целями данной работы авторы видят исследование возможностей использования хлореллы в генерации кислорода и очистке сточных вод, а также разработку связанных с названными процессами концептуальных решений.

Хлорелла – одноклеточная зелёная водоросль, способная проявлять себя как автотрофный, так и гетеротрофный организм [3]. Особый интерес представляет биохимический состав хлореллы (рисунок 1), который включает в себя не только определённый набор витаминов и минералов, но и отличается высоким содержанием белка, что определяет питательность соответствующего продукта (богатейший состав биологически активных веществ) [4]. В связи с этим хлорелла имеет



важное хозяйственное значение. В частности, данную водоросль можно применять в качестве добавки к пище [5, 6] и кормам в животноводстве [3], а суспензию хлореллы – для удобрения почв [7].

Кроме того, принципиально интересен потенциал хлореллы для продуцирования кислорода и очистки сточных вод в замкнутых экосистемах. К настоящему времени уже имеется некоторый опыт подобного использования хлореллы в рамках проекта БИОС-3 [8, 9].

Общая схема регулирования отходов в ЭКД представляет собой бинарную систему (рисунок 2) по переработке твёрдой и жидкой фракций.

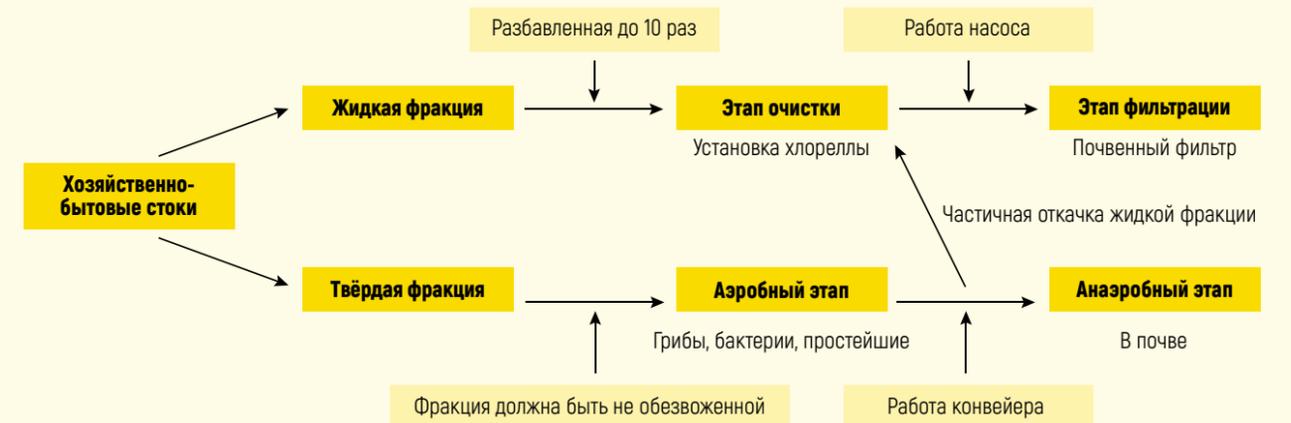


Рисунок 2 – Концептуальная схема по работе с отходами

При этом значительная часть сформированных отходов находится в жидком состоянии (рисунок 3). В обычных условиях средний расход воды в сутки на одного человека составляет около 182 л (расчёты получены экспериментальным путём в городских условиях), большая часть которой трансформируется в отходы. Такой объём отходов осуще- ствимо переработать, используя передовые биотехнологии.

Жидкую фракцию отходов возможно перерабатывать при помощи установок для выращивания хлореллы. Для этих целей полученная жидкая фракция поступает в ёмкость для культивирования хлореллы. Объёма сточных вод, поступающих в установку, должно быть достаточно

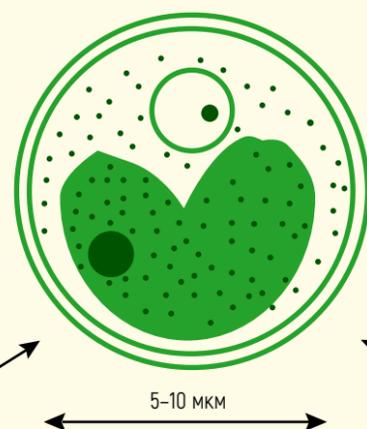
для фотосинтеза (по нашим расчётам одна часть объёма сточных вод должна соотноситься с 10 частями объёма суспензии хлореллы). На этапе формирования сточных вод в ЭКД предлагается использовать только экологичные и природные средства гигиены и бытовой химии для снижения химической нагрузки.

При культивировании хлореллы на питательной среде из сточных вод в качестве минерального питания следует применять вещества, поступающие в коллектор в результате хозяйственной и бытовой деятельности людей, проживающих в ЭКД. Кроме того, рассмотрена возможность введения стоков из хозяйственного блока (животноводство

Макро- и микроэлементы:
Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Ca, Mg, K, P, Co, Cl, B, N и др.

Витамины:
A, C, D, E, K, PP, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂,
лейковорин, фолиевая кислота,
пантотеновая кислота, биотин

Белки (40–55 %),
углеводы (35 %),
липиды (5–10 %),
минеральные вещества (≤ 10 %)



Незаменимые аминокислоты:
Q, E, N, L, V, G, T, F, A, S, I, P, K, Y, R, C, W, M

Другие полезные вещества:
хлорофилл а,
хлорофилл б,
фитостероиды,
антиоксиданты,
каротин,
биостимуляторы и др.

Рисунок 1 – Биохимический состав хлореллы

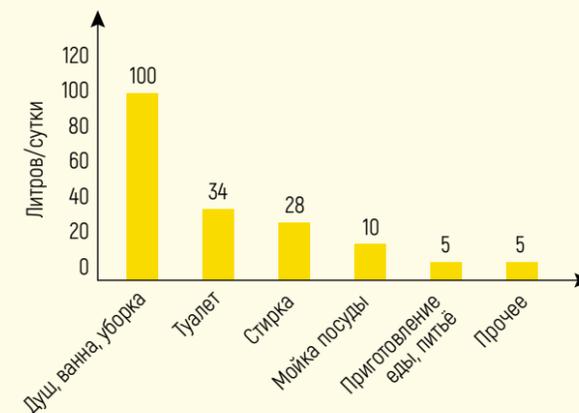
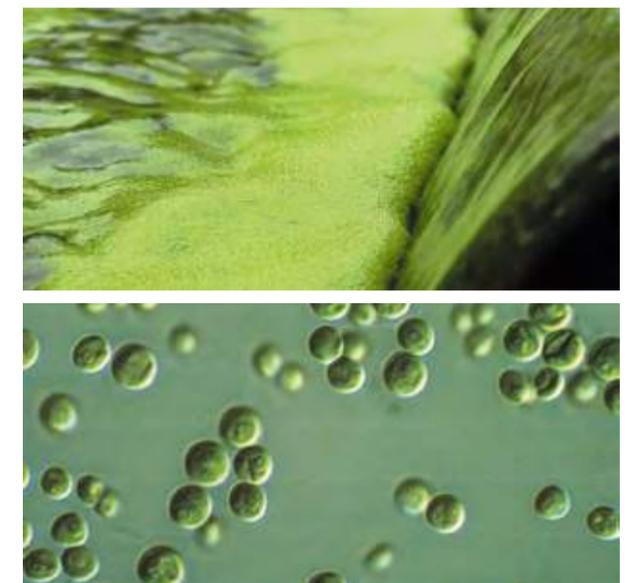
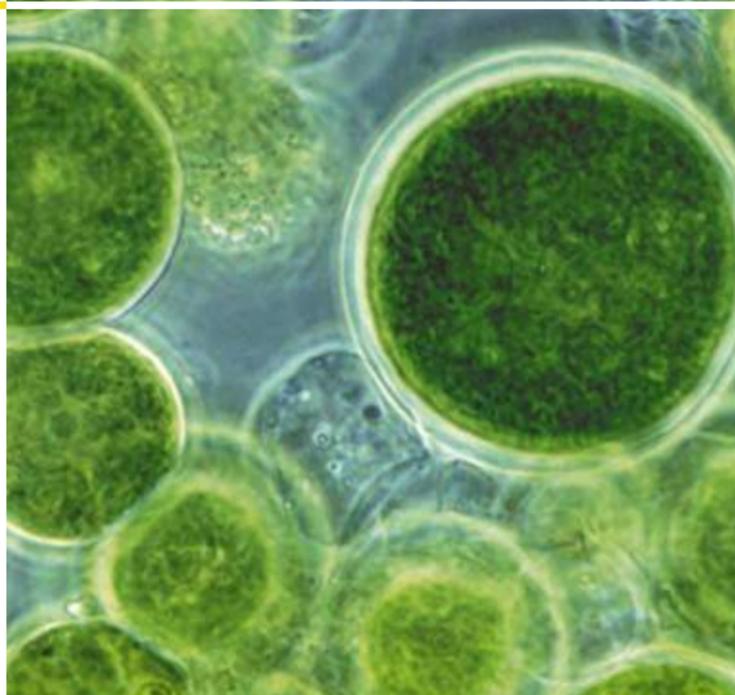


Рисунок 3 – Средний объём формирования жидких отходов на одного человека в сутки



и растениеводство). Качество полученной жидкой фракции необходимо постоянно проверять для понимания, какой объём жидких отходов не будет токсичен для культуры хлореллы. В качестве эталона для проверки питательной среды из сточных вод следует отбирать различные среды, предложенные специалистами-учёными [3]. Между тем установка хлореллы должна работать с определённым фотопериодом для того, чтобы максимально быстро и качественно проводить очистку сточных вод (возможность использования автотрофного и гетеротрофного типов питания хлореллы).

Следующим этапом является фильтрация суспензии через песчаный фильтр и перемещение образовавшейся водной среды в болотистую часть пресного озера (природное поле фильтрации), где должны быть использованы растения, способные производить биологическую очистку воды (камыш, рогоз, ряска, циперус, тростник и др.). Кроме того, следует максимально включать в процесс зоологические объекты. В частности, на одном из этапов могут быть задействованы двусторчатые моллюски, которые служат в качестве индикатора состояния водной среды: при неблагоприятном химическом составе переработанной воды створки моллюсков захлопываются, а также у них отмечается изменение биологического ритма. Помимо биологических индикаторов требуется проводить экспресс-тест состава воды непосредственно на выходе из культиватора хлореллы. В случае если качество воды на выходе из установки не соответствует заявленным параметрам, следует увеличивать срок переработки сточных вод.



Для максимально быстрой переработки отходов большую часть из твёрдой фракции предполагается переводить в жидкую фракцию при помощи фотобиореактора закрытого типа (рисунок 4). Он представляет собой замкнутые трубки или другие ёмкости из прозрачного материала, способного к пропусканию света, который необходим для протекания фотосинтеза. После процесса перемешивания со сточными водами полученную в итоге смесь уже можно подавать в установки хлореллы.

В качестве установок для культивирования хлореллы предлагается применять установки (фотобиореакторы) закрытого и открытого типов, широко практикующиеся в хозяйственной деятельности человека (одни и те же фотобиореакторы будут использоваться на всех этапах переработки отходов).

Культиватор открытого типа, как правило, представляет собой аквариум, имеющий значительную открытую поверхность, что является большим преимуществом в плане выделения кислорода с поверхности установки. В то же время при открытом культивировании необходимо большее добавление (с периодичностью 3–5 суток) маточного раствора хлореллы в систему, так как постепенно в установке будет отмечаться всё большее число различных видов беспозвоночных животных, которые могут попадать

в систему вместе с отходами. В системах же закрытого типа (стеклянные и пластиковые трубы различного диаметра, прозрачные кубы и т. п.) такая проблема практически исключается. С целью оптимизации работы предлагается использовать комбинированную систему, что позволит повысить качество очистки и увеличить объём производимого кислорода в ЭКД (80 % объёма установки спроектировать в виде закрытого фотобиореактора и около 20 % – в виде открытого).

Фотобиореактор открытого типа для культивирования хлореллы представляет собой снабжённую компрессором ёмкость с суспензией хлореллы. Компрессор постоянно подаёт воздух в ёмкость и одновременно осуществляет немеханическое перемешивание суспензии (общая схема представлена на рисунке 5).



Рисунок 4 – Элемент биологического реактора для переработки твёрдой фракции отходов

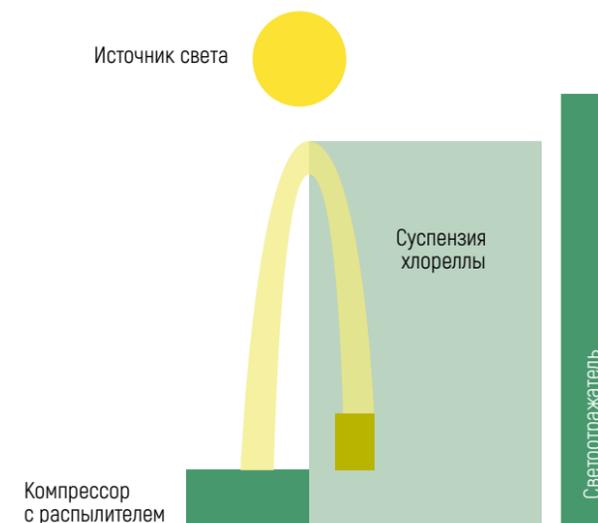
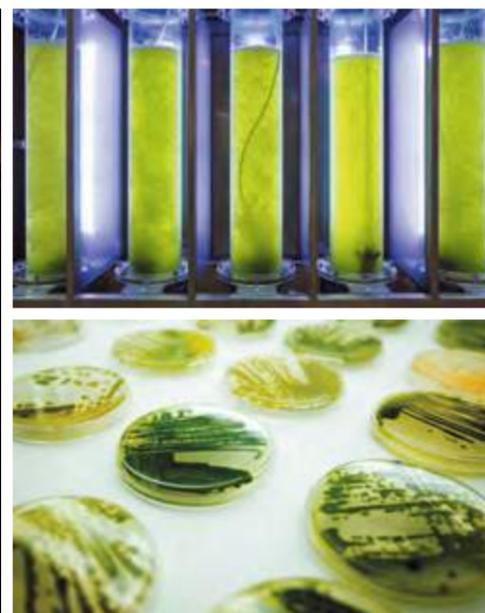
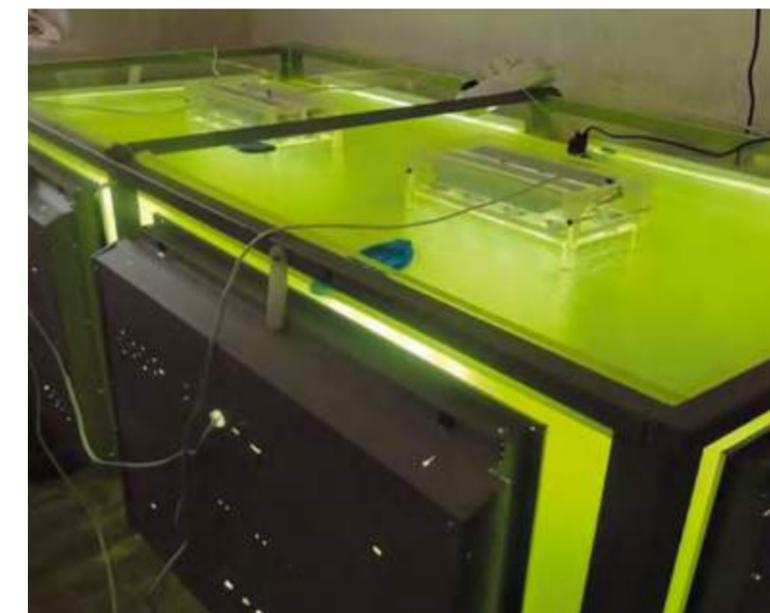


Рисунок 5 – Схема и внешний вид фотобиореактора открытого типа для культивирования хлореллы



В то же время использование фотобиореакторов закрытого типа (рисунок 6) требует разработки системы циркуляции суспензии хлореллы с целью газообмена. В случае применения фотобиореактора трубчатого типа необходимо предусмотреть десорбер кислорода и систему подачи углекислого газа или воздуха с высоким содержанием последнего. Вместо десорбера разрабатывается установка с использованием комбинированной системы, включающей в себя фотобиореакторы открытого и закрытого типов.

Вместе с тем немаловажным является продуцирование кислорода. По результатам проведенных экспериментов с фотобиореактором «Сирень» выяснено, что для жизни одного человека в замкнутой экосистеме достаточно 25 л суспензии, которая за сутки выделяет 429 г кислорода (при нормальных условиях плотность кислорода составляет 1,43 г/л [10]), т. е. около 300 л O₂ [11]. Небольшой объем установки, способной поддерживать жизнеспособность человека, позволяет направлять избыток кислорода на целый ряд других биологических и физических процессов. Кроме того, предлагается использовать десорбер кислорода с целью создания резервного хранилища данного газа, а также для контроля концентрации газа в воздухе.

Учитывая вышесказанное, рассчитан соответствующий объем установки, необходимый для проживания в условиях ЭКД порядка тысячи человек. Такой объем фотобиореактора должен составлять не менее 25 000 л. В сутки он будет выделять 429 кг кислорода при необходимых 906 кг/сутки на тысячу человек (на одного человека при умеренных нагрузках в среднем приходится 0,906 кг/день кислорода [12]). Однако, учитывая различные процессы, связанные с потреблением кислорода (компостирование, почвообразование), а также дыхание земноводных и водных животных, рыб, птиц и т. д., необходимо использовать установки для выращивания хлореллы объемом около 50 000 л (при условии, что кислород в ЭКД будут дополнительно вырабатывать и фотосинтезирующие луговые и лесные растения).

Фотобиореакторы предлагается смонтировать у одной из стен ЭКД, ближе к сельскохозяйственному блоку (растениеводству и животноводству). Оптимальное продуцирование кислорода хлореллой возможно при максимальной продолжительности светового дня для неё – 20 ч (ночь – 4 ч).

Полученная суспензия хлореллы может быть применена в качестве удобрения почв и кормовой добавки в животноводстве. Отдельно предполагается культивирование хлореллы на специальной питательной среде с целью получения добавки к продуктам питания человека. Таким образом, использование хлореллы позволяет решить целый



Рисунок 6 – Фотобиореактор для культивирования хлореллы закрытого типа

ряд проблем, связанных с жизнеспособностью закрытой экосистемы ЭкоКосмоДома, в частности, задачи газообмена и очистки сточных вод.

Литература

1. Береговой, Г. Космос – землянам / Г. Береговой; лит. запись Л. Нечаюка. – М.: Молодая гвардия, 1981. – 192 с.
2. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
3. Сальникова, М.Я. Хлорелла – новый вид корма / М.Я. Сальникова // Новое в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1977. – 96 с.
4. Kessler, E. Comparative physiology, biochemistry, and the taxonomy of *Chlorella* (Chlorophyceae) / E. Kessler // Plant Systematics and Evolution. – 1976. – Vol. 125, No. 3. – P. 129–138.
5. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture / C. Graça [et al.] // LWT. – 2018. – Vol. 89. – P. 466–474.
6. Kay, R.A. Microalgae as food and supplement / R.A. Kay, L.L. Barton // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 1991. – Vol. 30, No. 6. – P. 555–573.
7. Гасанов, З.М. Применение биоорганических удобрений нового поколения на основе хлореллы при выращивании декоративных растений в Азербайджане / З.М. Гасанов, Ф.С. Омаров // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – № 49. – С. 314–320.
8. Salisbury, F.B. Bios-3: Siberian Experiments in Bioregenerative Life Support / F.B. Salisbury, J.I. Gitelson, G.M. Lisovsky // BioScience. – 1997. – Vol. 47, No. 9. – P. 575–585.
9. Complex biological systems: adaptation and tolerance to extreme environments / Ed. I.R. Fomina, K.Y. Biel, V.G. Soukhovolsky. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. – 606 p.
10. Карякин, Ю.В. Чистые химические вещества / Ю.В. Карякин, И.И. Ангелов. – М.: Химия, 1974. – 408 с.
11. Цоглин, Л.Н. Биотехнология микроводорослей / Л.Н. Цоглин, Н.А. Пронина. – М.: Научный мир, 2012. – 184 с.
12. Шарп, М.Р. Человек в космосе / М.Р. Шарп. – М.: Мир, 1970. – 200 с.



УДК 621.31

Способы преобразования энергии солнечного излучения в электроэнергию для нужд космического промышленного ожерелья «Орбита»

ЮНИЦКИЙ А.Э., ЯНЧУК В.В. (г. Минск)



Рассмотрены приоритетные типы электростанций для энергообеспечения объектов на околоземной орбите. Описаны принципы, лежащие в основе преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Приведены характеристики работы опытных образцов станций, реализованных в лабораторных условиях.

Ключевые слова:

солнечное излучение, космическая электростанция, преобразование энергии, космическое промышленное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита»).

Основными видами энергии, которые потребуются для жизнеобеспечения космического индустриального ожерелья (КИО «Орбита») [1], будут электрическая, механическая, тепловая и световая. Солнечное излучение – это единственный первичный источник, энергию которого возможно преобразовать непосредственно на орбите во все полезные виды энергии.

Прямое или сконцентрированное солнечное излучение может быть превращено в тепловую энергию нагретых тел, а затем посредством прямой или машинной трансформации – в электрическую энергию. Температуры нагреваемых тел зависят от плотности падающего излучения и организации процессов теплопередачи, в том числе обратного теплового излучения с поверхности (рисунок 1).

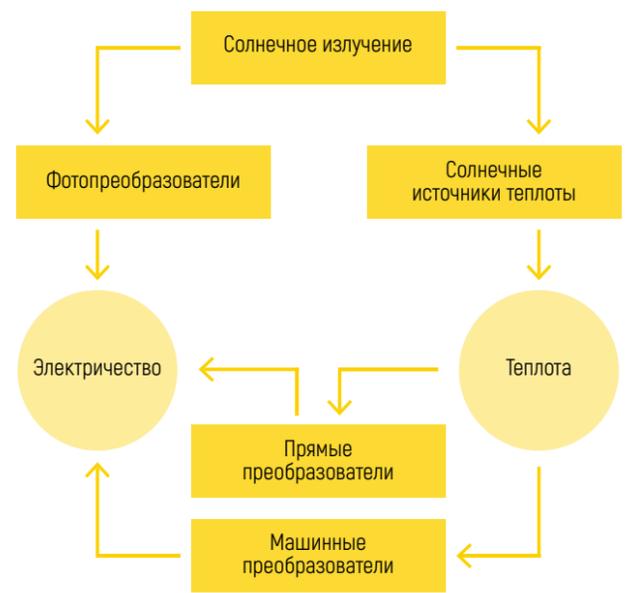


Рисунок 1 – Схема путей преобразования солнечной энергии в электрическую

Солнечная энергия может быть непосредственно превращена в электрическую с помощью фотопреобразователей. Максимальная плотность потока солнечного излучения вне земной атмосферы равна 1367 Вт/м², а на Земле – примерно 1000 Вт/м² (на поверхности, перпендикулярной излучению), что обычно значительно ниже из-за неблагоприятных погодных условий (облачность, туман, смог) или экономической нецелесообразности сооружения систем слежения за Солнцем. Соответственно, эффективность любого варианта получения электроэнергии в космическом пространстве будет значительно выше.



В настоящее время самый широко используемый в космической технике способ получения электроэнергии – прямое преобразование солнечной энергии в электрическую, основанное на фотоэлектрическом эффекте. Солнечная батарея (СБ) – несколько объединённых полупроводниковых устройств, переводящих солнечную энергию в постоянный электрический ток [2]. Фотоэлектрический элемент состоит из двух полупроводниковых пластин, изготовленных из кремния. Для придания им проводящих свойств на одну из них наносят бор (*п*-область), а на другую – фосфор (*н*-область) (рисунок 2).

Повышение эффективности работы СБ возможно двумя основными путями: использование новых материалов и применение солнечных концентраторов (например, линзы Френеля). Концентраторы увеличивают плотность потока излучения, следовательно, позволяют уменьшить площадь солнечных батарей при эквивалентной выдаваемой мощности, тем самым способствуют сокращению затрат на солнечную станцию за счёт применения меньшего количества солнечных элементов.

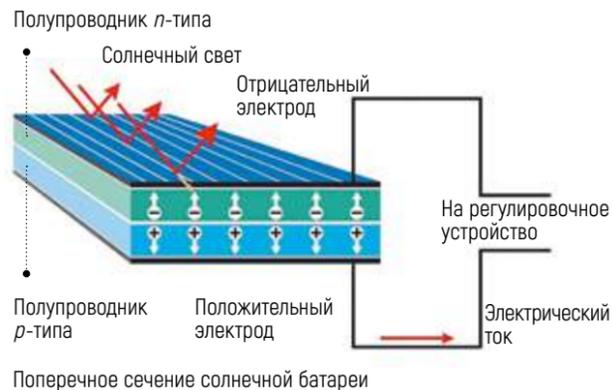


Рисунок 2 – Принципиальная схема солнечной батареи

Объекты на околоземной орбите обращаются вокруг Земли примерно за 1,5 ч и периодически находятся в тени. Соответственно, требуется применение аккумуляторных батарей. На Международной космической станции (МКС) на каждую из панелей (площадью 105 м²) приходится шесть никель-водородных батарей. Срок службы таких батарей составляет примерно семь лет [3].

В настоящее время перспективными (по удельной мощности) являются солнечные батареи, изготовленные из галлий-арсенидных гетероструктур (GaAs), но они имеют более высокую удельную массу и большую удельную стоимость, чем панели на базе кремния [Si]. Вместе с тем отсутствует достаточный объём их испытаний на «низких» орбитах (менее 500 км) при наличии заметной пылевой «атмосферы» вокруг станции и в условиях постоянного термоциклирования (16 циклов в сутки). Температура солнечной батареи в тени Земли снижается до –45...–60 °С. Причём при входе в тень Земли температура батареи падает за 2–3 мин на 70–90 °С. После выхода из тени при фронтальном освещении температура достаточно быстро

(за 1,5–2 мин) поднимается до 65–75 °С; при освещении с тыльной стороны температура СБ возрастает медленнее – за 10–15 мин до 40–45 °С [3]. В связи с этим на МКС и транспортных кораблях до настоящего времени используются фотоэлектрические панели на кремниевой основе.

Значительно более сложными по своей структуре являются электростанции с термодинамическими методами преобразования энергии. В состав солнечной тепловой электростанции входят три основные системы: источник теплоты, трансформация тепловой энергии в электрическую и отвод теплоты.

Организация отвода теплоты является важным вопросом в условиях космического пространства, потому что традиционные для земных условий способы не могут быть использованы. Единственный реализуемый механизм отвода теплоты – излучение. Установки, предназначенные для отвода теплоты в условиях космоса, получили название холодильников-излучателей.

Определяющее уравнение для радиационного теплопереноса от тела имеет вид:

$$Q_r = \epsilon A \sigma T^4,$$

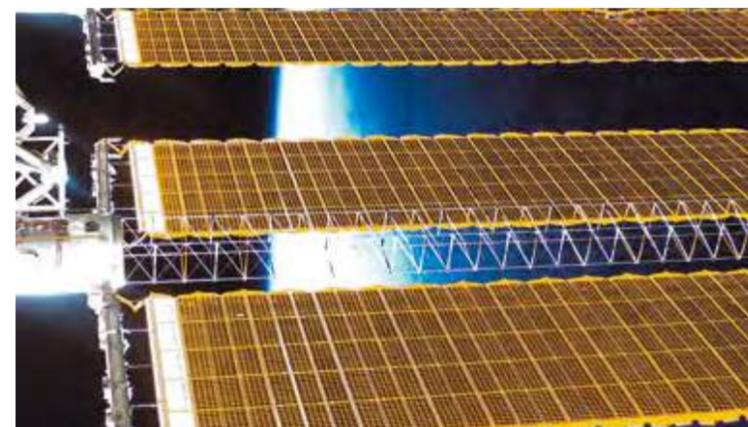
где ϵ – излучательная способность (степень черноты) поверхности тела;

A – площадь поверхности тела, участвующая в теплопереносе;

σ – постоянная Стефана – Больцмана;

T – абсолютная температура тела.

Из приведённого уравнения видно, что мощность теплового излучения холодильника прямо пропорционально зависит от площади излучателя, а с повышением температуры излучения количество отводимой теплоты растёт в четвёртой степени. Поэтому для сокращения размеров и массы холодильника-излучателя следует



поднимать температуру отвода теплоты. С другой стороны, при увеличении температуры отвода теплоты уменьшается коэффициент эффективности цикла станции, который определяется выражением:

$$\eta = C(T_{\max} - T_{\min}) / T_{\max}$$

Температура T_{\max} должна быть максимальной, однако она ограничена свойствами конструкционных материалов. Температура T_{\min} является минимальной температурой цикла и должна быть как можно ниже.

Таким образом, при проектировании космических энергоустановок необходимо решить задачу выбора минимальной температуры цикла. В данном отношении следует принимать во внимание массу холодильника-излучателя, которая составляет до 50–60 % массы системы. Размеры излучателя могут быть уменьшены за счёт увеличения максимальной температуры цикла, что приведёт к падению КПД преобразователя. Увеличение же максимальной температуры цикла возможно при применении редких и дорогостоящих материалов.

Вторая группа способов получения электрической энергии из солнечного излучения – косвенная трансформация с промежуточным получением тепловой энергии. По типу преобразователя тепловой энергии в электрическую все солнечные энергоустановки могут быть разделены на две группы: установки с прямым «безмашинным» превращением тепловой энергии в электрическую и установки с промежуточным преобразованием тепловой энергии в механическую (с машинными преобразователями). К термоэлектрическим явлениям относится группа физических явлений, обусловленных существованием взаимосвязи между тепловыми и электрическими процессами в проводниках электричества.

В замкнутой цепи, состоящей из разнородных материалов, возникает термоэлектродвижущая сила (ТЭДС), если места контактов (спаев) поддерживать при различных температурах (эффект Зеебека). ТЭДС зависит только от температур горячего и холодного спаев и природы материалов, составляющих термоэлемент. При наличии разности температур на концах проводника возникает поток электронов от горячего конца к холодному. На холодном конце накапливается отрицательный заряд. Возникшая разность потенциалов создаёт встречный поток электронов, равный первичному потоку, вызванному различием тепловых скоростей. Разность таких падений потенциалов в двух проводниках, образующих термоэлемент, и обуславливает возникновение ТЭДС.

Первый солнечный термоэлектродвижущий генератор для космических целей создан в США. В конструкции использовались

термоэлектрические элементы (ТЭЭЛ) объёмом 2,5 мм³, размещённые между двумя пластинами металлической фольги. На 1 м² их приходилось около 3000 шт. (рисунок 3). В космическом пространстве обращённая к Солнцу пластина нагревается до 300 °С, а холодная сторона имеет температуру порядка 70 °С. Каждый элемент в этой конструкции выдаёт 10 мВт с КПД ~ 2 %. 1 м² термоэлектрической панели модели весит 10 кг и выдаёт приблизительно 30–40 Вт/м² электроэнергии. Солнечный генератор для космического корабля площадью 30 см² с 12 рядами ТЭЭЛ (по 12 ТЭЭЛ в каждом ряду) характеризовался выдачей 2 Вт электроэнергии в космическом пространстве [4].



Рисунок 3 – Устройство термоэлектрического преобразователя

Для увеличения градиента температур между горячими и холодными спаями возможно применение концентраторов солнечной энергии, которые позволяют увеличить температуру горячего спая до 1000 °С. Соответственно повышается КПД, который растёт пропорционально разности температур горячего и холодного спаев и абсолютной температуре горячего спая.

Масштабные испытания генераторных модулей проводились в земных условиях. По результатам построены зависимости мощности, напряжения и тока от разности температур между холодными и горячими спаями (рисунок 4) [5].

Термоэлектрический модуль с концентратором (рисунок 5) представляет собой термобатарею, установленную в фокусе сферического или цилиндрического зеркала.

В космических солнечных станциях могут использоваться три основных типа машинных преобразователей теплоты – газопоршневые, газотурбинные и паротурбинные, реализующие циклы Стирлинга, Брайтона и Ренкина.

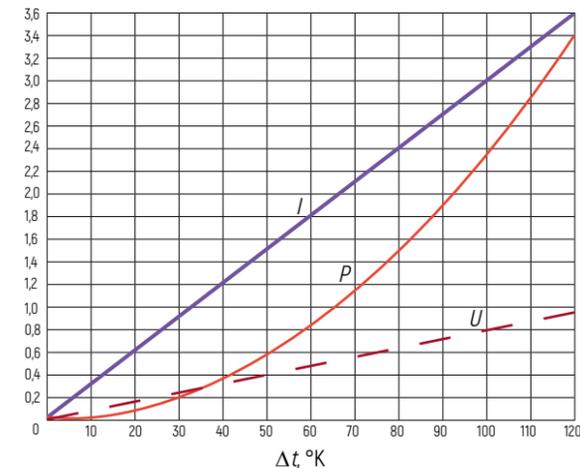


Рисунок 4 – График зависимости тока I (А), напряжения U (В) и мощности P (Вт) от разности температур между горячей и холодной сторонами генераторного модуля

В солнечных тепловых энергоустановках (СТЭУ) с машинными преобразователями тепловая энергия подводится к рабочему телу преобразователя, находящемуся в жидком или газообразном состоянии, и превращается в механическую энергию в паро- или газотурбинном преобразователе либо поршневой машине, после чего механическая энергия трансформируется в электрическую с помощью электрогенератора.

Двигатели Стирлинга являются машинами с возвратно-поступательным движением (возможны и многие другие схемы двигателей Стирлинга с вращательным движением).

Американской фирмой «Дженерал Моторс» также была создана космическая энергоустановка мощностью 3 кВт. В качестве рабочего тела для двигателя Стирлинга применялся гелий при среднем давлении 10,3 МПа, а нагрев осуществлялся посредством солнечного излучения, концентрировавшегося с помощью большой линзы Френеля. Отличительная особенность данного двигателя заключается в следующем: это первый из двигателей Стирлинга, использующий промежуточный жидкометаллический теплоноситель (NaK) при температуре 677 °С для нагрева рабочего тела. Расчётный эффективный КПД двигателя равен 30,5 %. В процессе первых испытаний была достигнута мощность 2565 Вт при КПД 23 % [6].

В циклах газовых турбин космического назначения в качестве рабочих тел применяют инертные газы и их смеси. Положительной их стороной является отсутствие фазовых превращений и практически полное отсутствие эрозионного и коррозионного влияния рабочего тела на конструкцию преобразователя.

Цикл Брайтона имеет сравнительно низкий КПД, большие затраты мощности турбины на привод компрессора и значительные потери давления рабочего тела в элементах теплообменного оборудования преобразователя. В результате характерные значения коэффициента использования у газотурбинных преобразователей не превышают 0,25, и для получения высоких КПД преобразователя необходимо увеличивать перепад температур в цикле, главным образом за счёт возрастания температуры газа перед турбиной, т. е. в приёмнике излучения.

Изотермичность процессов подвода и отвода теплоты в паротурбинных преобразователях существенно поднимает термический КПД. Кроме того, в отличие от газовых турбин, имеются более низкие затраты на привод насоса, что в комплексе позволяет получить достаточно высокие значения коэффициента использования (~ 0,5), а следовательно, и эффективного КПД (20–25 %), возрастающего при увеличении мощности установки. Этими факторами и обусловлены основные, с точки зрения требований к тепловым преобразователям солнечной энергии, преимущества паротурбинных преобразователей перед преобразователями, работающими согласно циклам Брайтона и Стирлинга (рисунок 6).

Эффективность паротурбинных преобразователей в значительной степени зависит от свойств рабочего тела, в качестве которого могут применяться вода, жидкие металлы и органические соединения. Разработчики проектов тепловых солнечных космических станций пришли к выводу, что наиболее подходящими рабочими телами для паротурбинных преобразователей являются жидкие металлы. К числу самых оптимальных относятся калий и цезий, однако предпочтительным считается калий, ввиду его большей доступности в количествах, необходимых для станции.

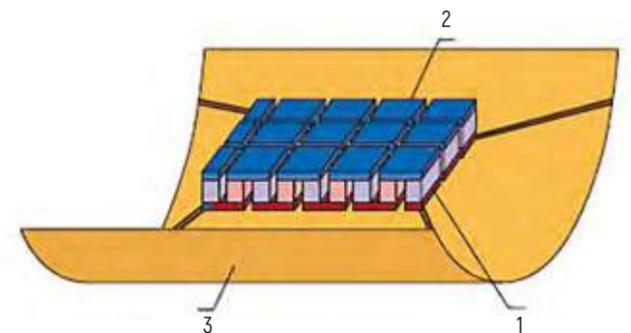


Рисунок 5 – Термоэлектрический модуль на цилиндрическом концентраторе: 1 – горячие спаи; 2 – холодные спаи; 3 – концентратор

Эффективный КПД поршневых машин обычно выше. Особенно это характерно для малых мощностей, что связано с большими утечками в лопатках турбин малой мощности. При малых мощностях (до 1 МВт) двигатели Стирлинга предпочтительнее двигателей, работающих по циклу Ренкина, из-за простой конструкции, большего КПД и удельной мощности. Более того, для двигателей Стирлинга выбор давления и температуры можно производить независимо, что невозможно для систем с парообразным рабочим телом. В космических энергоустановках КПД является определяющим фактором. При высоком КПД имеются меньшие площади и масса холодильника-излучателя, так как от станции требуется отвести меньшее количество теплоты.

Возможно модульное исполнение станции, когда необходимая мощность составляется из определённого числа стандартных единиц (рисунок 7) [7].

В таблице приведены проектные параметры космических станций с машинными преобразователями тепловой энергии в электрическую [8].

Альтернативным вариантом рабочего органа тепловой электростанции может быть магнитогиродинамический генератор (МГД-генератор) – установка, в которой энергия рабочего тела, движущегося в магнитном поле, трансформируется непосредственно в электрическую энергию. Принцип действия основан на явлении электромагнитной индукции, т. е. в проводнике, пересекающем силовые линии магнитного поля, возникает ток. Проводником в МГД-генераторе является само рабочее тело, в котором при движении поперёк магнитного поля возникают потоки носителей зарядов. В качестве рабочих тел применяют электролиты, жидкие металлы и ионизованные газы. Солнечная тепловая энергия используется для разгона и ионизации рабочего тела.

Для создания электропроводности газа его необходимо нагреть до температуры термической ионизации (около 10 000 °К). Для работы при меньших температурах

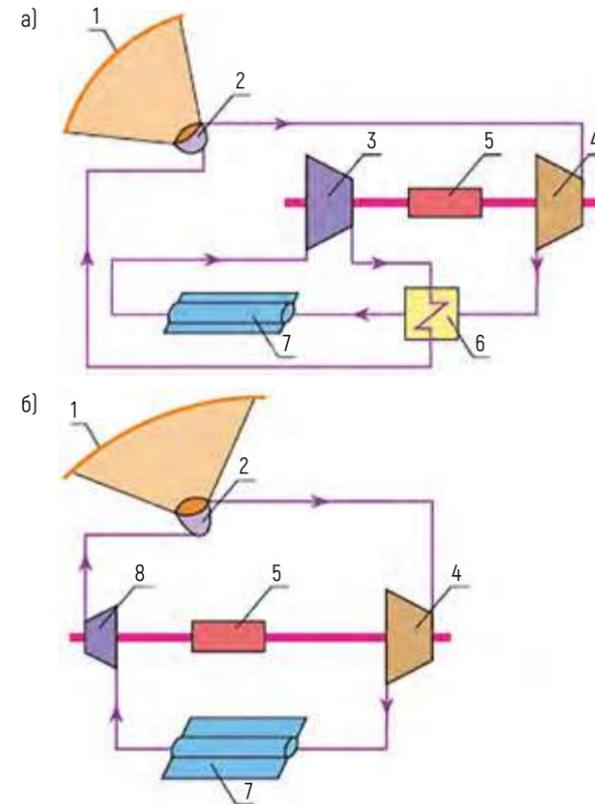


Рисунок 6 – Принципиальные схемы солнечной газотурбинной и паротурбинной энергоустановок: 1 – концентратор; 2 – солнечный котёл; 3 – компрессор; 4 – турбина; 5 – электрогенератор; 6 – регенератор; 7 – холодильник-излучатель; 8 – насос

газ обогащают парами щелочных металлов, что позволяет снизить температуру смеси до 2200–2700 °К. Скорость движения плазмы в канале генератора после разгона при прохождении сопла составляет порядка 2000 м/с.

Таблица – Проектные параметры космических СТЭУ с машинными преобразователями тепловой энергии

Тип преобразователя	Рабочее тело	Выходная мощность, кВт	КПД, %	Масса, кг	Диаметр концентратора, м
Газопоршневой с двигателем Стирлинга	Гелий	5	20	258	5,7
Газотурбинный	Гелий-ксенон	2–10	15–22,7	–	9,2
Паротурбинный	Ртуть	3	12	236	9,6
Паротурбинный	Рубидий	15	24	454	13,5

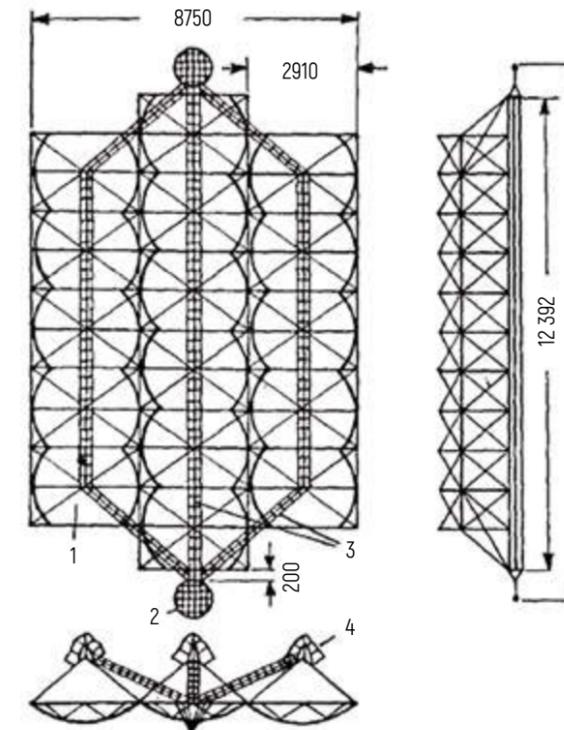


Рисунок 7 – Схема 16-модульной солнечной космической электростанции с газотурбинным преобразователем (размеры указаны в метрах): 1 – концентратор; 2 – антенна; 3 – силовые электрощиты; 4 – холодильник излучатель

По сравнению с паро- и газотурбинными циклами преимуществом системы с МГД-генератором является отсутствие вращающихся частей, что повышает надёжность работы станции. Кроме того, МГД-генераторы можно использовать на электростанциях с комбинированными схемами, т. е. горячий отработавший газ направлять на турбину. В таком случае общий максимальный электрический КПД станции составит 55–60 %.

Таким образом, существует много способов получения электроэнергии за счёт солнечного излучения в космическом пространстве. Все из них достаточно глубоко проработаны лишь теоретически и на макетах в лабораторных условиях. Исключение составляет фотоэлектрический способ получения электроэнергии, который в настоящее время применяется для энергоснабжения спутников и МКС.

Из описанных вариантов наиболее оптимальными по эффективности являются тепловые электростанции с машинными преобразователями. КПД таких станций достигает 36 %, а при прохождении комбинированных циклов, в том числе с интегрированным МГД-генератором, – 60 %

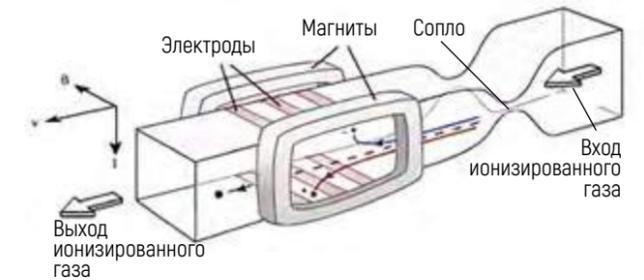


Рисунок 7 – Магнитогиродинамический генератор

и выше (в то время как эффективность фотоэлектрических станций находится на уровне 14–20 %, а термоэлектрических – порядка 2 %). При сравнении значений удельной массы электростанций более привлекательны фотоэлектрические станции, для которых данный показатель равен 1,4–3 кг/кВт (для станций с машинными преобразователями – 30–78 кг/кВт, для термоэлектрических станций – сотни кг/кВт). Срок службы фотоэлектрических панелей составляет около 30 лет, а тепловых электростанций – не менее 40 лет.

Так как поступление солнечного излучения на орбите циклично (один цикл – 1,5 ч), очевидно, что график производства и потребления электроэнергии не будет совпадать. Для энергообеспечения КИО «Орбита» потребуются электростанции значительной мощности – порядка 10 МВт, а значит, и мощные аккумуляторы энергии. В настоящее время электрические аккумуляторы большой мощности и ёмкости являются малоэффективными и очень дорогостоящими из-за необходимости применения редких материалов. Тепловые аккумуляторы находятся на более высоком этапе развития и имеют намного более продолжительный срок службы. Они изучены, испытаны и эксплуатируются на всех земных паротурбинных солнечных электростанциях (обеспечивают круглосуточную работу станции, т. е. осуществляют выработку электроэнергии даже в ночное время). Соответственно, тепловые аккумуляторы большой мощности экономически предпочтительнее, чем электрические. Следовательно, обеспечить постоянную выдачу электрической мощности проще от электростанции с тепловым преобразованием.

В то же время тепловые электростанции более сложны по своей структуре, имеется дополнительно тепловое хозяйство (ввиду наличия промежуточного преобразования энергии) и вспомогательные системы. Значит, выше риск выхода оборудования из строя из-за наличия большего числа составных частей. Однако для КИО «Орбита» необходимость постоянного присутствия обслуживающего персонала не является ограничивающим фактором.

Перспективным направлением является также технология разложения воды солнечным излучением на водород и кислород любым известным способом с последующим прямым или косвенным «сжиганием» водорода и кислорода в любом из известных типов электростанций, например, газопоршневых или с использованием топливных элементов, в которых электрическая энергия преобразуется в электричество, минуя горение. В данном случае часть водорода и кислорода можно потреблять на орбите, часть – доставлять на поверхность Земли для эксплуатации в энергетике и транспорте.

Эти технологии являются экологически безопасными и на орбите (они могут применяться даже внутри космических поселений – ЭкоКосмоДомов), и на Земле, поскольку продуктом сгорания топлива в них является дистиллированная вода. Кроме того, цикличность солнечного освещения на орбите не отразится на работе подобных электростанций и не потребует накопителей энергии – тепловых или электрических, так как будут накапливаться топливо и окислитель.

При этом земная экология не будет нарушена – взятая с планеты вода на неё же и вернётся после прохождения энергетического цикла. С доставкой воды на орбиту в количестве миллионов тонн, а обратно – водорода и кислорода также не возникнет проблем при использовании в качестве геокосмической транспортной системы общепланетарного транспортного средства (ОТС) ввиду того, что его балластная система может быть заправлена только водой [1].

Принимая во внимание все перечисленные особенности и характеристики, для станций больших мощностей, которые потребуются для энергообеспечения промышленных и жилых центров в составе КИО «Орбита», целесообразно применять тепловые электростанции комбинированных циклов.



Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Солнечная батарея / Журнал «Всё о Космосе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aboutspacejournal.net/2016/02/05/>. – Дата доступа: 29.04.2019.
3. Зернов, А.С. Опыт эксплуатации солнечных батарей служебного модуля международной космической станции / А.С. Зернов, В.Д. Николаев // Космическая техника и технологии. – 2016. – № 1. – С. 29–38.
4. Поздняков, Б.С. Термоэлектрическая энергетика / Б.С. Поздняков, Е.А. Коптелов. – М.: Атомиздат, 1974. – 264 с.
5. Шостаковский, П.Г. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания / П.Г. Шостаковский // Новые технологии. – 2010. – № 2. – С. 131–138.
6. Уокер, Г. Двигатели Стирлинга / Г. Уокер; сокр. пер. с англ. Б.В. Сутугина, Н.В. Сутугина. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
7. Грилихес, В.А. Солнечные космические энергостанции / В.А. Грилихес. – Л.: Наука, 1986. – 182 с.
8. Грилихес, В.А. Солнечная энергия и космические полёты / В.А. Грилихес, П.П. Орлов, Л.Б. Попов. – М.: Наука, 1984. – 214 с.

© Юницкий А.Э., 2019
© Янчук В.В., 2019



УДК 504.4.062.2

Гидросфера ЭкоКосмоДома на планете Земля и её составляющие

ЮНИЦКИЙ А.Э. (г. Минск), БОРИЧЕВСКИЙ А.Н. (г. Пинск)



Рассмотрены основные моменты, касающиеся эксплуатации искусственных водных объектов и гидрологических режимов, происходящих в условиях искусственной гидросферы. Проанализированы некоторые проблемы влияния человека на состояние гидросферы ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля).

Ключевые слова:

*гидросфера, гидроэкология,
круговорот воды, водообмен, очистка воды,
ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля).*



Общий объём гидросферы Земли составляет 1,39 млрд км³ [1]. Данное обстоятельство определяет главенствующую среду обитания нашей планеты. Состояние водных объектов в настоящее время указывает на значительную загрязнённость и постепенную деградацию гидросферы из-за антропогенного фактора. В большинстве случаев из-за техногенного воздействия человечества полное самоочищение природных вод уже невозможно [2].

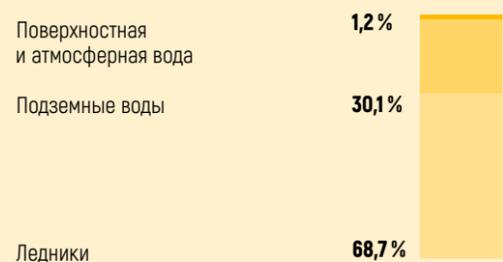
Характер расположения водных объектов на планете, а также их взаимосвязь обуславливает возможность переноса внутри биосферы минеральных и органических веществ, что, в свою очередь, подчёркивает высокую значимость водных объектов для поддержания равновесия в природе. Немаловажным является тот факт, что вода занимает значительную часть в строении живых организмов, обеспечивая не только связывающую функцию, объединяя все ткани и органы, но и осуществляя транспорт полезных веществ внутри организма. Таким образом водная среда определяет жизнь на нашей планете [2].

Формируя модель искусственной экосистемы, следует детально рассматривать наличие водных объектов и их регулирование в замкнутом пространстве. Так, искусственно воссоздавая гидросферу в проекте «ЭкоКосмоДом на планете Земля» (ЭКД-Земля) [3], пригодную для постоянного проживания группы людей в изолированном пространстве, необходимо смоделировать оптимальный круговорот водных потоков с учётом основных гидрологических процессов, протекающих на Земле. При реализации данного проекта требуется проанализировать ряд аспектов: временные рамки и круговорот воды в искусственной гидросфере, типы водных объектов, основные и дополнительные способы очистки для постоянного поддержания необходимого качества воды, антропогенное влияние на состояние

СООТНОШЕНИЕ СУШИ И ВОДЫ



ЗАПАС ПРЕСНОЙ ВОДЫ



ПОВЕРХНОСТНАЯ И АТМОСФЕРНАЯ ВОДА



водных объектов, аккумулирование и методы рационального использования ограниченных водных ресурсов.

Создание замкнутой экосистемы (аналогичной земной по соотношению площадей, где три четверти отводится под водные объекты и четверть – под сушу) не позволит в итоге рационально разместить внутри достаточное количество людей и в полной мере обеспечить их пригодными для жизни площадями, на которых можно построить жильё, посадить деревья и кустарники (что даст дополнительную возможность для преобразования углекислого газа в кислород), возделывать поля и пастбища, заниматься животноводством и вести интенсивное сельское хозяйство, закрывая при этом основную потребность в пище растительного и животного происхождения.

Очередной сложностью на пути реализации проекта может стать воссоздание естественного круговорота воды, который на Земле происходит один раз в восемь дней [4]. В ограниченных условиях, без использования механического водоподъёма не получится в полной мере задействовать водяной пар как основной источник осадков. Таким образом, исключив процессы парообразования и конденсации влаги, пресная вода насосами должна подаваться в оросительные трубопроводы, оснащённые сплинкерными системами, и использоваться как единственно возможный источник для формирования искусственных осадков и последующего перераспределения воды на поверхности суши.

Учитывая сложность воссоздания самодостаточной искусственной экосистемы, необходимо ответственно относиться к каждой детали её составляющих. Так, в гидросферу стоит включить пресный и солоноватый водоёмы, термальный источник, ручьи, заболоченные участки и подземные воды. Следовательно, пресный водоём будет

играть роль аккумулятора основного объёма поверхностной воды, совмещая в себе ряд функций, таких как: культивирование растений и ценных организмов, рыбо-разведение, орошение территории, рекреация (купание, рыболовство, активные и пассивные виды отдыха в прибрежной зоне).

Солоноватый водоём может выступать в роли изолированной фермы морепродуктов для выращивания и культивирования ценных видов организмов и водорослей, которым свойственна данная среда обитания.

Воды термального источника (температура 30–35 °С) могут использоваться как естественный теплоноситель с целью поддержания микроклимата, а также применяться в лечебных целях. К примеру, они позволяют существовать ряду организмов-санитаров, которые проводят чистку кожных покровов человека.

Наличие ручья диктуется потребностью в организации поверхностного стока и обеспечения постоянной циркуляции между пресным прудом и заболоченными участками суши (поверхностный фильтр). Заболоченная местность – самая эффективная экосистема на планете, противодействующая скоплению CO₂ в атмосфере. За год один гектар подобных угодий поглощает 550–1800 кг углекислого газа из атмосферы, что в 7–15 раз эффективнее, чем лес такой же площади, и выделяет в 7–15 раз больше кислорода: 260–700 кг [5]. Болотный мох (сфагнум) – отличный антисептик – не даёт развиваться даже тем бактериям, которые могут существовать без кислорода. Кроме этого, торф в толще болота связывает вредные вещества



в нерастворимые соединения. Всё это позволяет использовать воду из поверхностных источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения, разведения ценных видов рыб, регулирования микроклимата внутри экосистемы и создания естественного самоочищающегося фильтра.

Постоянное движение поверхностных вод в результате инфильтрации через толщу различных грунтов (песчаный фильтр) может оказать положительное влияние и на состояние грунтовых вод. Грунтовая вода, плавно перетекая из одного слоя грунта в другой, со временем продельывает сложный путь самоочищения, пока не достигает пресного водоёма, чтобы продолжить свой круговорот.

При создании песчаного фильтра в качестве фильтрующей прослойки в целях сепарации слоёв из различных грунтов и крупнообломочных сыпучих материалов может быть использован геотекстиль различной плотности. Данная прослойка нужна для предотвращения вымывания растительного грунта, обогащённого гумусом, в нижние слои, сложенные из различных по химическому и гранулометрическому составу минеральных грунтов. Это, в свою очередь, позволяет вносить в верхние слои растительной почвы питательный раствор для интенсивного ведения органического сельского хозяйства и использовать нижние слои из различных фракций минерального грунта в качестве песчаного фильтра, избегая при этом смешивания соседних слоёв. Таким образом может происходить процесс очистки, сопровождающийся обогащением воды минералами и микроэлементами. При этом общий объём воды внутри гидросферы остаётся неизменным.

Человек так или иначе оказывает антропогенное воздействие на гидросферу: сбрасывая хозяйственно-бытовые и сточные воды в водные объекты, используя органические удобрения, гербициды и пестициды в сельском хозяйстве. Воду, образующуюся в результате жизнедеятельности человека и животных, следует направлять в изолированный подземный сток, чтобы она без должной очистки не оказывала воздействие на другие поверхностные и подземные водные объекты. Допустимо смешивание сточных вод с остатками пищи и предварительно измельчёнными отходами растительного происхождения для последующего использования в производстве гумуса (метод Дано-биостабилизатор). Избыточная влага может быть отфильтрована и саккумулирована в отстойнике, где проходит процесс обеззараживания, очистки (активный ил) и обогащения органическими веществами (хлорелла) до стадии питательного раствора (органическое удобрение).

В последующем питательный раствор возможно использовать для полива и орошения сельскохозяйственных культур, деревьев и кустарников. Избыточная влага,

образующаяся при поливе, фильтруется в землю, проходя через естественный песчаный фильтр, который представлен толщей растительного грунта, обогащённого гумусом, подстилаемого слоями, сложенными из песков различной фракции, минералов и камней. Для ускорения стока профильтрованной воды в пресный водоём следует устроить глубокий систематический дренаж (перфорированные полиэтиленовые трубы различного диаметра, крупнообломочные каменные прослойки) под всей площадью, занятой под возделывание сельскохозяйственных культур и других растений.



оценивается в 35 млн км³, что примерно равняется 2,5 % от общей массы вод суши [4]. Это не означает, что пресной воды на Земле мало: просто человек ещё не научился её рационально использовать. Такого количества пресной воды, при условии её равномерного распределения, в два и даже в три раза больше, чем необходимо для сегодняшнего населения Голубой планеты.

Резюмируя сказанное, реализация опытного образца ЭКД-Земля позволит на практике проанализировать и исправить (при необходимости) принятые проектные решения, проверить работоспособность как всех систем в целом, так и отдельного оборудования, а также провести испытания в условиях нештатных аварийных ситуаций, разработать и настроить максимальное количество систем для функционирования в автоматическом или полуавтоматическом режиме, исключить всевозможные аварийные ситуации и разработать эффективные мероприятия по их устранению в процессе эксплуатации.

После запуска ЭКД-Земля все заинтересованные участники и испытатели проекта получают бесценный опыт гармоничного существования человека наравне с другими обитателями биосферы в благоприятной и экологически дружелюбной среде обитания. А для будущих обитателей ЭКД, выведенного на околоземную орбиту или находящегося в открытом космическом пространстве, вопрос поддержания здоровой гидросферы и экосистемы особенно актуален, так как в данной ситуации здоровье человека будет напрямую зависеть от состояния всех систем, входящих в замкнутую искусственную биосферу.

Литература

1. Михайлов, В.Н. *Гидрология: учебн. для вузов* / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – М.: Высшая школа, 2007. – 463 с.
2. Логинова, Е.В., Лопух, П.С. *Гидроэкология: курс лекций* / Е.В. Логинова, П.С. Лопух. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.: ил.
3. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание* / А.Э. Юницкий. – Сила-кросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
4. Михалев, М.А. *Инженерная гидрология* / М.А. Михалев. – СПб: СПбГПУ, 2002. – 124 с.
5. Софер, М. *О болотах с уважением и любовью* / М. Софер // *Наука и жизнь*. – 2018. – № 7. – С. 2–12.

© Юницкий А.Э., 2019
© Боричевский А.Н., 2019



УДК 681.5.017

Экваториальный линейный город как альтернатива концепции «умных городов»

ЮНИЦКИЙ А.Э., СЕМЁНОВ С.С. (г. Минск)



Рассмотрен проект создания экваториального линейного города (ЭЛГ) в качестве неотъемлемого компонента наземной сети струнных дорог TransNet, основанных на транспортно-инфраструктурных комплексах SkyWay и HyperU, а также наземной инфраструктуры геокосмического транспортного комплекса – общепланетарного транспортного средства (ОТС). Благодаря использованию современных информационных и иных технологий, города-кластеры ЭЛГ могут выступать в качестве альтернативы традиционным проектам «умных городов», с возможностью масштабирования «smart-концепции» до уровня отдельных стран, а в перспективе – и мировых регионов. В подтверждение данного тезиса приведены основные преимущества ЭЛГ в сравнении с традиционными и «умными» городами, среди которых: интеграция с транспортной системой нового поколения, включение в программу индустриального освоения ближнего космоса SpaceWay.

Ключевые слова:

экваториальный линейный город (ЭЛГ), «умный город», SkyWay, HyperU, TransNet, общепланетарное транспортное средство (ОТС), Интернет вещей, облачные технологии, урбанизация, город-хаб, устойчивое развитие, SpaceWay.



Одной из основных причин формирования городов является потребность в обеспечении эффективного доступа к необходимой человеку инфраструктуре: местам проживания и работы, медицинским и учебным учреждениям, сферам торговли и развлечений, а также многому другому. Эффективный доступ к объектам инфраструктуры подразумевает существование действующих транспортных артерий. Именно транспорт определяет структуру городской среды, выступая в качестве своеобразного каркаса. Процесс расширения городского пространства связан с развитием технологий передвижения, потому появление нового транспорта неизменно влечёт за собой и изменение концепции города. Так, создание комплекса принципиально новых транспортных систем SkyWay и HyperU – необходимое условие для реализации геокосмического проекта общепланетарного транспортного средства (ОТС), разработанного инженером А.Э. Юницким [1]. Данный проект, в свою очередь, также предполагает создание глобальной наземной коммуникационной инфраструктуры – экваториального линейного города (ЭЛГ), который может стать принципиально новым видом организации городского пространства будущего.

Стремительная урбанизация уже привела к тому, что по состоянию на 2018 г. 55 % населения Земли проживало в городах, к середине века данный показатель достигнет 66 % [2]. Вместе с тем темп жизни человека в мегаполисах неуклонно ускоряется, городская инфраструктура испытывает возрастающие количественные и качественные нагрузки. Всё это приводит к устареванию зародившейся тысячелетия тому назад и сильно изменившейся под влиянием промышленной революции концепции классического города, которая перестаёт отвечать новым вызовам времени.

Города выступают в качестве глобальных финансовых, промышленных, политических, культурных и коммуникационных центров. Они обладают огромным производственным, научным, техническим и творческим потенциалом [3]. Однако с течением времени городская среда превратилась в структуру, характеризующуюся крайней степенью неустойчивости. Связано это с целым рядом проблем: перенаселённостью, перепроизводством, высокой концентрацией отходов, выбросами вредных веществ, отравлением плодородных земель, скоплением транспорта, устаревшей инфраструктурой. Ряд названных и других факторов послужили причиной ухудшения экологии традиционных городов. В результате жизнь городского жителя не только становится всё менее комфортной, но и оказывается под угрозой. При этом существующий вектор развития современных технологий не позволяет исправить сложившуюся ситуацию.

НАСЕЛЕНИЕ ЗЕМЛИ, ПРОЖИВАЮЩЕЕ В ГОРОДАХ



Итак, бурный рост городов связан в первую очередь с формированием транспортных коммуникаций. Исторически динамика урбанизации прошла путь от первых компактных пешеходных поселений (размер до 5 км) к возникновению крупных городов – сначала с гужевым транспортом (размер города до 20 км), а затем с автомобильным транспортом (размер города до 50 км и более). Благодаря транспорту человек получил быстрый, в течение получаса, доступ к сфере производства и услуг, потребительским товарам, системам образования, оздоровления, культуры, местам массового отдыха и развлечений. Необходимость в физическом контакте между большими группами людей реализуется посредством транспортного взаимодействия: сперва с помощью мускульной силы одомашненных животных, далее – с помощью механизированного транспорта, который постепенно превратился в личный, коммерческий и общественный. Спустя столетия города и транспортные системы объединяли уже не тысячи, а миллионы жителей. Именно транспортная доступность сформировала города и определила их размеры. Однако с расширением городов время в пути из-за снижения средней скорости движения начало достигать одного часа и более. В результате подобные города стали непривлекательными для проживания, несмотря на иные достоинства и преимущества.

Современные мегаполисы и городские агломерации формируют масштабные системы с десятками миллионов жителей. При этом своеобразным каркасом города является именно транспортно-логистическая инфраструктура (в том числе городские дороги и улицы), которая, подобно артериям, обеспечивает циркуляцию товаров, услуг, ресурсов, финансов и людей. И именно она определяет пространственный облик современных городов.



Однако чрезмерная концентрация людей и необходимость обеспечения их доступом к основным благам привели к тому, что существующие транспортные коммуникации уже не могут справляться со своей основной задачей. Это выражается в постоянных пробках и транспортных коллапсах, а также в прогрессирующем загрязнении окружающей среды – почвы, воздуха и воды. Таким образом, можно констатировать, что современный транспорт по целому ряду причин зашёл в тупик, а вместе с ним и концепция традиционного города.

Логику становления городского пространства можно описать следующим образом. Предшествовал ему компактный населённый пункт, в котором проживало сравнительно мало людей, передвигавшихся пешком, и который зачастую встраивался в существующую природную среду без внесения ярко выраженной дисгармонии. Появление автономных городов с транспортной инфраструктурой привело к локальному нарушению природной среды; разрушительное антропогенное воздействие распространилось на очаги вокруг городов. Вследствие объединения городов в агломерации локальные формы взаимодействия городской и природной сред уступают место региональным формам. В результате обширные территории между городами также вовлекаются в процесс урбанизации, вызывая глубинные негативные изменения в природной среде. Современный этап урбанизации уже представляет собой агломерацию агломераций с усилением антропогенной нагрузки на природную среду из-за «эффекта наложения» [4].

Таким образом, динамика процесса урбанизации от поселения до агломерации городских агломераций ведёт к расширению масштабов антропогенного давления на природную среду. На этом фоне образовалось несколько подходов к исправлению сложившейся ситуации. Один из них приобретает черты алармистского и характеризуется крайне отрицательным отношением к урбанизации

и технологическому прогрессу, что выражается в призывах к свёртыванию производств, прекращению роста городов и стабилизации численности населения. Однако такой подход подвергается критике ввиду своей нацеленности на торможение развития человечества, являясь, по сути, тупиковым и реакционным.

Ещё один подход связан с принятием идеи решения глобальных проблем человечества с помощью развития технологий. Частным примером может послужить набирающая популярность идея создания «умных городов». Данная концепция основывается на ряде технологических достижений, особое место среди которых занимают: беспроводная передача данных, миниатюризация устройств, облачные технологии, туманные вычисления (Fog computing), формирование Интернета вещей (IoT). Каким образом город обретает статус умного? Если выделить упрощённую схему, то этот процесс выглядит следующим образом. Большое количество различных датчиков собирают разнообразную информацию о деятельности людей и предприятий с помощью Интернета вещей. Полученные сведения (big data) обрабатываются алгоритмами и используются для повышения эффективности управления городом, позволяя узнавать о потребностях жителей и производств, проблемных местах городской инфраструктуры, соотношении спроса и предложения городских ресурсов и услуг.

Использование технологии Интернета вещей и потребность в высоких вычислительных мощностях для обработки собираемых больших данных обуславливают участие технологических гигантов в проектах создания «умных городов». Одной из первых подобных компаний стала IBM, которая в 2006 г. объявила о старте программы Smarter Cities [5]. Ещё один пример связан с деятельностью компании Hewlett-Packard, в 2009 г. начавшей проект Central Nervous System for the Earth (CeNSE) – «Центральная нервная система Земли» [6], предполагающий размещение миллионов нано-сенсоров, которые собирают разнообразные данные (температура, влажность, уровень загрязнения и т. д.) из окружающей среды, в том числе и из городского пространства.

Следует отметить, что проще всего реализовать «умную концепцию» в городах с более современной инфраструктурой. Ещё проще это сделать в рамках строительства новых районов или населённых пунктов. Например, в 2006 г. власти эмирата Абу-Даби приступили к реализации «Проекта Масдар» – экогорода будущего, способного самого себя обеспечивать энергией из возобновляемых источников, имеющего устойчивую экологическую среду со сведением к минимуму вредных выбросов. Экологичность достигается благодаря запрету на личный транспорт

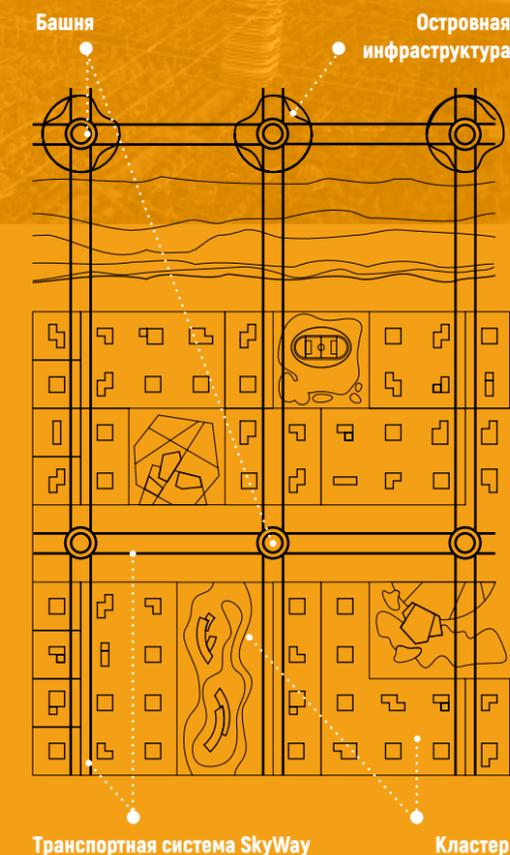
и использованию системы городского автоматизированного транспорта, а также путём переработки мусора и вторичного использования отходов. Безусловно, все городские службы и системы объединены в общую сеть. Первоначально планировалось реализовать «Проект Масдар» к 2014 г., однако этому помешали финансовые и иные проблемы; строительство города продолжается.

Необходимо отметить, что на пути возникновения «умных городов» существует множество преград. В первую очередь они связаны с самой стратегией, которая не предполагает изменение концепции развития города, а концентрируется лишь на новых способах решения старых городских проблем. Подобные города, оснащённые разнообразными датчиками и сенсорами, можно назвать скорее «воспринимающими», нежели «умными». Едва ли их восприимчивость и информированность способны, например, изменить устаревшую городскую планировку и неэффективную транспортно-логистическую инфраструктуру. Маловероятно, что такие свойства способны принципиально усовершенствовать устаревший автомобильный транспорт, создающий смог в городах, а также убивающий и калечащий ежегодно на городских улицах сотни тысяч человек.

Альтернативной стратегией является проект создания экваториального линейного города (ЭЛГ) кластерного типа как части геокосмической транспортно-инфраструктурной программы SpaceWay [1]. ЭЛГ представляет собой расположенные вдоль экватора пешеходные кластеры размером порядка 1 км, связанные друг с другом сетями транспортных, энергетических и иных инженерных и коммуникационных инфраструктур. Кластеры ЭЛГ – жилые, производственные, торговые, спортивные, сельскохозяйственные, иные – объединены стартовой эстакадой общепланетарного транспортного средства. Эстакада ОТС в свою очередь совмещена с транспортными комплексами SkyWay (скорость – до 600 км/ч) и HyperU (скорость передвижения в форвакуумном туннеле – свыше 1000 км/ч).



СХЕМА ЛИНЕЙНОГО ГОРОДА



Каждый кластер в этой системе представляет собой специализированное поселение, которое одновременно является коммуникационным узлом – транспортным, энергетическим, информационным, иным – глобальной наземной сети TransNet, а вместе с ОТС и космическим индустриальным ожерельем «Орбита» – геокосмической сети U-Net, объединяющей всю планету и ближний космос в единый транспортно-инфраструктурный комплекс.

ЭЛГ – это экологичный город, с развитым общественным транспортом, «зелёной» энергетикой, высокоразвитой экономикой. Повсеместное применение информационных технологий делает этот город эффективным, а его развитие – прогнозируемым, устойчивым. Концепция ЭЛГ предполагает отказ от личного транспорта, требующего серьёзных вложений, причём не только в момент покупки, но и в виде постоянных затрат на обслуживание. Например, в мегаполисах существует проблема хранения транспорта, который не используется значительную часть времени и занимает городскую территорию. Именно поэтому в современных «умных городах» всё большую популярность получают адаптированные под современные технологии службы такси (Uber, Яндекс.Такси, Lyft) и каршеринг. Однако эти новые виды сервисов не позволяют решить транспортные проблемы города.

Выходом призвано стать формирование принципиально новой транспортной сети, размещённой не на поверхности земли, а на втором уровне, – автоматизированной, эффективной, безопасной и экологичной. Такая сеть дорог оставит поверхность земли, как это и было всегда, для жизни – растениям, животным и людям. Данные требования были учтены уже на этапе проектирования транспортных систем SkyWay и HyperU, которые являются «каркасом» создания ЭЛГ.

Что касается пространственной организации ЭЛГ, то она представляет собой линейный город, расположенный вдоль транспортно-коммуникационной инфраструктуры.

Благодаря этому обеспечивается пеший доступ к производственным, общественным и другим объектам, выступающим в качестве точек притяжения. Жилые дома в ЭЛГ представлены преимущественно коттеджной застройкой, что позволяет снизить плотность населения и повысить уровень и качество жизни человека.

Ещё одним важным аспектом ЭЛГ является его прогрессивная экономика. Каждый инфраструктурный кластер в системе ЭЛГ представляет собой транспортный хаб, что придаёт значительный импульс развитию местной экономики, позволяя таким поселениям становиться финансовыми, производственными, торговыми и логистическими центрами. Подобно тому как на протяжении всей истории человечества находящиеся на пересечении торговых путей

города выступали в качестве центров мощных государств, так и в будущем города-хабы ЭЛГ могут занять важное положение в мировой экономике и политике. Более того, также следует обратить внимание на то, что ЭЛГ основываются на принципах «зелёной» экономики, предполагающей обеспечение потребностей города и городских производств энергией из экологически чистых источников.

Города-хабы системы ЭЛГ могут выстраиваться не только в логике линейной схемы. Имеется возможность объединять пересекающиеся линейные города в единый «шахматный» мегаполис, что позволит обеспечить их эффективную транспортную доступность, а также задействовать в экономике большие территории с низкой плотностью населения [7]. Поэтому концепция ЭЛГ может быть адаптирована не только к отдельным странам, но и распространяться на глобальные регионы мира.

Таким образом, на сегодняшний день одним из трендов решения проблем современного мегаполиса является создание «умных городов». Однако подобные проекты реализуются эпизодически, вне системного подхода. Во многом это обусловлено сложностью адаптации существующих городских инфраструктур к всеобъемлющей цифровизации. В то же время рост численности населения Земли и всё возрастающие масштабы урбанизации приводят к появлению новых населённых пунктов, которые уже на этапе своего проектирования должны использовать передовые инфраструктурные и транспортные решения, а также быть ориентированы на реализацию концепции устойчивой коэволюции человечества и биосферы.

Проект создания экваториального линейного города видится в качестве наиболее перспективного способа организации общепланетарного городского пространства будущего – его станового хребта, так как и ОТС, и орбитальная индустрия, завязанные на нужды всего человечества, могут функционировать, исходя из законов физики, только в плоскости экватора.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
2. Глобальная экологическая перспектива 6 (ГЕО): окружающая среда для развития / Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27539/GEO6_2019.pdf. – Дата доступа: 11.05.2019.

3. Юницкий, А.Э. Устойчивое развитие населённых пунктов и улучшение их коммуникационной инфраструктуры с использованием струнной транспортной системы. Итоговый отчёт по проекту Центра ООН по населённым пунктам № FS-RUS-98-S01: монография / А.Э. Юницкий. – М.: Госстрой России, 2000 г. – 179 с.
4. Юницкий, А.Э. Доклад на международной выставке Smart Cities India «Умная страна Индия» от 12 мая 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yunitskiy.com/news/2017/news20170512.htm>. – Дата доступа: 11.05.2019.
5. IBM Smarter Planet program [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/>. – Date of access: 11.05.2019.
6. Hartwell, P. CeNSE: A central nervous system for the earth / 2011 IEEE Technology Time Machine Symposium on Technologies Beyond 2020 [Electronic resource]. – Hong Kong, 2011. – P. 1-1. – Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6005162>. – Date of access: 11.05.2019.
7. Юницкий, А.Э. Струнный транспорт Юницкого / А.Э. Юницкий [Электронный ресурс]. – М., 2000. – Режим доступа: http://yunitskiy.com/author/2000/2000_13.pdf. – Дата доступа: 11.05.2019.

© Юницкий А.Э., 2019
© Семёнов С.С., 2019



Решение II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты»



21 июня 2019 г. в г. Марьина Горка состоялась II международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты». Мероприятие проводилось с целью обобщения результатов научных, научно-исследовательских и научно-практических работ, осуществляемых в научных институтах, конструкторских бюро, а также выполняемых отдельными лицами по следующим направлениям:

- решение глобальных проблем современности космическими средствами;
- перспективы индустриального освоения космоса в рамках программы SpaceWay;
- принципы создания, теория и расчёт проекта неракетного геокосмического транспортного средства – ОТС Юницкого;
- особенности организации широкомаштабных грузовых и пассажирских потоков по маршруту Земля – Орбита – Земля;
- поиск и развитие решений актуальных задач биологического, экологического и инженерного характера при создании ЭкоКосмоДома как замкнутой локальной биосферы для сохранения биоразнообразия планеты Земля, освоения территорий с неблагоприятными условиями для жизни человека, а также для создания модели будущего человеческого поселения в космическом пространстве;
- учреждение международной организации – Клуба «ЭкоМир» – для консолидации усилий мирового сообщества с целью обеспечения устойчивого развития биосферы и гармоничной коэволюции человека и природы.

Научная программа конференции предусматривала пленарные и стендовые доклады. Общее число представленных докладов – 27. Высокий интерес к мероприятию проявили учёные и исследователи из Беларуси, России, Украины, Германии, Индии, Объединённых Арабских Эмиратов. В работе конференции приняли участие отечественные и зарубежные представители академических и научных кругов, общественных организаций, изобретатели, в том числе гости из Латвии, Эстонии, Молдовы, Словакии, Великобритании, Перу.

По итогам II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» организационным комитетом и участниками принят ряд решений.

1. Отметить чрезвычайно высокую важность дальнейшего развития темы безракетного промышленного освоения ближнего космоса.

2. Отметить значимость геокосмического проекта планетарных масштабов – общепланетарного транспортного средства инженера Юницкого – как основной составной части программы SpaceWay по индустриальному освоению ближнего космоса на низких околоземных экваториальных орбитах.

3. Учитывая масштабность программы SpaceWay, отметить первостепенное значение и очевидную актуальность развития сотрудничества между странами мира, международными организациями, ведущими мировыми компаниями, научно-исследовательскими организациями и университетами с целью реализации программы SpaceWay.

4. Очередную III международную конференцию по проблемам безракетного освоения космоса провести в 2020 г. в Республике Беларусь.

5. Рекомендовать в будущем рассмотреть вопрос об уточнении названия конференции, которое должно приобрести следующий вид: международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты».

6. Учредить Клуб «ЭкоМир» в качестве постоянно действующего рабочего органа конференции.

7. Для привлечения более широкого числа исследователей к проблематике индустриального освоения ближнего космоса проводить регулярные научные, научно-технические и научно-практические семинары по данному направлению.

8. Отметить высокий научный и научно-технический уровень представленных на конференции докладов.

9. Издать сборник научных трудов по итогам конференции. Участникам конференции, чьи доклады будут опубликованы, оформить их в виде научных статей в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Организационный комитет выражает признательность всем участникам конференции, докладчикам, иностранным гостям, финансирующим организациям, без которых проведение данного мероприятия было бы невозможным.

Организационный комитет
21.06.2019



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Мы будем рады получить ваши отзывы о материалах данного сборника. Свои комментарии и пожелания присылайте по адресу: conf2019@ecospace.org.

Кроме того, сообщаем, что в 2020 г. состоится III международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты». Если вас заинтересовала тематика планируемого мероприятия и вы хотите принять в нём активное участие, направляйте свои заявки на адрес: conf2020@ecospace.org.

Условия участия представлены на сайте <https://ecospace.org>.

По вопросам приобретения данного сборника обращайтесь по адресу: conf2019@ecospace.org.

Организационный комитет конференции
и редакционная коллегия сборника

Глоссарий терминов и определений, упоминаемых в сборнике

DeepSpaceIndustry (программа) – программа индустриализации дальнего космоса, межпланетного и межзвёздного пространства, с использованием космических технологических, пространственных и материальных ресурсов: астероидов, комет, малых и больших планет и их спутников, Солнца, других звёзд и т. п.

DeepSpaceIndustry (технология) – развитие и масштабирование космической индустрии за счёт использования неисчерпаемых ресурсов дальнего космоса: технологических – вакуума, невесомости, пространства, иных; материальных – минеральных, энергетических, радиационных, информационных (у каждой информации имеется материальный носитель и источник), иных.

EcoEnergy (программа) – программа развития «зелёной» энергетики, включающая в себя угольные электростанции в новой логике (с выработкой гумуса из угля и отходов его горения), солнечную, ветровую и водородную энергетику и другие энергетические решения, способные стать частью геокосмической инфраструктуры.

EcoEnergy (технология) – комплекс энергетических технологий, использующих в своих процессах только те источники сырья и энергии, которые способствуют общему экологическому управлению, снижению вредных выбросов и повышению эффективности использования топлива (сырья) с исключением загрязнений окружающей среды.

GreenWay (программа) – программа по воссозданию различных элементов биосферы с применением природных технологий; проектированию окружающего пространства и системы органического земледелия, основанных на взаимосвязях из естественных природных экосистем; исследованию и реализации экологических решений в различных сферах жизни человека.

GreenWay (технология) – комплекс инновационных решений, направленных на осуществление разумного природопользования, модификацию вредных производств и замену их на безвредные с использованием природных технологий, производство продуктов по экологически замкнутому циклу, исключение использования синтетических химикатов в сельском хозяйстве и внедрение органических биотехнологий в земледелии.

HyperU (программа) – программа по созданию и развитию сети гиперскоростных – скорость свыше 1000 км/ч – транспортных комплексов (надземных и подземных; материковых и океанических) на всех континентах планеты Земля, построенных по HyperU-технологиям, являющихся разновидностью струнных технологий – предварительно напряжённых и неразрезных по длине конструкций.

HyperU (технология) – реализация комплекса решений, направленных на создание гиперскоростной (скорость свыше 1000 км/ч) транспортной инфраструктуры для грузо-пассажирских перевозок в транспортном туннеле с разреженной атмосферой.

SkyWay (программа) – программа по созданию и развитию сети построенных по SkyWay-технологиям струнных транспортных комплексов «второго уровня» на всех континентах планеты Земля и между ними, в том числе через океан.

SkyWay (технология) – реализация комплекса струнных технологий, позволяющих значительно усовершенствовать транспортную инфраструктуру для грузо-пассажирских перевозок на планете, с точки зрения минимизации её пагубного воздействия на биосферу и повышения безопасности перевозок, а также в перспективе обеспечить эффективную транспортировку людей и грузов в рамках единой, имеющей разветвления по всей планете Земля, геокосмической транспортной системы.

SpacelIndustry (программа) – программа индустриализации околоземных экваториальных орбит: перенос с планеты Земля за пределы биосферы и переоснащение экологически вредной для неё промышленности с созданием космического индустриального ожерелья (КИО) «Орбита» посредством геокосмического транспорта ОТС.

SpacelIndustry (технология) – поэтапная замена всех энергоёмких и представляющих опасность для биосферы промышленных предприятий на предприятия, расположенные на околоземной орбите, с созданием орбитального транспортно-инфраструктурного и индустриально-жилого комплекса, охватывающего планету в плоскости экватора на высотах 350–500 км. Технологически включает в себя сеть SpaceTransNet (STN), взаимодействующую с общепланетарным транспортным средством (ОТС).

SpaceTransNet (STN) – транспортно-инфраструктурная и энергоинформационная сеть, обеспечивающая функционирование космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита») на околоземной орбите.

SpaceWay (программа) – программа неракетного освоения ближнего космоса, включающая в себя три самостоятельные подпрограммы, необходимые для переоснащения и перемещения экологически вредной части индустрии с планеты Земля на околоземную орбиту: экваториальный линейный город (ЭЛГ), общепланетарное транспортное средство (ОТС) и SpacelIndustry.

SpaceWay (технология) – создание на планете Земля единой транспортно-коммуникационной инфраструктуры вдоль экватора, организованной в логике линейного города, связанной высокоскоростными коммуникациями, которые имеют ответвления по всей планете Земля и выступают в качестве основы функционирования геокосмической транспортной системы, обеспечивающей перевозку сырья и людей для функционирования космической индустрии (программа SpacelIndustry), размещённой в плоскости экватора на низких круговых орбитах, а также самой геокосмической транспортной системы – общепланетарного транспортного средства (ОТС).

TransNet (программа) – программа по созданию глобальной коммуникационной наземной сети на базе струнных технологий SkyWay, включающая в себя транспортные, энергетические, информационные и иные узлы и соответствующая требованиям XXI в.

Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – линейное индустриальное кольцо кластерного типа, опоясывающее планету Земля в плоскости экватора на высотах 350–500 км. Кластеры – промышленные, научные, энергетические, жилые, туристические, сельскохозяйственные, иные – соединены между собой транспортными, энергетическими и информационными коммуникациями, а с планетой Земля – посредством геокосмического летательного аппарата ОТС. КИО «Орбита» имеет линейный причал для швартовки ОТС, погрузки/выгрузки грузов и посадки/высадки пассажиров.

Общепланетарное транспортное средство – ОТС – (программа) – геокосмическая транспортно-инфраструктурная программа, предназначенная для выведения грузов на низкие круговые экваториальные орбиты с целью индустриализации околоземного космического пространства.

Общепланетарное транспортное средство – ОТС – (технология) – гигантский самонесущий летательный аппарат, сооружение астроинженерного масштаба (с размерами большими, чем у планеты Земля), обеспечивающее широкомасштабные грузо- и пассажиропотоки на околоземные экваториальные орбиты и обратно, основанное на единственно возможной (с позиций физики) экологически чистой геокосмической транспортной технологии с использованием лишь внутренних сил системы для своего перемещения в пространстве (в процессе функционирования отсутствуют какие-либо значимые взаимодействия с окружающей средой: энергетические, механические, химические и др.).

Программный комплекс «ЭкоМир» (ПК «ЭкоМир») – совокупность программ «ЭкоМир» – экологически чистого мира, – отражающих идеологию Клуба «ЭкоМир» и подготовленных для реализации масштабных проектов мирного освоения космоса: SpaceWay, SpacelIndustry, DeepSpaceIndustry, SkyWay, HyperU, GreenWay, EcoEnergy.

Экваториальный линейный город (ЭЛГ) – разветвлённая сеть транспортных, энергетических, инженерных и IT-инфраструктур, основанная на проходящем по экватору планеты Земля линейном городе кластерного типа, включающая порты (в том числе морские) и стартовую эстакаду ОТС, выполненную как в сухопутном, так и в морском вариантах (по технологиям HyperU и SkyWay).

ЭкоКосмоДом (ЭКД) – космическое сооружение с небольшой, по меркам планеты Земля, замкнутой автономной биосферой, обладающее искусственной гравитацией и регулируемые в заданном диапазоне параметрами атмосферы и среды обитания. ЭКД достаточен для автономного проживания человеческого поселения численностью до 10 000 человек.

ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) – земное сооружение, предназначенное для автономного и неограниченно длительного проживания человеческого поселения расчётной численности, с поддержанием во внутреннем замкнутом пространстве условий для развития экосистем с совокупностью необходимых для этого свойств биосферы планеты, а также с дополнительными технологическими процессами, гарантированно обеспечивающими потребности человека для существования: параметры атмосферы и среды обитания, пищевые ресурсы и т. п. ЭКД-Земля является моделью ЭКД в части создания и организации внутреннего пространства и всех его составляющих (биосферы, технологий, взаимосвязей процессов и др.).

Материалы сборника отражают тематику и содержание докладов, презентованных в рамках II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты». Конференция 2019 г. посвящалась теме решения глобальных проблем современности космическими средствами, перспективам индустриального освоения ближнего космоса, особенностям создания неракетного геокосмического транспортного средства, базовым принципам организации космических поселений с созданием замкнутых автономных биосфер. Сборник содержит работы инженеров, изобретателей, учёных, представителей общественных организаций из Беларуси, а также стран ближнего и дальнего зарубежья.

Издание предназначено для широкой аудитории читателей; представляет интерес как для специализированной аудитории, так и для каждого, кто задумывается о будущем человеческой цивилизации.

Научное издание

БЕЗРАКЕТНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПРОЕКТЫ

Сборник материалов
II международной научно-технической конференции

Редакционная коллегия:

Анатолий Юницкий (главный редактор), Игорь Надеев

Координаторы:

Надежда Ераховец, Сергей Семёнов, Иван Лукин

Дизайн-макет:

Инна Луд

Компьютерная вёрстка:

Инна Луд, Надежда Горбунова, Екатерина Ярошук

Редактор, корректор:

Лариса Гильманова

Визуализации и иллюстрации:

*Роман Волобуев, Евгений Минько, Андрей Коровкин,
Ольга Быкова, Максим Сирый, Николай Копачёв*

Подписано в печать 22.07.2019. Формат 60 × 84 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27,9. Уч.-изд. л. 25,1. Тираж 1000 экз. Заказ 191000.

Выпущено по заказу ООО «Астроинженерные технологии».

ООО «ПАРАДОКС»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/221 от 12.03.2014. Ул. К. Маркса, 21-25, 230030, г. Минск. Тел.: +375 (017) 380-43-11.

Отпечатано в типографии ООО «ТМ-АРГО-ГРАФИКС»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/95 от 01.04.2014. Ул. Гало, 148, 220131, г. Минск. Тел.: +375 (017) 336-70-51.

УДК 629.78(082)
ББК 39.6я43
Б39

ISBN 978-985-451-413-0

© ООО «Астроинженерные технологии», 2019
© Оформление. ООО «Парадокс», 2019