

ООО «Астроинженерные технологии»
ЗАО «Струнные технологии»

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

Сборник материалов
III международной научно-технической конференции
(12 сентября 2020 г., г. Марьина Горка)

Содержание

Рецензии на сборник материалов III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»	8
Предисловие к сборнику материалов III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»	14
Вступительное слово А.Э. Юницкого, председателя оргкомитета III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»	22
Приветственное слово Хуссейна Аль Махмуди, главного исполнительного директора Американского университета Шарджи (AUS Enterprises)	26
Приветственное слово Лембита Опики, председателя Парламента Космического Королевства Асгардия	28
Глоссарий терминов и определений, упоминаемых в сборнике	32
Техносфера 2.1 – перезагрузка земной индустрии на космический вектор развития Юницкий А.Э.	36
Эстафетный принцип радиосвязи для прогнозирования и предотвращения грозящих человечеству катастроф в дальнем космосе Плескачевский Ю.М.	74

Предпосылки формирования идеи общепланетарного транспортного средства в философии русского космизма Юницкий А.Э., Петров Е.О.	82
Пределы роста и индустриализация космоса как единственная возможность их расширения Юницкий А.Э., Петров Е.О.	94
Правовые аспекты международного сотрудничества в области освоения космоса Казакевич А.П.	102
Технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса» как инструмента спасения биосферы Земли Юницкий А.Э., Бабаян А.В.	116
Обоснование экономической и социально-политической эффективности программы SpaceWay для стран-участниц Юницкий А.Э., Лавриненко В.И.	138
Водные океанические участки с плавучей эстакадой общепланетарного транспортного средства Юницкий А.Э., Артюшевский С.В.	152
Прохождение эстакады общепланетарного транспортного средства через горы в Южной Америке и Африке Юницкий А.Э., Бык В.В., Жарый С.А.	170
Создание математической модели общепланетарного транспортного средства с оптимизацией положения и учётом влияния динамических факторов Юницкий А.Э., Шаршов Р.А., Абакумов А.А.	182
Особенности функционирования маховичного движителя общепланетарного транспортного средства и общие требования к нему Юницкий А.Э., Бабаян А.В.	194

Использование водорода в космосе: прошлое, настоящее, будущее Юницкий А.Э., Василевич В.В., Лукша В.Л.	206	Метод подбора специалистов, обеспечивающих работоспособность ЭкоКосмоДома на планете Земля Казначеев Д.В.	344
Влияние понижения атмосферного давления внутри жилых космических объектов Юницкий А.Э., Заяц В.С.	220	Единая цифровая экономическая модель для управления объектом «ЭкоКосмоДом на планете Земля» Юницкий А.Э., Кушниренко А.В., Костюк А.В., Кулик Е.Н.	360
Локализация объектов промышленного назначения на круговой экваториальной околоземной орбите Юницкий А.Э., Кушниренко А.В., Кулик Е.Н.	230	Особая роль пищи как строительного материала для организма человека в условиях замкнутой биосферы ограниченных размеров Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Шахно Е.А.	376
Появление технологий Индустрии 4.0 как ключевых драйверов инноваций в цепях поставок для геокосмических систем Акбари М.	246	Пути адаптации и установления саморегуляции замкнутой экосистемы Юницкий А.Э., Налётов И.В., Заяц В.С.	388
Новые формы управления на примере геокосмической платформы Unisky Space Юницкий А.Э., Монченко М.С.	258	Роль почвы в циркуляции макро- и микроэлементов между живыми организмами в изолированных замкнутых экосистемах Юницкий А.Э., Налётов И.В., Заяц В.С.	402
Оптимальная командная матрица для достижения целей конкретного коллектива Ераховец Н.В.	266	Разработка состава почвогрунта для замкнутой экосистемы в космическом пространстве Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Парфенчик М.М., Бойко Е.Г.	412
Выбор источников финансирования некоммерческого фонда EcoSpace Юницкий А.Э., Волошина С.А., Волосевич Е.А.	284	Применение реликтовых археобактерий как потенциальных микробиологических объектов в замкнутых экосистемах Верещак С.Н., Парфенчик М.М.	424
Варианты конструктивных решений ЭкоКосмоДома Юницкий А.Э., Жарый С.А.	294	Потенциал использования целлюлозолитических микроорганизмов для биodeградации твёрдых бытовых отходов Юницкий А.Э., Соловьёва Е.А., Парфенчик М.М.	434
Организация внутреннего пространства туристического цилиндрического ЭкоКосмоДома Юницкий А.Э., Платонова В.А.	306	Экологические биоразлагаемые материалы на бумажной основе и их использование в условиях замкнутых экосистем Курдюкова Т.О.	442
Особенности восприятия внутренней архитектурно-пространственной среды ЭкоКосмоДома Воронович К.П., Кошелёв А.Г.	322	Очистка озёрной воды с помощью минеральной загрузки Налётов И.В., Заяц В.С., Боричевский А.Н.	452
Организация внутреннего пространства ЭкоКосмоДома на планете Земля Юницкий А.Э., Ермачёк Е.В., Налётов И.В., Платонова В.А.	332		

Материалы программы «ЭкоМир»	465	12. Экваториальный линейный город и EcoHouse – новая урбанистика	488
Глоссарий: термины, определения, аббревиатуры	466	13. Восстановленный БиоМир Земли и реабилитирующая терапия	490
Аннотация программы «ЭкоМир»: безракетная индустриализация космоса	470	14. Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» и ЭкоКосмоДом	491
Программа «ЭкоМир»	474	15. Совершенный ХомоМир – консолидация усилий человечества и неисчерпаемость космических ресурсов	493
1. История возникновения и развития программы «ЭкоМир»	475	16. Общественно-политические условия реализации программы «ЭкоМир»	493
2. Глобальные вызовы – антропогенное угнетение биосферы и нехватка земных ресурсов	475	17. Инструменты привлечения инвестиций в индустриализацию космоса	494
3. Предпосылки для нового космического вектора индустриализации	477	18. Организационные аспекты подготовки и создания космической индустрии	495
4. Механизм конкурентного устранения антропогенного угнетения биосферы	478	19. Препятствия, угрожающие программе «ЭкоМир», риски и их профилактика	497
5. Неисчерпаемые ресурсы космоса – основа ценовой конкурентоспособности	479	20. Общность предложенной ООН концепции устойчивого развития и программы «ЭкоМир»	498
6. Условия космической среды – основа качественной конкурентоспособности	480	Заключение	500
7. Невозможность использования ракет-носителей и космического лифта для индустриализации космоса	481	Литература	500
8. Общепланетарная транспортная система инженера Юницкого	483	Приложение к программе «ЭкоМир»: Таблицы и списки, иллюстрирующие аспекты программы «ЭкоМир» и направления её реализации	502
9. Техничко-экономическое обоснование геокосмических перевозок ОТС	484	Решение III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»	508
10. Компоненты будущей космической техногенной цивилизации	487		
11. Планета Земля навсегда останется домом для человечества	487		



Рецензии на сборник материалов III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»



Ю.М. Плесакачевский,
член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Республики Беларусь

Рецензируемый сборник содержит материалы, представленные на III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты», и отражает нынешний этап развития идей и решений известного белорусского инженера и изобретателя А.Э. Юницкого.

Предложенный А.Э. Юницким более 40 лет назад проект общепланетного транспортного средства (ОТС) последовательно, из года в год, от конференции к конференции находит всё больше сторонников и приверженцев, получает всё более убедительные доказательства корректности и достаточно реальной осуществимости ОТС как с инженерной, так и с экологической точки зрения. Для практического воплощения такой глобальной концепции нужны десятилетия, если не века. Когда человечество станет окончательно задыхаться в собственных, мягко говоря, отходах и поймёт, что жизнь на планете Земля сделалась невозможной, тогда и начнутся лихорадочные поиски решений, которые позволят сохранить нашу цивилизацию, тогда общество и приступит к консолидированной работе над проектами масштаба ОТС.

Опубликованные в сборнике статьи содержат не только инженерные предложения и расчёты, но и спектр актуальных экологических проблем и пути их предотвращения.

Безусловно, на данном этапе невозможно во всех деталях описать и рассчитать конструктивные особенности прохождения эстакады ОТС по океаническим и горным участкам нашей планеты, однако в представленных материалах рассматриваются и всесторонне анализируются принципиальные подходы и проекты, которые не вызывают возражений с инженерной точки зрения. Дальнейшее их развитие под силу лишь многотысячному интернациональному коллективу учёных и инженеров, для создания которого требуется воля политических лидеров передовых стран. На сегодняшний день перспектива образования такой команды

не просматривается. Тем не менее нечто подобное, более глобальное, чем НАСА и Роскосмос, рано или поздно будет организовано.

Особую ценность имеют материалы экологической направленности. Глубина проработки всех статей позволяет утверждать, что их практическая реализация вполне осуществима.

В целом сборник производит сильное впечатление масштабом инженерных решений и их высоким гуманистическим устремлением, попыткой взглянуть в будущее на столетия вперёд.



В.М. Шаповалов,
доктор технических наук, профессор,
заведующий отделом № 1
«Композиционные материалы и рециклинг полимеров»
ГНУ «Институт механики металлополимерных систем
им. В.А. Белого НАН Беларуси»

Космос обладает колоссальными запасами ресурсов. Доступ к этим богатствам открывается для человечества на сравнительно небольшом расстоянии – всего 200–300 км. Для того чтобы использовать их, цивилизация должна построить на околоземной орбите обширную производственную и транспортную инфраструктуру, а также решить задачу транспортировки сырья и продукции по маршруту между орбитой и Землёй. В настоящее время это делается при помощи ракет. Однако их провозная способность, в мировом масштабе составляющая около 1000 тонн в год, явно недостаточна для индустриализации околоземного пространства.

В последнее десятилетие мировые лидеры в области космонавтики (США, Россия, Китай) развернули программы по созданию ракет-носителей многоразового использования, что в перспективе должно существенно снизить стоимость запусков и позволить увеличить их количество. Подобный подход может обеспечить отправку на орбиту большего числа спутников, расширение научно-исследовательских проектов. Не исключено, что уже в ближайшее время мы станем свидетелями строительства баз на Луне и Марсе. При этом перспектива широкомасштабного освоения космоса в индустриальных целях при помощи реактивного транспорта остаётся сомнительной. Достижение такой грандиозной и, без сомнения, важной задачи требует применения альтернативных безракетных геокосмических транспортных решений. Их разработка также ведётся сегодня в ряде стран, в число которых, к нашей гордости, входит и Беларусь.

Общепланетарное транспортное средство А.Э. Юницкого – одно из самых амбициозных и многообещающих изобретений XX в. В случае реализации данного фундаментального проекта образуются поистине фантастические перспективы. Транспорт, способный за один рейс доставлять на орбиту 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров, совершающий до 100 рейсов в год, позволит в короткие сроки

осуществить индустриализацию космоса, использовать его сырьё, пространство и энергию на благо человечества. Тем самым автоматически будут сняты проблемы, связанные с ограниченностью ресурсов, превышением ёмкости среды и др. Цивилизация сможет вступить в новую эпоху развития. Откроются многочисленные возможности для исследования Вселенной, а также для защиты Земли от исходящих из космического пространства угроз, включая метеоритную.

Глобальный масштаб предложенной инженером А.Э. Юницким программы предполагает наличие широкого спектра задач в различных областях знаний, а также в экономической, социальной и политической сферах. На этапе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ неизбежно должны быть затронуты вопросы, касающиеся не только технических аспектов, но и международного права, биологии, социологии, психологии и др. Этим предопределены тематическая разносторонность и сложная структура проблемного поля конференций по безракетной индустриализации ближнего космоса. Вместе с тем не вызывают сомнения актуальность и необходимость предпринимаемых исследователями усилий, что связано не только с промышленным и экономическим потенциалом проекта, но и с его гуманистической и экологической размерностью.

Создание общепланетарного транспортного средства и космического индустриального ожерелья «Орбита» способно консолидировать мировое сообщество, стать мощным драйвером развития и решить практически все проблемы, обусловленные негативным воздействием индустрии на окружающую среду. В контексте представленного сборника открываются новые перспективы исследований во всех отраслях науки. В практическом смысле разрабатываемая технология и поднимаемые авторами вопросы затрагивают каждого жителя Земли, поскольку речь идёт о будущем нашей планеты, а значит, о будущем зародившейся и живущей на ней человеческой цивилизации.



М.А. Орлов,
доктор технических наук, профессор,
генеральный директор и научный руководитель
Академии Модерн ТРИЗ,
Берлин, Германия

О проблеме индустриализации ближнего космоса

Идея индустриализации ближнего космоса является радикальным ответом на раскручивающуюся варварскую эксплуатацию природной среды обитания всего живого на планете Земля. К сожалению, губительное отношение к окружающему миру осуществляется человеком – единственным биологическим видом, обладающим развитым мышлением. Он не преодолел архаические инстинкты первобытного потребления и не создал императивную культуру содружества с природой, а тем более поклонения природе и заботы о природе.

Всё ускоряющимся темпом общество движется к собственной смерти из-за истощения природных ресурсов на планете Земля, включая уничтожение лесов, а значит, и кислорода атмосферы; ледников, болот и рек, а значит, и питьевой воды; нефтяных и газовых запасов, которые безвозвратно потребляются химической и энергетической индустрией, и др.

Раскрытию причин и последствий грядущей катастрофы как неизбежного результата варварской эксплуатации природы посвящены статьи А.Э. Юницкого, доклады специалистов ООО «Астроинженерные технологии», ЗАО «Струнные технологии», а также единомышленников из других организаций.

Именно А.Э. Юницкий – бесспорный автор, инициатор, лидер и разработчик концепции безракетной индустриализации ближнего космоса как фундаментальной инженерной идеи спасения и будущего прогресса человечества.

Авторы концептуальных работ раскрывают сложность и ресурсоёмкость индустриализации ближнего космоса – проблемы планетарного масштаба, решение которой начато А.Э. Юницким более 40 лет назад, а теперь

продолжается уже созданным им коллективом исследователей и проектировщиков.

В первую очередь целесообразно отметить следующие материалы:

- Вступительное слово А.Э. Юницкого, председателя оргкомитета III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»;
- Техносфера 2.1 – перезагрузка земной индустрии на космический вектор развития (Юницкий А.Э.);
- Предпосылки формирования идеи общепланетарного транспортного средства в философии русского космизма (Юницкий А.Э., Петров Е.О.);
- Пределы роста и индустриализация космоса как единственная возможность их расширения (Юницкий А.Э., Петров Е.О.).

При этом статьи «Техносфера 2.1 – перезагрузка земной индустрии на космический вектор развития» и «Предпосылки формирования идеи общепланетарного транспортного средства в философии русского космизма» представляются особенно значительными по глубине и точности.

Единственное, в чём рецензент усматривает некоторую методологическую неточность, – утверждения в работе «Предпосылки формирования идеи общепланетарного транспортного средства в философии русского космизма» о том, что (выделено мной. – М. О.):

- «...земная человеческая цивилизация избирает технократический путь, ввиду чего вступает в неразрешимый в рамках отдельно взятой планеты антагонизм с живой частью биосферы»;
- «Индустриальные технологии... рано или поздно приведут к деградации и угасанию жизни на планете и вернут

её в исходное состояние – мёртвое, как более комфортное для мёртвой же индустрии».

Действительно, приведённые цитаты исключают позитивную перспективу для человечества в отсутствие акцентирования на условиях их адекватности, а именно без повторного подчёркивания парадигмы «варварской эксплуатации природы», о чём рецензент упомянул выше.

Однако это всё ещё не приговор, не фатальная неизбежность. Именно потому, что такие технократические идеи, как изобретения А.Э. Юницкого, способны открыть пути к спасению человечества. Нельзя исключать и возможного открытия, изобретения и появления других технократических идей, содействующих отдалению человечества от края пропасти, у которого оно сейчас находится.

Хотя понятно (об этом и говорят авторы указанных статей), что кроме технократических концепций реализация эффективных проектов требует прежде всего согласия практически всех политических структур планеты.

О концепции создания обитаемого индустриального ожерелья

Концептуальные идеи создания околоземной космической обитаемой и индустриальной цивилизации получают в сборнике достаточно полное конструктивное научное и проектное развитие. Потрясает охват тем представленных в издании работ.

Впечатляет также комплексный подход ведущихся исследований и поискового проектирования. В этом проявляются масштаб и созидательная деятельность А.Э. Юницкого как генерального конструктора всех проектов, осуществляемых ООО «Астроинженерные технологии», ЗАО «Струнные технологии» и партнёрскими организациями.

Не умаляя значения других статей, стоит отметить доклады, посвящённые анализу экономико-социальных аспектов индустриализации космоса в концепции А.Э. Юницкого:

- Техно-экономическое обоснование инвестиционного проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса» как инструмента спасения биосферы Земли (Юницкий А.Э., Бабаян А.В.);
- Локализация объектов промышленного назначения на круговой экваториальной околоземной орбите (Юницкий А.Э., Кушниренко А.В., Кулик Е.Н.).

Развиваемое в этих материалах экономическое обоснование эффективности вынесения ряда производств в ближний космос может стать реальным убеждающим

аргументом для современного капиталистического мира, в котором социальные и экологические факторы хотя и звучат всё громче, но не приносят необходимых реальных (а тем более радикальных) изменений для предотвращения экологической и иных катастроф.

Исключительный интерес вызывает комплекс работ, анализирующих условия организации космического обитаемого пространства. Изыскания, ориентированные на создание искусственной среды для поселения людей в космосе, ведутся в космических институтах многих стран. Накоплен и реализован большой опыт в этом объёмном направлении. Однако масштаб и разнообразие исследований ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии» поражают и превосходят все известные достижения.

Дело в том, что в космическом ожерелье ставится цель создания обитаемой цивилизации глобальной размерности – как по геометрическим параметрам, так и по всем характеристикам обеспечения комфортной и безопасной среды обитания людей.

Подобный подход удивляет и восхищает. В частности, стоит отметить ряд статей, посвящённых изучению почв и источников естественного питания людей, проживающих в ожерелье:

- Особая роль пищи как строительного материала для организма человека в условиях замкнутой биосферы ограниченных размеров (Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Шахно Е.А.);
 - Пути адаптации и установления саморегуляции замкнутой экосистемы (Юницкий А.Э., Налётов И.В., Заяц В.С.);
 - Роль почвы в циркуляции макро- и микроэлементов между живыми организмами в изолированных замкнутых экосистемах (Юницкий А.Э., Налётов И.В., Заяц В.С.);
 - Разработка состава почвогрунта для замкнутой экосистемы в космическом пространстве (Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Парфенчик М.М., Бойко Е.Г.);
 - Применение реликтовых археобактерий как потенциальных микробиологических объектов в замкнутых экосистемах (Верещак С.Н., Парфенчик М.М.);
 - Потенциал использования целлюлозолитических микроорганизмов для биодеградации твёрдых бытовых отходов (Юницкий А.Э., Соловьёва Е.А., Парфенчик М.М.).
- Перечисленные исследования открывают перспективу их в высочайшей степени эффективного применения в земных условиях – для борьбы с опустыниванием, а также для восстановления истощённых территорий, превращения вредных отходов добывающих и перерабатывающих

производств в полезные продукты. Особого внимания заслуживает реализация концепции замкнутых производственно-экологических циклов.

Мне, как представителю систематического креативного проектного направления – ТРИЗ, видится уместным подчеркнуть соответствие ведущейся деятельности классическому конструктивному ТРИЗ-методу «Превратить вред в пользу».

О концепции общепланетарного транспортного средства

Наступило время, когда невероятный проект А.Э. Юницкого – изобретение самовозносящегося транспортного ротора, опоясывающего земной шар по экватору и раскрытого до первой космической скорости, стал содержанием проектно-исследовательской работы под руководством автора этой идеи.

В сборнике анализируются сложнейшие препятствия техногенного и природогенного характера на пути построения и индустриальной космической цивилизации, и общепланетарного транспортного средства, необходимого для материальной коммуникации между космическим ожерельем и планетой.

Вопросы, обозначенные авторами публикаций, никогда ранее не обсуждались в истории инжиниринга и обусловлены масштабом и сложностью поставленной проблемы и цели индустриализации ближнего космоса без массового применения ракетной концепции. В этом состоит пионерская новизна ведущихся работ, всесторонне обоснованных специалистами в материалах конференции.

Из представленных материалов выделяются статьи, новаторские по постановке задач и анализу решений:

- Водные океанические участки с плавучей эстакадой общепланетарного транспортного средства (Юницкий А.Э., Артюшевский С.В.);
- Прохождение эстакады общепланетарного транспортного средства через горы в Южной Америке и Африке (Юницкий А.Э., Бык В.В., Жарый С.А.);
- Создание математической модели общепланетарного транспортного средства с оптимизацией положения и учётом влияния динамических факторов (Юницкий А.Э., Шаршов Р.А., Абакумов А.А.);
- Особенности функционирования маховичного движителя общепланетарного транспортного средства и общие требования к нему (Юницкий А.Э., Бабаян А.В.);

- Использование водорода в космосе: прошлое, настоящее, будущее (Юницкий А.Э., Василевич В.В., Лукша В.Л.).

Предложения

По опыту рецензента, представляется важной и актуальной необходимостью закрепления исторического и цивилизационного приоритета А.Э. Юницкого в выдвигании идеи индустриализации ближнего космоса на основе его изобретения – общепланетарного транспортного средства в виде экваториального ротора, способного подниматься в космос и опускаться на Землю, неся полезную нагрузку, и которому следовало бы дать надлежащее название, подчёркивающее первенство и авторство А.Э. Юницкого, например «Ротор Юницкого».

С целью признания интеллектуального права и исторического приоритета идей А.Э. Юницкого в том числе и в создании околоземной космической обитаемой и индустриальной цивилизации, предлагается закрепить за тем, что называется сейчас ожерельем, другое, менее банальное и более достойное название, например «Цивилизация Юницкого» или, попроще, «Кольцо Юницкого». Естественно, при этом необходимо различать значение терминов «ротор» и «кольцо»; на английском, соответственно, – rotor и ring.

Заключение

Сборник имеет большое значение. Безусловно, он послужит привлечению внимания и интереса мирового инжиниринга и других сообществ к проблемам и перспективам безракетной индустриализации ближнего околоземного космического пространства.



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

Первая конференция, посвящённая теме, объединяющей доклады данного сборника, состоялась в г. Гомеле 26–28 апреля 1988 г. Я жил в этом городе с 1972 г., работал техником, инженером, позже – ведущим инженером дорожно-строительного треста. Образно говоря, укладывал асфальт. А по вечерам и выходным занимался дорогами иного рода – геокосмическими. Основные концептуальные моменты общепланетарного транспортного средства (ОТС) были продуманы и рассчитаны мной именно в то время, в Гомеле. Затем я развивал эту идею и продолжаю её совершенствовать на протяжении всей своей жизни.

Главный мотив моей научной, общественной и инженерной деятельности – предотвращение глобальной катастрофы, к которой неуклонно движется наша земная человеческая цивилизация, избравшая технократический (индустриальный) путь развития. Суть нависшей над нами угрозы – невозможность примирения мёртвой техносферы (созданной людьми в течение нескольких последних столетий революционного совершенствования инженерных технологий) с живой земной биосферой (созданной всей земной жизнью в течение многих миллиардов лет эволюционного развития).

Техносфера и биосфера занимают на планете одну и ту же пространственную нишу. Индустрия, также, как и любой живой организм, потребляет минеральные ресурсы из одного источника и туда же направляет отходы. Отработанные промышленными технологиями вещества не включаются в сложившийся на планете природный биосферный круговорот, поэтому они неизбежно, как чужеродные и недружественные, загрязняют окружающую среду и ведут к её уничтожению. Последствия этого опасного процесса мы можем наблюдать повсеместно. Самые яркие его проявления – сокращение биоразнообразия, ухудшение качества пищи, воды и воздуха, снижение плодородия почв, распространение пандемий. Если ничего не менять, то ситуация продолжит усугубляться, и через два-три поколения цивилизация достигнет точки невозврата. Перед общечеловеческим социумом будет открыт только один путь – к совместной с биосферой деградации и последующей гибели. Альтернативный сценарий – вынос вредоносной части индустрии на околоземную орбиту, за пределы земной биосферы, где технологические процессы не окажут пагубного воздействия ни на биосферу, ни на окружающую космическую среду, так как в космосе нет жизни.

Для того чтобы реализовать индустриальный выход в космос земной цивилизации в масштабах, позволяющих обеспечить все запросы человечества, нужно решить соответствующую геокосмическую транспортную задачу.



Необходимо реализовать возможность ежегодно перевозить (причём эффективно и экологически чисто) сотни миллионов тонн грузов по маршруту Земля – Орбита – Земля. Существующие и перспективные геокосмические транспортные системы не способны на подобное в принципе.

Из теоретически возможных инженерных систем с требуемыми объёмами перевозок справится только общепланетарное транспортное средство, не имеющее равных по грузоподъёмности, энергоэффективности и экологической чистоте. За один рейс ОТС доставит на орбиту до 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров, что на несколько порядков больше гипотетически вероятного провозного потенциала космического лифта, систем с электромагнитными ускорителями и др.

Если рассматривать в данном отношении ракеты, то они крайне затратны, непродуктивны и к тому же чрезвычайно вредны для земной природы. Их общеэнергетический КПД – всего около 1%. На сегодняшний день ракеты за год отправляют в космос максимум 1000 тонн грузов по цене значительно более 1 млн USD за тонну. Разумеется, этот вид транспорта, традиционно предлагаемый в качестве основного инструмента освоения Вселенной, является совершенно непригодным для выполнения поставленной задачи по широкомасштабной индустриализации космического пространства.

Индустриализация космоса при помощи ракет невозможна, даже если допустить в будущем их многократное

использование и увеличение количества запусков. Последствия от подобных действий сами по себе могут разрушить планетарную экологию. Ведь каждый старт тяжёлой ракеты-носителя (при доставке всего лишь десятка тонн грузов на орбиту) уничтожает более миллиона тонн озона и делает в озоновом слое нашей планеты «дыру» размером с большую европейскую страну (такую, как Франция). А между тем именно в этом слое атмосферы поглощается значительное количество губительного для жизни ультрафиолетового излучения и формируются погода и климат планеты.

Общепланетарное транспортное средство – это авторская разработка, представляющая собой тороидальную конструкцию, опоясывающую Землю в плоскости экватора. ОТС приводится в действие за счёт движения ротора линейного электродвигателя по специальному вакуумному каналу, расположенному в сердцевине тора, который имеет поперечный размер в несколько метров. Выход ОТС на орбиту осуществляется благодаря центробежной силе, возникающей при вращении линейного ротора вокруг планеты в плоскости экватора, а также за счёт сил, формирующихся при запуске второго ротора в направлении, обратном направлению движения первого ротора, в результате чего корпус ОТС выходит на круговую экваториальную орбиту с первой космической скоростью.

Если в 1988 г. общепланетарное транспортное средство существовало лишь в воображении и рукописях автора, а также в ряде статей, размещённых на страницах

всесоюзных научно-популярных журналов, то сегодня объём информации, а соответственно, и степень проработанности темы значительно увеличились. В 1995 г. увидела свет моя научная монография «Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе». В издании приводится всестороннее теоретическое обоснование необходимости и возможности реализации предлагаемой программы.



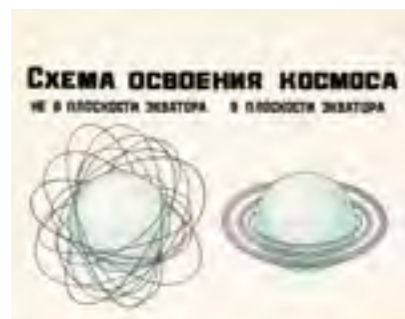
Кроме того, с применением математического инструментария в монографии рассмотрены вопросы, касающиеся динамики выхода ОТС в космическое пространство, маневрирования ротора с целью обхода объектов, движущихся в экваториальной плоскости; обозначены проблемы создания ускорителя для разгона ротора; дана оценка параметров разогрева ротора и др.

В общей сложности мне, непризнанному одиночке-изобретателю в области неракетных транспортных систем (хотя и ставшему в 1986 г. членом Федерации космонавтики СССР), понадобилось несколько десятилетий, чтобы выйти на новый уровень проработки геокосмических технологий, достойный для второй международной конференции. И она состоялась в 2019 г. – II международная

научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты». Сборник докладов, изданный по результатам состоявшегося мероприятия, фиксирует очередной этап в развитии проекта.

Под моим руководством и при моём финансировании был создан коллектив энтузиастов и организована научная и инженерная школа, занимающаяся решением вопросов безракетного освоения космоса. Общими творческими усилиями начато претворение в жизнь предложенной мной ещё в 1980-х годах программы «ЭкоМир».

Хотя первую и вторую конференции разделяет 31 год, это не означает отсутствие активной деятельности по программе в обозначенный период. За данное время была воплощена очень важная её «приземлённая» составляющая – Струнный транспорт Юницкого (СТЮ, или UST). Это ещё один мой авторский проект: предварительно напряжённая рельсо-струнная эстакада и юнимобили – рельсовые электромобили на стальных колёсах.





Идея рельсо-струнной несущей конструкции возникла в процессе работы над ОТС при проектировании взлётно-посадочной полосы, опоясывающей планету по экватору. Если для строительства экваториальной транспортной эстакады, проходящей как по суше (в том числе через многокилометровые горы), так и по океану (преодолевая его многокилометровые глубины), использовать традиционные решения, то этот проект станет неподъёмным даже для мировой экономики и по ресурсоёмкости, и по стоимости. Я был вынужден искать альтернативу, чтобы уменьшить капитальные затраты на эстакаду длиной 40 000 км – самое грандиозное по своим масштабам строительное сооружение за всю человеческую историю.

Мною было предложено инновационное решение, позволяющее существенно снизить ресурсоёмкость и капитальные затраты за счёт предварительного продольного натяжения основных элементов линейной конструкции – подобно технологии возведения вантовых мостов. Несущие канаты (струны) можно разместить не снаружи, а внутри рабочей поверхности взлётно-посадочной магистрали.

В таком случае она станет на порядок легче и дешевле, не потеряв прочность, сохранив ровность и устойчивость к внешним воздействиям – землетрясениям, ураганам и морским течениям.

Поскольку организация геокосмических перевозок в планетарном масштабе требует равномерного распределения полезной нагрузки по всей длине ОТС, то пассажиров и грузы необходимо на Земле, ещё до старта, развозить вдоль экватора. При данном подходе взлётно-посадочную эстакаду ОТС следует использовать для обустройства на ней наземного рельсового транспорта, что и продемонстрировано в Струнном транспорте Юницкого.

Так СТЮ стал наземной составной частью общепланетарной геокосмической системы. Более того, новый вид эстакадного транспорта я начал рассматривать и в отдельности от предлагаемого проекта ОТС. СТЮ был преобразован в наземную транспортно-инфраструктурную технологию, способную решать широкий круг актуальных задач. Так сформировались идеи нового типа инфраструктурного строительства, в частности линейных городов, новой

энергетики (реликтовой солнечной биоэнергетики) и даже нового сельскохозяйственного производства, сосредоточенного в пешеходных кластерах линейных городов.

Оказалось, что струнные транспортные технологии обладают большим набором преимуществ по сравнению с традиционными коммуникационными технологиями – железнодорожными, автомобильными, авиационными и морскими. И даже перед ракетными технологиями: ОТС, выступающий в качестве альтернативы ракете, на всех этапах выхода в космос и возвращения обратно на Землю является (как и СТЮ) растянутой (струнной) конструкцией. Благодаря этому данный линейный летательный аппарат протяжённостью 40 000 км сохраняет продольную и поперечную устойчивость.

Струнный транспорт характеризуется максимальным уровнем безопасности, высокой скоростью движения

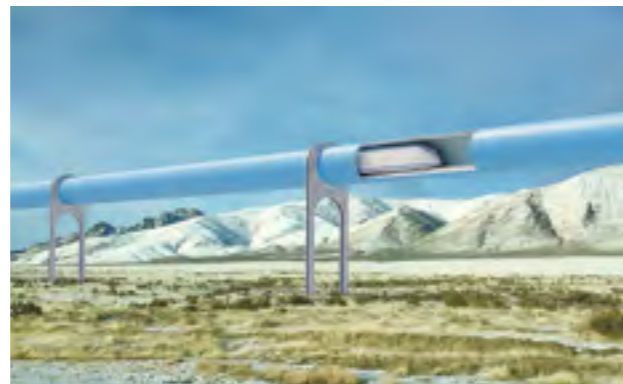
и оптимальным комфортом перевозок, а также адаптивностью к рельефу и устойчивостью к любым экстремальным погодно-климатическим воздействиям. Кроме того, СТЮ отличает дружелюбность по отношению к окружающей среде за счёт поднятия ажурной путевой структуры (не дающей даже тени) над поверхностью земли. Эти уникальные характеристики исключают нарушение сложившихся на планете природных биогеоценозов; примерно в 100 раз сокращают площади отчуждения почв в местах прокладки эстакадных дорог; устраняют риск столкновения с посторонними объектами на пути следования юнимобилей.

Созданию и развитию струнного транспорта – одной из основных инженерно-технологических составляющих программы «ЭкоМир» – и было посвящено моё время между первой и второй конференциями. На сегодняшний день данный этап в основном можно считать завершённым.



На базе струнного транспорта, как наиболее оптимального решения для наземных перевозок, мною также разработана концепция линейных городов, представляющая собой новую, более эффективную во всех отношениях модель распределения на планете жилых и производственных комплексов. Линейные города – это сеть кластеров различного назначения, соединённых эстакадными транспортными системами Юницкого. Высокоскоростной струнный транспорт (в атмосфере – до 600 км/ч, в форвакуумных туннелях – до 1500 км/ч) обеспечит превосходные показатели транспортной доступности между промышленными, жилыми и иными территориями. Жилые зоны – полностью пешеходные, так как имеют размеры длины и ширины порядка 1 км, что позволяет размещать в пределах шаговой доступности пассажирские станции городского СТЮ (скорость движения до 150 км/ч).

Жилые дома расположены в логике горизонтального небоскрёба. Один этаж является жилым; цокольный этаж предназначен для разведения мелких домашних животных, рыбы, а также грибов. Верхний этаж – оранжереи и теплицы для выращивания овощей и фруктов. Нежилые помещения соединены по всей длине кластера с целью централизованного обслуживания. Канализационная система устроена таким образом, что все органические отходы перерабатываются на месте в живой плодородный гумус; затем он вносится в почву оранжерей и приусадебных участков.



Структура линейного города включает в том числе реликтовые солнечные биоэлектростанции. Они производят энергию из бурого угля, который полностью, как и продукты его сгорания, используется для получения гумуса в биореакторах с помощью специализированных сообществ микроорганизмов. Тепло и углекислый газ, выделяемые при сжигании угля, будут направлены на питание выращиваемых в теплицах растений, а также для их обогрева в холодном климате и охлаждения при жарких погодных условиях. Таким образом, внесённый в почву гумус, полученный в качестве отхода производства энергии, существенно увеличит её плодородие до уровня тучного чернозёма без применения химических удобрений, пестицидов, ядохимикатов и генетически модифицированных растений.



В перспективе планируется производить больше сельскохозяйственной и животноводческой продукции, чем необходимо для обеспечения потребностей жителей кластеров. Её избыток можно продавать на внешнем рынке, что принесёт дополнительные средства, а значит, позволит сократить, например, стоимость жилой площади и коммунальных услуг.

Центральную роль в воплощении программы «ЭкоМир» должен сыграть экваториальный линейный город, который станет базой для реализации и функционирования общепланетарного транспортного средства, а далее – для создания и развития космической индустрии на околоземных экваториальных орбитах. Такой город планетарных масштабов окупаем уже на этапе строительства, так как он будет гармонично включён в мировую жилую и производственную инфраструктуру.

Со временем данное решение приведёт к увеличению эффективности грузовых и пассажирских потоков на трансконтинентальных и трансокеанских маршрутах. Кластеры в экваториальном линейном городе планируется возводить преимущественно на суше. Они могут быть построены также и на море, например на его шельфе, куда без особых затрат будет доставлена почва, предназначенная для выращивания овощей и фруктов на крышах и этажах зданий, как дополнение к аквакультурным пищевым продуктам.

Разработка и строительство общепланетарного транспортного средства придаст мощный импульс развитию науки, промышленности, энергетики, сельского хозяйства, общепланетарной инфраструктуры и мировой экономики в целом. Индустриализация космического пространства

откроет доступ к неисчерпаемым космическим ресурсам (сырьевым, энергетическим, пространственным, технологическим) и позволит решить экологические проблемы на Земле, обеспечив устойчивое эволюционирование нашей цивилизации на тысячелетия вперёд.

Космическое индустриальное ожерелье, созданное вокруг нашей планеты в ближнем космосе (вместе с заводами, фабриками и ЭкоКосмоДомами, где в максимально приближённых к земным условиям смогут проживать обслуживающие промышленность астроспециалисты), станет плацдармом для защиты Земли от космических угроз, в том числе метеоритных, а также плацдармом для последующей экспансии человечества в дальний космос.

Доклады, собранные в предлагаемом вашему вниманию издании, – это очередной шаг на пути реализации программы «ЭкоМир», ориентированной на установление гармонии между построенной человеком-инженером техносферой и созданной всей земной жизнью биосферой. Рассматриваемые в статьях проблемы, поднимаемые авторами вопросы и обозначенные направления дальнейших исследований нацелены на решение общей задачи – спасение нашей технократической цивилизации от катастрофы, очертания которой всё более и более отчётливо вырисовываются на горизонте грядущей истории человечества.

А.Э. Юницкий,
генеральный конструктор
ООО «Астроинженерные технологии»
и ЗАО «Струнные технологии»



Вступительное слово А.Э. Юницкого, председателя оргкомитета III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты»



III международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты», как и предыдущее мероприятие 2019 г., проходит в окружении живописной белорусской природы на территории Крестьянского (фермерского) хозяйства «Юницкого». Несмотря на пандемию коронавируса, здесь всё стало ещё краше, так как полным ходом идут эксперименты по улучшению биogeоценоза, флоры и фауны окружающей живой среды природными технологиями – без использования химических удобрений, ядохимикатов, генетической инженерии и геномной модификации. Эти технологии применимы и в будущем для заселения орбитальных ЭкоКосмоДомов, где станут жить и работать миллионы человек, обслуживающих космическую составляющую земной индустрии.

Глобальные проблемы современности и вопросы устойчивого развития человечества всегда волновали прогрессивные умы. Однако наше завтра нельзя достоверно спрогнозировать, не проанализировав посредством инженерной логики всю историю становления земной технократии, кардинально отличающейся от чисто биологической цивилизации, например цивилизации дельфинов.

Я, как инженер, насчитал пять технологических эпох. От первой, когда древние инженеры изобрели огонь и с его помощью стали готовить пищу, до нынешних дней, когда в качестве альтернативы грядущей гибели нашей цивилизации на родной планете предлагается освоить чужой и далёкий Марс.

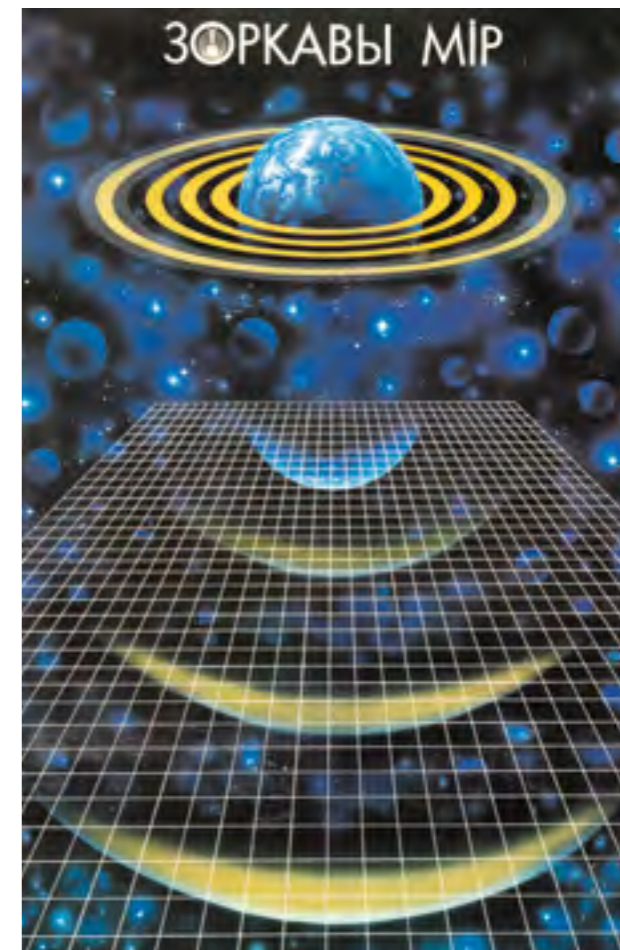
Разграбив, загадив, отравив и убив свой родной дом, нас принуждают построить новый там, где нет биосферы земного типа и где люди погибнут по историческим меркам мгновенно.

Мной введено понятие «цивилизационная техногенная развилка», согласно которому сегодня у человечества действительно есть выбор. Либо через два поколения прийти к точке невозврата, к своей деградации, угасанию и гибели. Либо осуществить неракетную индустриализацию ближнего космоса и решить все экологические проблемы на Земле, превратив планету в цветущий сад, в котором комфортно и безопасно смогут жить и трудиться до 25 млрд человек.

В 1989 г., более 30 лет назад, по заказу Советского фонда мира Гомельский Центр научно-технического творчества молодёжи «Звёздный мир», созданный и возглавляемый мною, подготовил программу спасения нашей техногенной цивилизации. Я назвал эту программу «ЭкоМир» – т. е. экологически чистый мир, понимая экологию с позиции биосферы нашей родной планеты, а не с позиции человека-эгоцентриста, который ведёт себя примерно так же, как и плесень в чашке Петри.



**Именно человек разумный,
благодаря своему
инженерному интеллекту,
должен остановить скатывание
цивилизации в пропасть
и осуществить перезагрузку
земной индустрии
на космический вектор развития.**





Известно, что, съев ограниченные ресурсы и загадив ограниченное пространство отходами своей жизнедеятельности, плесень неизбежно погибает.

Всё это я осознал очень чётко тремя годами ранее, в 1986 г., когда взрыв на Чернобыльской атомной электростанции накрыл радиоактивным облаком мою родную деревню Крюки в Брагинском районе Гомельской области, что находится на расстоянии всего 7 км от эпицентра произошедшей катастрофы. Возможно, там сейчас самое сильное локальное заражение радионуклидами в мире – уровень радиации на этом клочке земли (я сам замерял) в 10 раз выше, чем в остальной зоне отчуждения.

Тогда же мне стало абсолютно ясно, что такова участь не только моей малой родины, но и моей большой Родины – планеты Земля. Я понял, что у нас осталось совсем мало времени для спасения планеты – 40–50 лет отделяют человечество от точки невозврата, когда уже никто

и ничто не сможет спасти земную цивилизацию от техногенного тупика.

Уже в то время я постиг: на самом деле наш дом – не сама планета, а её биосфера. И даже не вся биосфера, а лишь её слой толщиной где-то в 50–100 м – от кончиков корней деревьев до их верхушек. Это – тончайшая плёнка на поверхности небесного тела по имени Земля, толщиной всего в одну сотысячную от её размера, очень ранимая и чувствительная к грубым воздействиям, как, впрочем, и более толстая кожа любого другого живого существа.

Мы не живём в остальной части земного шара, т. е. в фундаменте нашего большого дома – ядре, магме или земной коре. Мы поселились на коже живой планеты, на плодородном слое почвы толщиной всего 20–30 см, где, собственно, создаётся живое биосферное вещество и кишит основная жизнь. Относительная толщина этого слоя и вовсе микроскопическая – менее одной десятиллионной от диаметра Земли.

И мы, современное человечество, ведём себя здесь не как желанный сожитель истинных хозяев – миллионов видов живых организмов, имеющих миллиарднолетнюю эволюцию, а как временщик – опасный паразит или, в лучшем случае, незваный гость. Более того, человек своей деятельностью рискует добиться, что в любой момент он может быть изгнан из этого большого биосферного дома истинными хозяевами за нарушения правил общежития, и пандемия коронавируса – одно из очередных предупреждений всем нам.

Усилиями участников III конференции программа «ЭкоМир» будет доработана, так как за прошедшие десятилетия в мире произошло много событий и техногенных катастроф, в том числе продолжается прогрессирующее ухудшение экологии и генофонда биосферы, виной которых стал человек. И именно человек разумный, благодаря своему инженерному интеллекту, должен остановить скатывание цивилизации в пропасть и осуществить перезагрузку земной индустрии на космический вектор развития.

В заключительной части нашего мероприятия предлагается обсудить программу «ЭкоМир», внести дополнения, уточнения и утвердить её решением конференции. Вернее, не утвердить, а переутвердить, так как за прошедшие три десятилетия инженерная суть программы не изменилась: вынесение индустрии в космос с помощью общепланетарного транспортного средства; создание космического индустриального ожерелья в плоскости экватора на низкой круговой орбите и экваториального линейного города на планете со взлётно-посадочной эстакадой для масштабных геокосмических перевозок по маршруту Земля – Ближний космос – Земля.





Приветственное слово Хуссейна Аль Махмуди, главного исполнительного директора Американского университета Шарджи (AUS Enterprises)



Несколько лет назад я впервые узнал о проекте общепланетарного транспортного средства (ОТС) доктора Анатолия Юницкого. Его идея сразу же впечатлила меня своей футуристичностью и размахом. На мой взгляд, такие качества, как умение мыслить нестандартно и открывать новые грани нашей Вселенной, присущи именно настоящим исследователям и изобретателям. Уверен, что концепция безракетного освоения космоса принесёт пользу учёным, бизнесменам, студентам, которые нацелены на фундаментальные новации и глубокое познание мира. Я призываю инвесторов, специалистов из разных областей деятельности, учащихся вузов серьёзно подумать о всех мыслимых и немыслимых оригинальных способах решения насущных проблем на Земле. Мы рады, что научно-исследовательский технологический и инновационный парк Шарджи поддержал конференцию-2020. Считаю, что данное мероприятие – платформа для сотрудничества различных заинтересованных сторон и открытия новых преимуществ, предоставляемых Вселенной. Мы верим в глобальный мир. Необходимо, чтобы люди из многих уголков земного шара участвовали в обсуждении и решении первостепенных для человечества задач и проявляли себя в тех разработках, которые понадобятся в будущем молодому поколению и обществу в целом.

Убеждён, что современная цивилизация способна создать ОТС. На мой взгляд, всегда следует начинать с идеи. Великая значимость проводимой конференции заключается в том, что у людей имеется возможность обстоятельно изучить анонсированный проект и обсудить его

”

Мы, человеческая раса, умеем воспринимать и продвигать новаторские созидательные концепты, которые сегодня кажутся не совсем реалистичными, однако со временем вполне осуществимы.

дальнейшее развитие. Важно, чтобы у нас были открытые инновации. Для тщательного рассмотрения предложенных программ стоит привлекать широкую специализированную аудиторию из частного бизнеса, инвестиционных компаний, различных сообществ.

Мы, человеческая раса, умеем воспринимать и продвигать новаторские созидательные концепты, которые сегодня кажутся не совсем реалистичными, однако со временем вполне осуществимы. ОТС является подобного рода проектом: возникнув из идеи, оно в итоге станет продуктом, направленным на спасение человечества и нашей Вселенной.



ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ХУССЕЙНА АЛЬ МАХМУДИ,
главного исполнительного директора Американского университета Шарджи (AUS Enterprises)



Приветственное слово Лембита Опики, председателя Парламента Космического Королевства Асгардия



Приветствую вас, коллеги! Я первый председатель Парламента уникального государства – Космического Королевства Асгардия. Его зарождение, как и формирование исключительной космической нации, базируется на основе дальновидной концепции учёного, доктора технических наук и главы страны Асгардии Игоря Ашурбейли. Вышесказанное означает, что космос – моя жизнь, моя миссия и моё вдохновение.

Я уверен, что человечеству по плечу преодоление любой проблемы и совместными усилиями многого можно достичь. Подобно Асгардии, III международная научно-техническая конференция решает глобальную задачу – как сделать следующий, естественный и логический шаг на пути прогресса цивилизации, направив вектор нашего развития за пределы Земли.

Сейчас самое подходящее время для обсуждения безракетной индустриализации ближнего космоса, и именно тех проблем, идей и проектов, которые будут способствовать претворению задуманного в реальность.

С детских лет я интересуюсь всё, что может летать. В своё время очень впечатлился космическими кораблями серии Apollo. Мне исполнилось четыре года, когда впервые в истории человечества было осуществлено приземление на Луну: в июле 1969 г. это сделали Нил Армстронг и Базз Олдрин. Помню свои непередаваемые ощущения и особую гордость за состоявшееся великое событие. Хотя мотивация высадки на естественный спутник Земли являлась политической, достижение этой значимой цели всё равно воодушевляло.

До сих пор нет ничего мощнее Saturn V. Старт этой сверхтяжёлой ракеты-носителя – классическая демонстрация изобретательности людей и их способности решать глобальные проблемы, работая вместе и фокусируясь на определённых задачах.



ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ЛЕМБИТА ОПИКА,
председателя Парламента Космического Королевства Асгардия



Общепланетарное транспортное средство та вдохновляющая инициатива, которая даёт ответ на вопрос, как сделать космос доступным, а сообщение с ним – устойчивым и безопасным.

Стоит также вспомнить, что Apollo 11 совершил свой исторический полёт всего через 66 лет после того, как братья Райт впервые сумели поднять летательный аппарат в воздух, используя двигатель. Перед нами показатель потрясающего темпа прогресса, который помогает осознать, что за одну среднюю продолжительность жизни человека многое возможно.

На фоне стремительного развития, отмеченного в период 1903–1969 гг., вызывает недоумение его сравнительное отсутствие в 1969–2020 гг. В разгар реализации лунной программы было бы разумно предположить, что вскоре начнёт широко внедряться постоянное проживание на Луне и мы перейдём от достаточно ресурсоёмкого использования ракет к другому, более элегантному и менее дорогостоящему способу выхода на орбиту. На самом же деле наука не только не продвинулась вперёд, но даже пошла в обратном направлении.

Конечно, пусковые системы, такие как серия «Сокол», очень впечатляют в контексте их ракетных технологий, однако это всё те же ракеты. Другими словами, мы продолжаем помещать людей и грузы поверх бомб, наполненных топливом, и заставляем их подниматься в космос.

Любой, кто видел взлёт ракеты и чувствовал мощь машины, когда она пробивает себе путь сквозь атмосферу и улетает в бесконечный космос, поймёт, о чём идёт речь. Я присутствовал на запуске Gemini, который состоялся в 1966 г. (подробностей не помню, потому что мне был всего один год). Тем не менее понимаю, что полёт Gemini имеет много общего с воздушными стартами, происходящими и сейчас, спустя более 50 лет.

Система Space Shuttle являлась попыткой найти творческую альтернативу ракетам. Между тем новая концепция оказалась временной мерой, и США, похоже, отказались (по крайней мере, пока) от использования многоэтажного

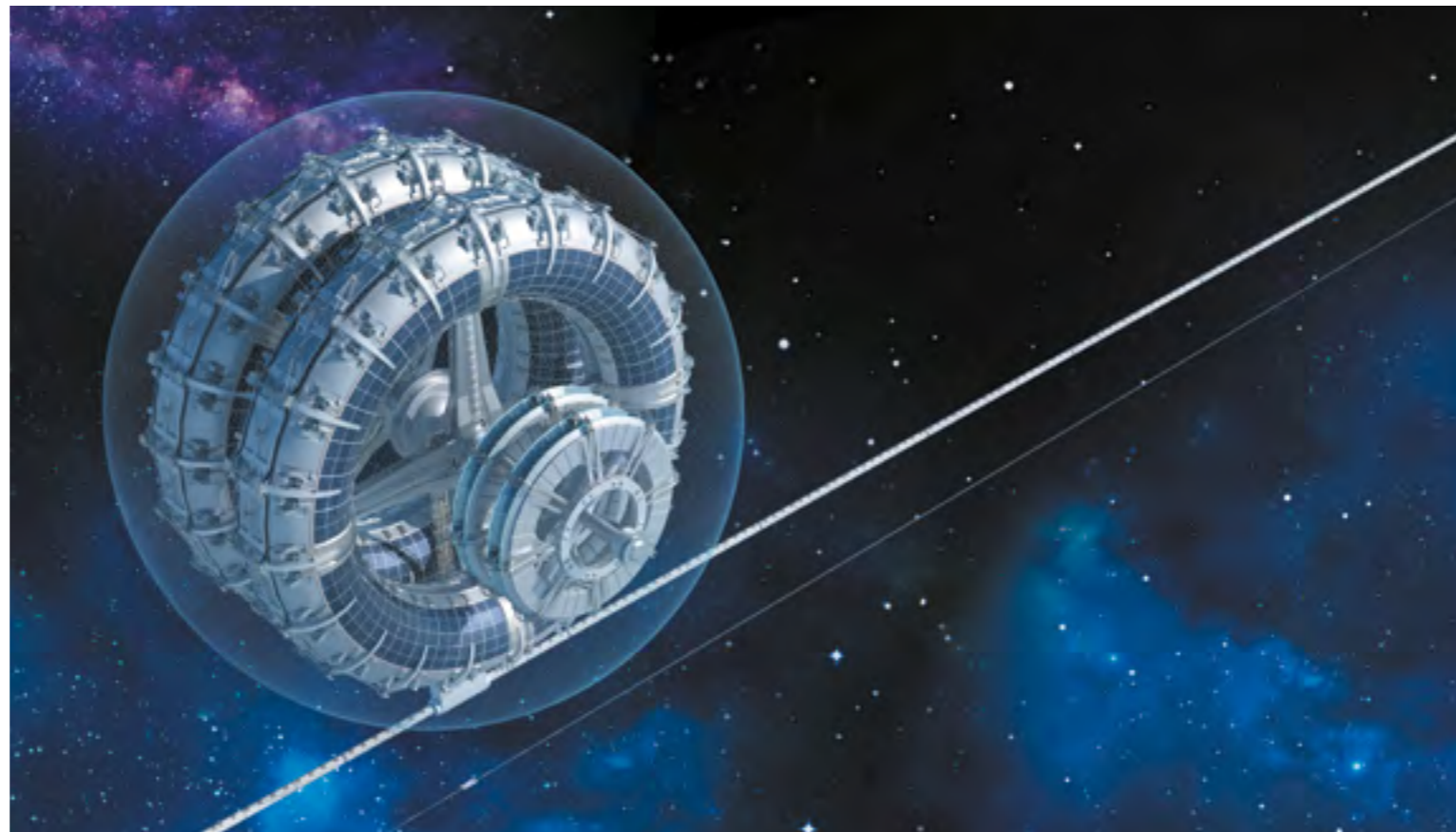
космического летательного аппарата. Вместо неё американцы опять стали запускать многоразовые ракеты. Такое решение естественно, но не настолько всеобъемлюще и прорывно, как большинство из нас ожидает в XXI в. Стоимость вывода людей и грузов на орбиту всё ещё составляет тысячи долларов за килограмм. Особо дорогостоящим оказывается масштабное строительство космической инфраструктуры. К сожалению, не наблюдается высокой динамики в этом направлении.

Индустриализация космоса – не просто хороший проект. Он затрагивает судьбу всего человечества. Как председатель Парламента Космического Королевства Асгардия, я убеждён, что мы должны построить самодостаточные, большие космические поселения, где сможет комфортно жить и прирастать население, где будут создаваться рабочие места и рождаться великие идеи. Мы оказались свидетелями прогресса человечества здесь, на Земле, с устойчивыми и взаимосвязанными сообществами по всему миру.

Я поддерживаю организованную уже третий раз конференцию по безракетной индустриализации ближнего космоса, потому что мы должны вывести бизнес в космическое пространство и определить устойчивый и самокупаемый путь за пределы Земли. Единственный способ реализовать представленную программу – отказаться от ракет и обратить внимание на новые технологии, действительно содействующие формированию финансово и логистически перспективной внеземной индустрии в промышленном масштабе.

В моём офисе висит большой постер с общепланетарным транспортным средством (ОТС). Это именно та вдохновляющая инициатива, которая даёт ответ на вопрос, как сделать космос доступным, а сообщение с ним – устойчивым и безопасным.

Я слышал об ОТС прежде. Идея о его создании впервые выдвинута инженером Анатолием Юницким несколько десятилетий назад. В 1980-х годах теоретически можно было построить геокосмический транспортный комплекс, однако, по моему мнению, техническая и научная базы тех лет усложняли данную задачу. Современная наука и инновации представляются более готовыми к воплощению грандиозного замысла. Сейчас осуществить его легче и проще: у нас имеется доступ к лучшим материалам, производственным системам и вычислительным мощностям. Именно по этой причине мои сегодняшние мысли отнюдь не о потенциальных возможностях. Теперь я спрашиваю: как мы задуманное реализуем и когда начнём строить? Асгардия нуждается в подобном проекте, потому что он обеспечивает главную потребность – организацию в космосе места для жизни большого количества людей.



В отличие от Международной космической станции, которая является исследовательским объектом для редких специалистов и никогда не станет досягаемой для многих, ОТС по-настоящему откроет человечеству космическое пространство, причём по приемлемой цене. Аналогично тому, как самолёт Boeing 747 сделал путешествие по миру (о чём ещё в 1920-х годах не приходилось и мечтать), так и ОТС позволит совершить гигантский скачок вперёд, способный принести исключительно положительный эффект. Любому, кто серьёзно относится к возможности жизни в космосе, стоит внимательно отнестись к предлагаемой концепции.

Сможем ли мы реализовать проект ОТС? Конечно! Я однозначно уверен, что построить ОТС технически проще, чем решить такие инженерные задачи, как создание ВАС/Aerospatiale Concorde, Ту-144 или высадка на Луну. Уже достигнутое показывает, что нам под силу и такой проект. Напоминаю: все три приведённых выше примера относятся к 1960-м годам.

Проблема, с которой мы сталкиваемся в настоящее время, заключается не в том, возможно ли это сделать, а в том, как это сделать. Да, существуют и другие варианты

реализации, в частности гибридные системы запуска, космические лифты и одноступенчатые системы вывода на орбиту летательных аппаратов. Многие из них действительно могут применяться на пользу ОТС, так что вопрос не сводится к выбору одного из них и игнорированию остальных.

Для меня озвученная идея предполагает принятие глобальных обязательств по проектированию инфраструктуры, которая обеспечит выполнение задач по конструированию Асгардии и объединению тех, кто поддерживает концепцию постоянного проживания человека и рождения детей в космосе. Считаю ОТС лучшим вариантом из всех возможных, когда-либо задуманных, и поэтому в моём офисе размещена именно красочная иллюстрация общепланетарного транспортного средства, а не какая-то иная.

Уже на современном этапе заметны очевидные предпосылки, способствующие реализации проекта ОТС. В данном случае ключевую роль играют расходы. Необходимо привлечь инвестиции – правительственные и частные. Понятно, что капитальные вложения окупятся только после запуска ОТС, точно так же, как Boeing 747 заработал миллионы для своих создателей только в период активной

эксплуатации. Я надеюсь, что Асгардия будет расти и жители нашего государства станут рассматриваться как потенциальные покупатели.

Для внедрения представленного глобального проекта сейчас важна техническая сторона. Моё предложение – перевести уже проделанную работу в небольшой масштабируемый пример, что наглядно показало бы материальность ОТС.

Главной задачей на сегодняшний день является формирование правильного понимания идеи: космос – место, куда допускаются не только олигархи и сверхдержавы; благодаря ОТС распахнутся двери Вселенной для всего человечества. Подобный подход может даже стать причиной отказа некоторых стран поддерживать такое начинание. Однако в любом случае им придётся открыть космическое пространство более широкому кругу людей, животных и растений. Рано или поздно это произойдёт. Как бы процесс недопустимо ни затягивался, но остановить его нельзя!

Для меня великая честь присутствовать на данной конференции в качестве почётного гостя. Уверен, что это станет началом продуктивных и вдохновляющих отношений между Асгардией, мной и теми, кто занимается продвижением ОТС.

Девиз Асгардии: «Одно человечество – одно единство». Сегодня я чувствую себя единым с вами. Как доктор Ашурбейли в своё время почувствовал потребность в формировании космической нации и создал её, так и мы видим необходимость поиска реального места для жизни действительно космической нации.

Мне посчастливилось встретить первого человека, ступившего на Луну, – Нила Армстронга, и последнего человека, побывавшего на лунной поверхности, – Юджина Сернана. Общепланетарное транспортное средство – врата для следующего мирного шага, от которого может зависеть сохранение человечества и сама жизнь в нашем уголке Вселенной.

Признателен, что позволили мне принять участие в этом удивительном путешествии. Человеческая цивилизация находится сейчас на пике развития, поэтому мы не только осмеливаемся предаваться мечтам, но и превращаем их в действительность. Современный мир способен реализовать ОТС. Если хотим что-то осуществить, то обязательно этого добьёмся. Я посвятил себя тому, чтобы пробудить наше сознание, наши индустриальные и экономические возможности, дабы совершить смелый шаг вперёд. Так давайте же действовать! Давайте построим ОТС и воплотим вдохновляющие идеи инженера Юницкого в реальность для всего человечества.



Глоссарий терминов и определений, упомянутых в сборнике

TransNet – глобальная коммуникационно-инфраструктурная наземная сеть на базе Струнных технологий Юницкого (СТЮ, или UST), включающая в себя транспортные, энергетические, информационные и иные линии и комплексы, отвечающая требованиям XXI в.

Биологическое равновесие – сохранение динамической стабильности в течение длительного времени природных комплексов (биогеоценозов), т. е. относительный баланс устойчивости видовой состава живых организмов, их численности и продуктивности.

Биоразнообразие – разнообразие жизни во всех её проявлениях, а также показатель сложности биологической системы, разнокачественности её живых компонентов. Биоразнообразию рассматривают на иерархических уровнях организации жизни, среди которых стоит выделить основные: молекулярно-генетический, организменно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

Искусственная атмосфера – специально подобранная смесь газов, обеспечивающая дыхание и газообмен у живых организмов в условиях их изоляции от окружающей среды, по качеству не уступающая земной атмосфере. Газовая составляющая пространства ЭкоКосмоДома – искусственная атмосфера.

Космический вектор индустриализации – глобальное перевооружение земной техносферы с целью устранения её антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли за счёт перемещения экологически вредных, энерго- и ресурсоёмких отраслей и предприятий в космос на низкие околоземные орбиты. Космический вектор индустриализации также предполагает модернизацию части индустрии, оставленной на Земле и функционирующей в биосфере, на основе экоориентированных технологий.

Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – обслуживающий земное человечество многоорбитальный транспортно-инфраструктурный и индустриально-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора, являющийся функциональным аналогом экваториального линейного города, размещённым в космосе, а также плацдармом для защиты от космических угроз (в том числе метеоритных) и платформой для экспансии земной цивилизации в дальний космос.

Линейный город – пешеходное городское поселение кластерного типа, поверхность земли в котором

предназначена для людей, животных и зелёных насаждений; застройка жилых, административных и индустриальных кластеров реализуется с использованием экоориентированных технологий EcoHouse; обеспечение электроэнергией и теплом осуществляется в соответствии с технологией EcoEnergy; снабжение продуктами питания взаимосвязано с технологией органического земледелия GreenWay. Транспортные, энергетические и информационные коммуникации размещены над землёй на «втором уровне» (эстакадное исполнение) согласно технологии СТЮ (UST). Линейные города отличают отсутствие антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли, высокая эффективность городского хозяйствования и его автономность, а также достойный уровень качества жизни и условий труда.

Общепланетарное транспортное средство (ОТС) – геокосмический летательный аппарат многоразового использования для безракетного индустриального освоения ближнего космоса, выполненный в виде опоясывающей Землю в экваториальной плоскости тора; обеспечивающий индустриальные грузо- и пассажиропотоки с Земли на околоземные экваториальные орбиты и обратно; основанный на единственно возможной (с позиций физики) экологически чистой и с минимальными энергозатратами геокосмической транспортной технологии.

Технологическая платформа EcoEnergy – генерация «зелёной» электрической и тепловой энергии с использованием:

- специально оборудованных теплоэлектростанций для экологически чистого сжигания бурых углей, сланцев и торфа с целью выработки живого плодородного гумуса из отходов их горения;
- возобновляемых источников энергии – энергии Солнца на Земле и в космосе, а также энергии ветра и морских течений;
- пары «водород – кислород» в качестве топливного аккумулятора для решения задач оптимизации энергетической отрасли планеты и космических перевозок.

Технологическая платформа EcoHouse – экоориентированное строительство на Земле жилых и производственных зданий и сооружений с открытым для внешней природной (биосферной) среды придомовым пространством, заполненным естественной и культурной (органическое земледелие) экосистемами, в которых атмосферные, почвенные и водные параметры регулируются природой.

Почва из-под зданий при их строительстве переносится на крыши и этажи, затем обогащается живым гумусом. Данное озеленение проходит сообразно принципу: «Любое строительство на планете – это увеличение площади плодородных почв и повышение их плодородия».

Технологическая платформа GreenWay – органическое земледелие в новой логике воссоздания и интенсификации природных биосферных процессов путём прямого заимствования и использования естественных природных почвенных экосистем со своими микрофлорой, микрофауной и биогеоценозом, а также в логике полного отказа от применения каких-либо синтетических химикатов (удобрений и средств защиты растений), технологий генной модификации и других элементов интенсивного земледелия.

Технологическая платформа «Струнные технологии Юницкого» (СТЮ, или UST) – строительство нового вида транспортно-инфраструктурных и энергоинформационных сетей TransNet, создаваемых на основе предварительно напряжённых (струнных) конструкций Юницкого. Предназначена для обеспечения всех необходимых коммуникационных связей между объектами (и континентами) на Земле; между объектами в ближнем космосе, движущимися по круговым экваториальным орбитам; между объектами на Земле и размещёнными в ближнем космосе.

Технологическая платформа «ЭкоКосмоДом» (ЭКД) – строительство в космосе сооружений с внутренним обитаемым пространством, изолированным от внешней агрессивной космической среды. Внутри ЭКД создана замкнутая экосистема земного типа, включающая искусственно полученную гравитацию, живую плодородную почву, флору и фауну (в том числе микрофлору и микрофауну) и атмосферу с регулируемыми параметрами (температуры, влажности и др.) для неограниченно длительного, автономного, экокомфортного проживания и деятельности как отдельных людей и их групп, так и многотысячных поселений на экваториальных орбитах планеты, а также в открытом ближнем и дальнем космосе.

Устойчивое развитие – «удовлетворение потребностей нынешнего времени, не подвергая угрозе возможность последующих поколений удовлетворять свои потребности» – это понятие сформулировано Международной комиссией по окружающей среде и развитию при ООН и положено в основу целей и принципов деятельности ООН.

Цивилизационная техногенная развилка – стадия развития техносферы, в момент достижения которой цивилизация оказывается перед исторически важным выбором двух потенциальных сценариев действий:

1) земная цивилизация продолжает ускоренно развивать традиционный техногенный вектор, ограничиваясь только размерами и ресурсами планеты. При этом потребление ресурсов кардинально не меняется, так как мировая экономика опирается на морально устаревшие и ресурсоёмкие технологии (в первую очередь – транспортно-логистические технологии столетней давности). Как следствие, точка невозврата от деградации, угасания и гибели человеческой цивилизации наступит примерно через два поколения (в третьей четверти XXI в.);

2) начало индустриализации ближнего космоса, получение доступа к его неограниченным ресурсам, бесконечному пространству, веществу и энергии, а также к новым технологическим ресурсам: невесомости, глубокому вакууму и космическим излучениям. Обязательное требование: используемые на планете неэффективные транспортно-инфраструктурные технологии, представляющие наибольшую угрозу для её биосферы, должны быть замещены более совершенными коммуникациями и экоориентированными технологиями.

Экваториальный линейный город (ЭЛГ) – земной компонент геокосмического транспортно-коммуникационного комплекса, на территории которого размещена взлётно-посадочная эстакада ОТС со всей инфраструктурой, необходимой для осуществления полётов ОТС и обслуживания глобальных геокосмических грузо-пассажирских потоков. Представляет собой гармонично вписанные в природную среду сухопутных и океанических участков планеты поселения кластерного типа, соединённые между собой трассами СТЮ (UST) и размещённые на полосе вдоль экватора.

ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) – земное сооружение, предназначенное для автономного и неограниченно длительного проживания человеческого поселения расчётной численности, во внутреннем замкнутом пространстве которого поддерживаются условия для развития экосистем, имеется совокупность необходимых для этого свойств биосферы планеты, а также моделируются дополнительные технологические процессы, гарантированно обеспечивающие потребности человека для существования (параметры атмосферы и среды обитания, пищевые ресурсы и др.). ЭКД-Земля является земной биосферной

моделью космического ЭКД в части создания и организации внутреннего пространства и всех соответствующих составляющих (биосферы, технологий, взаимосвязей процессов и др.) с замкнутым круговоротом вещества (живого и минерального), энергии и информации.

ЭкоМир – более совершенный мир, представленный триединством БиоМира, ТехноМира и ХомоМира, которые в совокупности образуют комплекс оптимальных условий для устойчивого роста и дальнейшего развития техногенной земной цивилизации в космическом направлении.

БиоМир – восстановленная и сбалансированная планетарная, открытая в космос биосферная экосистема, которая более не испытывает антропогенного угнетающего воздействия техносферы Земли и продолжает развиваться (эволюционировать) по законам земной природы. Включает:

- естественные и культурные (органическое земледелие) экосистемы на суше планеты, в том числе водные (озёра, реки и др.);
- океаническую, морскую и атмосферную экосистемы с возможностью экологически чистого управления извне погодой, климатом и иными системами планеты природными методами;
- растительный и животный мир сухопутных и водных экосистем (включая микрофлору и микрофауну) с сохранённым и ныне доступным их биоразнообразием;
- земное человечество, каждый индивидуум которого здоров и счастлив.

ТехноМир – вновь созданные индустриальные компоненты:

- земная индустрия, сформированная на основе новых экоориентированных технологий и состоящая только из необходимых человеку внутри биосферы Земли отраслей;
- космическая индустрия, включающая вынесенные за пределы биосферы Земли энергозатратные, ресурсоёмкие, экологически вредные и другие отрасли промышленности, которые в условиях космической технологической среды приобретают абсолютное конкурентное ценовое и качественное превосходство;
- геокосмический транспортный комплекс ОТС, обеспечивающий экологически чистую для земной биосферы транспортно-логистическую связь между

земными и космическими компонентами индустриального ТехноМира с грузо-, энерго-, инфо- и пассажирскими потоками индустриального масштаба.

ХомоМир – усовершенствованное мировое общественно-политическое устройство, основанное на консолидации международного сообщества вокруг единого управляющего центра, аккумулировавшего территориальный, финансовый, экономический, научный, кадровый, военный и политический потенциал всех стран-участниц. Это открывает путь к неисчерпаемым и доступным ресурсам космоса и на основе космоориентированной экономики земной техногенной цивилизации создаст новые социально-политические и экономические условия для максимально полной реализации целей устойчивого развития человечества, в том числе обеспечения социальной справедливости, равноправия, свобод, гармоничного развития, а также права каждого жителя планеты на достойную долгую и счастливую жизнь.

Экосистема – биологическая система (биогеоценоз), состоящая из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания (биотоп), а также системы связей, которая осуществляет обмен веществом и энергией между ними.



Техносфера 2.1 – перезагрузка земной индустрии на космический вектор развития

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

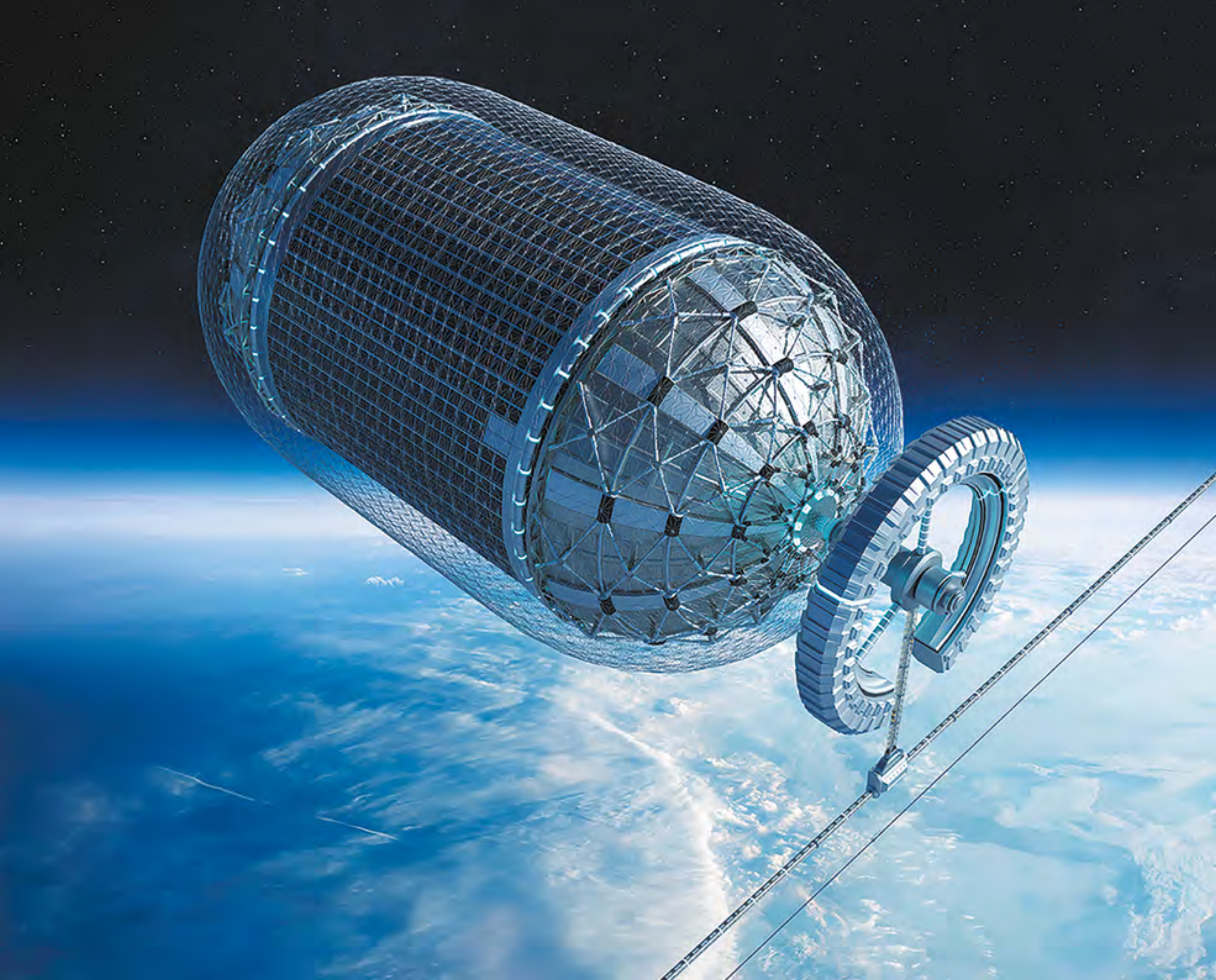
УДК 629.78



Вопросы глобальных проблем современности и устойчивого развития человечества всегда волновали прогрессивные умы. Однако наше будущее нельзя достоверно спрогнозировать, не проанализировав с помощью инженерной логики всю историю становления земной технократии, кардинально отличающейся от чисто биологической цивилизации, например цивилизации дельфинов. Автор статьи насчитал пять технологических эпох. От первой, когда древние инженеры изобрели огонь и с его помощью стали готовить пищу, до нынешних дней, когда в качестве альтернативы грядущей гибели нашей цивилизации на Земле предлагается освоить чужой и далёкий Марс. Разграбив, загадив, отравив и убив свой родной дом, нам предлагается построить новый там, где нет биосферы земного типа и где люди погибнут по историческим меркам мгновенно. Автор ввёл понятие «цивилизационная техногенная развилка», согласно которому сегодня у человечества действительно есть выбор. Или через два поколения прийти к точке невозврата, к своей деградации, угасанию и гибели. Или осуществить неракетную индустриализацию ближнего космоса, решить все экологические проблемы на Земле, превратив планету в цветущий сад, где комфортно и безопасно смогут жить и трудиться до 25 млрд человек.

Ключевые слова:

космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита»), линейный город, перезагрузка техносферы, общепланетарное транспортное средство (ОТС), Струнный транспорт Юницкого (СТЮ, или UST), техногенная цивилизация, техносфера 2.1, TransNet, цивилизационная развилка, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

Земная цивилизация не имеет опыта индустриального освоения ближнего космоса. Она не знает также достоверно и того, какой конкретно должна быть космическая индустрия, вплотную прилегающая к планете. Какую часть земной промышленности необходимо вынести в космос? Что должно производиться в принципиально новой космической технологической среде – в невесомости и вакууме; из какого сырья: земного или космического? Где будет находиться основной потребитель космической продукции: в космосе или на планете? Мы не знаем ответов на эти и другие вопросы, как не знаем и тот вектор развития, который определит наша цивилизация в будущем при промышленном освоении космоса [1].

Вектор технологического развития, избранный далёкими предками, нам не дано изменить ни сегодня, ни в будущем. Значит, техносферу, созданную земной цивилизацией, неизбежно придётся выносить за пределы нашего общего дома – биосферы планеты Земля. Ведь биосфера, населённая миллионами видов живых организмов, – даже не дом, а одна большая коммунальная комната, где нет видимых перегородок, которые смогли бы оградить и защитить её от техносферы. Биосфера и техносфера – антагонисты по своей сущности, занимающие одну и ту же нишу в пространстве и во времени. Следовательно, они должны быть разделены в пространстве, так как победа биосферы над техносферой будет означать, что человеческая техногенная цивилизация, основанная на инженерных технологиях, должна исчезнуть в будущем с планеты, а победа техносферы над биосферой неизбежно уничтожит человечество, её создавшее, а возможно, и саму жизнь на Земле.

Экологические ограничения, уничтожение и деградация земной биоты и плодородных почв, являющихся иммунной системой биосферы, разрушение озонового слоя, ежегодное безвозвратное исчезновение с планеты тысяч видов живых организмов, исчерпаемость невозобновляемых земных ресурсов (сырьевых, энергетических, пространственных), опасность перегрева атмосферы и глобальных изменений климата, а также другие биосферные вызовы в перспективе должны переместить основную часть материального производства с планеты, вернее – из её ограниченной по размерам, живой и уязвимой биосферы, в мёртвый бескрайний космос.

Человечество как биологический вид, подобно любому другому виду живых организмов на нашей планете, является продуктом примерно 4 млрд лет эволюции в уникальных и неповторимых природно-климатических условиях – земных. Нигде в нашей бескрайней Вселенной (в том числе на Луне, Марсе и Венере, а также в открытом



космосе – ближнем и дальнем) человек, созданный по земным лекалам в земной природно-климатической среде, не может быть обеспечен более высоким качеством проживания, чем в своём родном доме – земной биосфере. Именно поэтому главный потребитель будущей космической продукции – человечество – будет находиться на Земле, по выражению К. Циолковского, «в своей колыбели» [2].

В современной систематике биологический вид «Человек разумный» (лат. *Homo sapiens*) относится к роду «Люди» (лат. *Homo*) из семейства гоминид в отряде приматов класса млекопитающих [3]. Человек появился на планете и развивался в содружестве с другими людьми как член общества. Вне социума он не может существовать и совершенствоваться, а также удовлетворять свои материальные и духовные потребности.

Люди выросли из земной природы, созданной по законам физики – генетическому коду Вселенной. Миллиарды лет назад ввиду особенностей строения элементарных частиц, атомов и материи вообще, благодаря земной гравитации, земному составу и температуре воздуха, а также сложнейшему набору других специфических факторов



и появилась земная жизнь. Следовательно, человек – только ничтожно малая часть этой физической природы. Он должен подчиняться её законам, заботиться о ней, а не рубить сук, на котором сидит, – бороться с природой и уничтожать её. Именно содружество, единство и гармоничное сосуществование социальных и природных начал выступают непреложными условиями устойчивого развития человека, общества и цивилизации в целом.

Сейчас модными направлениями считаются нанотехнологии и цифровизация, появилось даже понятие «Четвёртая индустриальная революция» (Индустрия 4.0) – переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени, выходящее за рамки одного промышленного предприятия, с перспективой объединения в глобальную сеть вещей и услуг [4].

Однако человек в первую очередь материален, поэтому использование им энергии, информации, продуктов и услуг для собственного жизнеобеспечения (пища, вода, воздух и др.), а также потребление промышленных товаров и услуг, повышающих комфортность проживания (телефон,

компьютер, телевизор, холодильник, автомобиль, дом и др.) связаны с его эргономикой: размерами (средний рост землянина – 1,65 м) и массой тела (в среднем – 62 кг). В то же время удовлетворение нужд цивилизации определяется не только количеством индивидуумов и их потребностями, но и их конкретным размещением на поверхности планеты и соединяющими их коммуникациями – продуктовыми, энергетическими и информационными: между континентами, странами, городами и иными поселениями, производствами (электростанциями, заводами, цехами и др.), а также между отдельными домами и личностями.

Именно удовлетворение всевозрастающих материальных (вещественных) потребностей человечества, обусловленных технологическим вектором развития, привело к глобальным проблемам современности. Следовательно, поиск изобретательских решений для обеспечения устойчивого развития земной цивилизации весьма актуален не только в настоящее время, но и в отдалённом будущем (при условии, что биологическая сущность человека сохранится прежней – он останется человеком, а не превратится в биоробота или набор цифр в компьютере).

История становления земной цивилизации с инженерной точки зрения: техногенные эпохи

С позиции Вселенной, имеющей миллиарды миллиардов звёздных систем, Солнечная система и входящая в неё планета Земля – набор маленьких песчинок. Это значит, что в бескрайней Вселенной никто не озабочен нашим будущим, кроме нас самих.

Человеческая цивилизация отличается от других земных цивилизаций, например от такой чисто биологической цивилизации, как дельфины. Дельфины заняли свою биологическую нишу в биосфере, которая неизменна вот уже в течение миллионов лет. У них нет технократии, как и проблем, связанных с нею. Хотя человек и дельфин в некотором отношении подобны: эти морские млекопитающие отличаются от других животных высоким интеллектом. Кроме того, они имеют собственный язык, даже более сложный, чем у людей, поэтому не исключено, что интеллект у дельфина выше, чем у человека.

Наша цивилизация в отличие от других земных цивилизаций – технократическая (техногенная) общественная система. Её генезис основан на развитии науки, техники, технологий и производств, а также образованной ими предельно урбанизированной среды – мёртвой (индустриальной) техносферы, которая заняла на нашей планете ту же

природную нишу, что и живая биосфера, – не только поверхность планеты, но и многокилометровые морские и сухопутные глубины и нижнюю часть атмосферы. Эта чуждая жизни техносфера существует примерно по тем же антагонистическим принципам, что и, например, раковая клетка в живом организме, бурно развивающаяся за счёт подавления и уничтожения здоровых клеток. Здесь возможны только два сценария: либо иммунная система организма убивает рак, либо рак побеждает организм и затем сам погибает.

Именно инженерные технологии (а не природные биологические), сформированные по законам макромира (а не микро- и цифромира, т. е. читай – физики, а не философии и социума), и создали (причём в очень короткий по историческим меркам срок) современную человеческую техногенную цивилизацию.

Техногенный мир – не только мир науки, техники и технологий, что само по себе и неплохо, но и мир материального: материального производства и потребления, материальных отношений и контактов. Вся мощь современной цивилизации – сельское хозяйство, промышленность, транспорт, энергетика, электроника, компьютеры, смартфоны, интернет, города, дороги и т. д. – создана инженерами, а не банкирами, бизнесменами, чиновниками, поэтами и философами. Подобное суждение справедливо и для современных (а также будущих) глобальных проблем



человечества: если бы люди не изобрели транспорт, разве появились бы смог и пробки в городах; возникли бы сами города, если бы инженеры не придумали кирпич, бетон и асфальт? Если бы не развивалась промышленность, разве велись бы нефтяные и иные войны за ресурсы и территории? Да и были бы сами войны, если бы инженеры не изобрели смертоносное оружие?

Прежде чем инженеры поймут, как спасти планету, биосферу и нашу техногенную цивилизацию, стоит оглянуться

назад и проследить всю историю становления земной цивилизации с инженерной точки зрения. При этом полезно также посмотреть на взаимоотношения двух глобальных экосистемных технологий: биосферы, сформированной за миллиарды лет эволюции живой природой, и техносферы, создаваемой человеком разумным, а точнее – *Homo technocraticus* [5].

Для любой цивилизации существует много определений и особенностей, однако автор, как инженер, в настоящей работе намерен изучить и проанализировать главную особенность нашей цивилизации: её техногенный (технологический), т. е. читай – инженерный, вектор развития. Поскольку автор по основному образованию имеет квалификацию «инженер путей сообщения», то приоритетом в данной статье будет наиболее важная (опять же с точки зрения автора) составляющая нашей цивилизации: коммуникации транспортные (перемещение людей и грузов), энергетические и информационные.

Представленный анализ выполнен с использованием системного подхода, инженерной логики и различных источников числовых данных, применяемых в статье. Из-за большого количества доступных источников данных автор усреднил некоторые показатели, взятые из разрозненных и противоречащих друг другу результатов исследований.

Человек как живое существо и как единый организм, состоящий из триллионов клеток, тысяч органов и биомеханизмов (только при нашей улыбке работают до 53 лицевых мышц), устроен чрезвычайно сложно. Даже крохотная составляющая живых клеток – каждая молекула ДНК, содержащая миллиарды атомов, – с инженерной точки зрения невероятно более сложная конструкция, чем вся совокупная земная индустрия, созданная людьми в течение тысячелетий. Если ДНК сравнить, например, с самолётом,





то она сложнее его в миллион раз [5]. Однако без биоинженерных коммуникаций (нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, выделительной, репродуктивной, эндокринной, иммунной и покровной систем с миллионами сложнейших «датчиков» – рецепторов) с информационными каналами от органов чувств (зрение, слух, обоняние, осязание и др.) разве собрались бы макромолекулы ДНК в клетку, клетки – в органы, а органы – в организм человека? Если бы и собрались, то смог бы такой организм существовать как некий случайный набор «деталей» и «кирпичиков», как нечто целое и устойчивое без перечисленных транспортно-коммуникационных биоинженерных систем, в том числе без 100 000 км сосудов в теле человека [6]?

Техногенная эпоха «Техносфера 1.1»

(примерно 2 млн лет до н. э. – 5000 г. до н. э.)

Технологический вектор развития человечества, который в настоящее время превратился в индустриальный, избрали около 2 млн лет назад не мы, ныне живущие, а наш далёкий предок – первобытный человек. Это началось тогда, когда ещё не совсем человек, но уже и не обезьяна, изобрёл первые инженерные технологии – разжёл костёр, стал жарить мясо на огне, выделывать шкуры зверей и изготавливать первые примитивные орудия труда [3]. Когда одомашнил волка, что позволило ему эффективнее охотиться и победить в межвидовой борьбе. Когда наши пращуры, кроманьонцы, благодаря только им присущим и малозначительным на первый взгляд анатомическим особенностям



(можно сказать, физиологическому «дефекту») – устройству и местоположению голосовых связок, – осуществили фундаментальный эволюционный скачок. Они изобрели речь, что сделало возможным накопление и передачу устных знаний от человека человеку. Это стало важнейшим социальным изобретением, без которого дальнейшее развитие инженерных технологий было бы невозможным.

Таков первый технологический уровень развития разных племён (родов), когда понятия «человечество» ещё не существовало. Данный период длился в течение примерно 2 млн лет. То есть до тех пор, пока древние инженеры не изобрели колесо, не оседлали лошадь и не впрягли её в первую повозку (примерно в 5000 году до н. э.).

Коммуникативность древнего человека, как и любого другого животного, ограничивалась в описываемую эпоху только особенностями, которыми наградила его природа: с помощью мускульной силы (бег и ходьба – материальная и энергетическая составляющие), зрения, голоса и слуха (информационная составляющая).

Это был первый (пожалуй, нулевой, на уровне земли) этаж подъёма по бесконечно длинной технологической лестнице бесконечно высокого здания инженерных знаний, имеющего свои этажи – технологические (точнее, инженерные) эпохи. Однако уже тогда разрозненные племенные цивилизации пережили повсеместно свои первые локальные (домовые) экологические кризисы. Они жгли



костры и выделывали шкуры в пещере – в доме, котором жили, – и в 20 лет умирали от рака лёгких: от невыносимого смога и канцерогенов, содержащихся в технологических отходах. Хотя мощность «технологического оборудования» – костра – была невысокой (порядка 10 кВт), а технологическое топливо – дрова – достаточно безопасно.

Тем не менее они выжили, догадавшись вынести свои первые технологии за пределы собственного дома, пещеры, в другую среду, окружающую их жилище. Данное технологическое решение потребовало создания дополнительных транспортных коммуникаций – тропинок. Объёмы перемещений тогда были небольшими, расстояния – короткими: человек физически не может далеко переносить тяжёлый груз. Впрочем, в этом не было особой потребности – первобытные «производства» размещались вблизи пещер.

Появились первые техногенные социумы – племена. Постепенно стали формироваться нации и народы, которых объединяла общность интересов, образованных вокруг древнейших технологий. Это кардинально отличает нас, людей, например, от упомянутой выше цивилизации дельфинов, которая развивалась параллельно человеку, но не использовала в своём развитии какие-либо инженерные решения.

Изобретение копья примерно 500 000 лет назад, а в 12-м тысячелетии до н. э. – лука и стрелы (основного вида оружия вплоть до XVII в.) сыграло важнейшую роль в жизни наших предков. Таким оружием охотник мог убивать животных и птиц на расстоянии до 150 м. Лук и стрелы – первое сложное составное орудие, для появления которого понадобилась целая эпоха развития человеческого мышления, наблюдательность, наличие векового опыта, немалые умственные способности, а также знания о других древних изобретениях – копье, пружинных ловушках, копье-металке и капкане.

Охотничье оружие древние люди стали использовать и в другом, уже социальном качестве, – человек избрал войну как способ реализации своей агрессивности в борьбе за территорию, еду, ресурсы и партнёра. Так появилась одна из самых первых профессий – воин, владеющий только единственным мастерством: эффективно убивать других, себе подобных, с помощью изобретённых первобытными инженерами специальных орудий убийства (рубящего, колющего, ударного и др.).

Используемая нашим предком в данную эпоху жизненная энергия – солнечная, которая передаётся по пищевой цепочке от фитопланктона и зелёных растений к животным и человеку. Технологическая энергия, потребляемая древними людьми (те же дрова), – также солнечная энергия.



Население мира в 5000 г. до н. э. достигло значения в 10 млн человек.

Сущность *Homo sapiens* при взаимодействии с окружающим миром стала в те времена двухкомпонентной: первая составляющая – его биологическая основа, насчитывающая около 4 млрд лет эволюции живого вещества на планете Земля; вторая – технологическая (т. е. техногенная) особенность, проявляемая в инженерной деятельности его интеллекта. Корень всех современных глобальных проблем – именно во втором компоненте человека разумного. Следовательно, это и будет далее приоритетно анализироваться в данной работе.

Техногенная эпоха «Техносфера 1.2» (5000 г. до н. э. – последняя четверть XVIII в.)

Техногенная эпоха «Техносфера 1.2» вобрала в себя все достижения бронзовой, железной и античной эпох человеческой истории, а также Средних веков. В данный период совершены открытия, созданы прорывные изобретения и отраслевые технологии:

- добыча руды и зарождение цветной и чёрной металлургии;
- кузнечное дело и первые мануфактуры;
- соха, борона, плуг и земледелие;
- колесо, уздечка, хомут, седло и другая сбруя, повозка и гужевой транспорт, в которых использовалась лошадь, способная развить мощность порядка 5 кВт, что значительно выше, чем энергетические возможности человека;
- первые очки, микроскоп и телескоп;
- рычаг, гвоздь, заклёпка, кирпич, шестерня, болт, гайка, а на их основе – множество сложных механизмов, машин,

конструкций и инструментов, в том числе для научных исследований.

Именно в эпоху «Техносфера 1.2» зародились математика, философия, физика, науки микромира и звёздного мира, парусный флот; совершены первые географические открытия, благодаря которым, собственно, люди и стали осознавать себя как человечество и цивилизация, существующая на ограниченной по размерам и ресурсам планете Земля.

Человек продолжил совершенствовать старые и создавать новые орудия для убийства себе подобных – так появились булава, палица, меч, метательные механизмы, секиры, сабли, кинжалы, рапиры, кортики и многое другое холодное оружие. Затем изобрели порох и огнестрельное оружие (стрелковое, артиллерийское и гранатомётное), а также простейшие боевые пороховые ракеты.

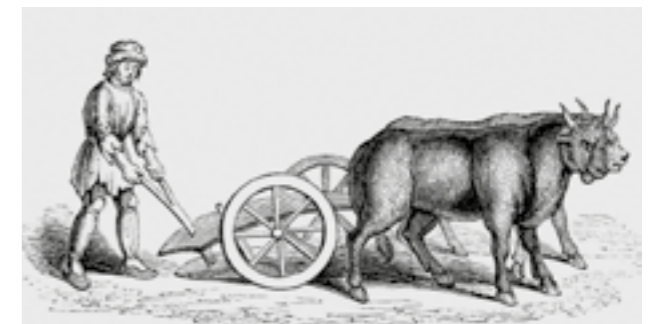
При образовании первых государств люди придумали армию. Войны охватывали всё большие территории и становились всё более затяжными и кровопролитными – длительность некоторых междоусобиц превышала 100 лет. Количество случаев гибели людей от технократического вектора развития стало расти пропорционально этому



развитию (уже в то время, когда человек ещё не придумал термин «экология»).

Изобретение живописи, пиктографии, клинописи и письменности, календаря, папируса, рукописи, бумаги и книгопечатания позволило создавать, аккумулировать и передавать зафиксированные на физическом носителе накопленные знания без необходимости прямого контакта человека с человеком, что сыграло в дальнейшем ключевую роль в развитии и становлении инженерных технологий и земной индустрии в целом.

Появление вьючного и колёсного транспорта на суше, а также парусного на реках, морях и каналах привело к образованию первой дорожной сети на планете. Уже 2000 лет назад в Европе и Азии сложилась развитая сеть коммуникаций, в том числе появились и трансконтинентальные связи:



Великий шёлковый путь, царская дорога между Египтом и Персией, сообщения между Египтом, Анатолией и Месопотамией, янтарный путь между Средиземным морем и Прибалтикой, лазуритовый и нефритовый пути, а также оловянный путь между полуостровом Корнуолл в Великобритании и Средиземноморьем.

Шумеры, изобретшие колесо, а затем и ассирийцы основали достаточно протяжённую дорожную сеть, для прокладки которой (и это около 3000 лет назад!) в армии были созданы специальные инженерные войска, а для её функционирования даже разработаны справочники-путеводители и дорожные знаки. По всему миру стала формироваться сеть гужевых дорог, вдоль них сразу же начали появляться и развиваться древние города.

На планете построили сотни тысяч километров гужевых дорог, преимущественно грунтовых. Объёмы перевозок достигли миллионов тонн в год на расстояния в сотни и тысячи километров. Однако средняя скорость перемещения (с учётом остановок на отдых) оставалась крайне низкой – меньше скорости пешехода, поэтому дальняя дорога отнимала дни, недели и даже месяцы.

Размер стихийно возникающих городов предопределялся единственным инфраструктурным критерием – транспортной доступностью [7]. Человек давно понял, что комфортнее селиться там, где всё необходимое для ежедневной жизни, работы и отдыха находится в пределах получаса пути, причём в любую погоду. Поскольку в древних городах перемещались пешком, то за полчаса можно было пройти несколько километров – именно такой размер имели Древний Рим, Афины, Иерусалим и другие города. В Средние века человек пересел на лошадь и в карету, скорость перемещения возросла, поэтому за 30 минут можно было проехать около 10 км. Следовательно, размер городов (например, Парижа, Москвы, Лондона) увеличился до подобных значений.

Используемая технологическая энергия в данный период – только солнечная: от дров и древесного угля до лошади (через корм) и парусника (через ветер).

Население мира к концу эпохи приблизилось к отметке 1 млрд человек.

Техногенная эпоха «Техносфера 1.3»

(последняя четверть XVIII в. – начало XX в.)

Основные характеристики техногенной эпохи «Техносфера 1.3»:

- технологическая революция в текстильной промышленности (пряделные машины);
- строительство каналов, изобретение водяного, а затем и парового двигателя;

- пароходостроение;
- появление паровоза и массовая прокладка железных дорог;
- бурное развитие угольной промышленности и чёрной металлургии;
- изобретение телеграфа, первых автомобилей – паровых и с двигателем внутреннего сгорания, первых электростанций и первого электрического транспорта – трамвая и электромотоцикла;
- создание строительных композитов и начало глобального применения железобетона и асфальтобетона;
- открытие радиоволн и создание радио;
- появление автомобильной промышленности и начало масштабного возведения автомобильных дорог с твёрдым покрытием;
- изобретение первого трактора и начало механизации сельскохозяйственных работ;
- первый полёт на самолёте и зарождение авиации;
- бурное развитие востребованных наук (математики, физики, механики, химии, философии, биологии и др.);
- взрывной рост промышленности и городов, создание индустрии и индустриальных стран, которые и сегодня продолжают развиваться и совершенствоваться.

Добыча сырья для строительства, промышленности и транспорта превысила миллиард тонн в год (камень, глина, песок, руда, уголь, нефть и др.).

Население мира приблизилось к отметке 2 млрд человек.

Стала расширяться сеть дорог, произошли качественные изменения в инфраструктурной логистике: протяжённость железных и грунтовых дорог насчитывала 10 млн км и более; увеличилась и средняя скорость перемещения на железной дороге – она значительно превзошла скорость пешехода.

Мощность тепловых машин, использующих ископаемое топливо, достигла тысяч киловатт у паровозов и десятков тысяч – у пароходов (например, у «Титаника» – 55 000 л. с.). Ежегодный выпуск таких машин, включая автомобили, быстро вырос и превысил значение в 1 млн шт.

Началось бурное развитие индустрии и обслуживающих её городов, расположенных вдоль железных путей. Возросли объёмы перевозок – свыше миллиарда тонн в год. Масштабы строительства, причём «киркой и лопатой», поражают даже сейчас. Так, пока в России решали, строить или не строить Транссибирскую магистраль Санкт-Петербург – Москва – Владивосток (Министерство транспорта предлагало альтернативу: развивать гужевую



транспорт в центральной части России), в США за 15 лет (с 1880 по 1895 г.) возвели более 20 подобных «транссибирских магистралей» – 187 000 км железных дорог, заложив тем самым фундамент самой мощной экономики мира [8].

Под дороги, инфраструктуру и промышленность отводилось всё больше плодородной земли, которая изымалась из биосферных процессов и на которой впоследствии не росли зелёные растения и не вырабатывался кислород, так необходимый для жизни. Стали увеличиваться объёмы индустриальных отходов, выбрасываемых в биосферу. Обозначились проблемы региональной экологии, обусловленные промышленностью и транспортом, – от вырубки





лесов на прилегающих территориях до терриконов и смога в промышленных городах. Появились транснациональные корпорации и богатые люди, способные сконцентрировать в своих руках огромные ресурсы для получения прибыли из инженерных технологий, в том числе социально-экономических и военно-политических. Это стало основным критерием развития как отдельных предприятий и организаций, так и большинства стран.

Используемая в данную эпоху технологическая энергия – только солнечная: от угля и нефти (невозобновляемые источники) до ветряных мельниц и гидроэлектростанций (возобновляемые источники).

Техногенная эпоха «Техносфера 14» (начало XX в. – третья четверть XX в.)

Основой для техногенной эпохи «Техносфера 14» послужили:

- производство и прокат стали;
- развитие тяжёлого машиностроения;
- строительство гигантских гидро-, тепло- и атомных электростанций, транснациональных линий электропередач;
- промышленное освоение продуктов неорганической химии и начало химизации сельского хозяйства;

- массовое развитие автомобилестроения;
- становление авиации и авиационной промышленности.

Были изобретены атомная и водородная бомбы, а также мощные многоступенчатые ракеты-носители для них на твёрдом и жидком топливе.

Бурными темпами стала развиваться ракетно-космическая отрасль как в военных, так и в мирных целях.

Реализованы прорывные технологии:

- первый искусственный спутник Земли, после чего человек впервые за всю историю существования отправился в ближний космос и смог побывать на Луне;
- телевидение и электроника.

Получили дальнейшее развитие и совершенствованные двигатели внутреннего сгорания и автомобилестроение, авиационная и кораблестроительная отрасли, цветная металлургия, производство синтетических материалов и композитов, продуктов органической химии, добыча и переработка нефти.

Началось масштабное строительство автомобильных дорог. Как следствие, резко вырос выпуск новых транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания: автомобилей (легковых и грузовых – их стали производить десятками миллионов в год), судов (в том числе на воздушной

подушке и подводных крыльях), самолётов, а также экранопланов и экранолётов.

Появились «одноэтажная Америка» и ипотека, позволяющие среднему классу жить в десятках километров от города, но работать в нём благодаря увеличению средней скорости движения по автомобильным дорогам – она уже в 5–7 раз превышала скорость пешехода. Автомобиль становится доминирующим транспортным средством на планете, так как в отличие от железной дороги он способен работать «от двери до двери» и его может приобрести каждая семья или даже отдельный обеспеченный человек.

Стремительное развитие всех отраслей индустрии – от сельского хозяйства и бытовой химии до электроники и автомобилей – происходило с единственной целью: получение прибыли путём удовлетворения всё возрастающего и специально культивируемого потребления техногенных продуктов и услуг (включая продукты питания) новой разновидностью человека технократического – человека потребляющего.

Быстрый рост новой разновидности техногенных работодателей – транснациональных корпораций и олигархов, работающих исключительно на прибыль, – обусловил формирование у них новых целей и задач: ограничение пределов роста земной цивилизации, в том числе путём устранения «лишних ртов». Так возникла теория «золотого миллиарда».

Бурное разрастание городов и мегаполисов привело к увеличению численности населения мира до 5 млрд.

Развитие технологий и транспорта – железнодорожного, автомобильного и авиационного – позволило создать



во многих странах мощную военную промышленность. Были развязаны две мировые войны, самые кровопролитные в истории человечества, в результате которых не только на фронте, но и в тылу погибли около 200 млн людей. Технический прогресс стал наносить всё более ощутимый ущерб техногенной цивилизации, его породившей.

Мощность машин и оборудования, работающих на топливе, продукты горения которого выбрасывались в окружающую среду (в основном в атмосферу), достигла значений: у самолётов – десятки тысяч киловатт, у электростанций – миллионы, а у тяжёлых ракет-носителей – свыше 100 млн.

Используемая в данную эпоху технологическая энергия – преимущественно солнечная: от угля и нефти до гидро-, ветро- и солнечных электростанций. Однако появился и новый источник энергии – ядерное топливо, т. е. звёздная энергия, так как все тяжёлые химические элементы (углерод, кислород и др.), в том числе радиоактивный уран, могли образоваться только при взрыве



сверхновых звёзд – такова судьба эволюции многих светил в нашей Вселенной. Именно поэтому и наша планета, и мы, люди, состоим из «звёздной пыли».

Техногенная эпоха «Техносфера 1.5»

(третья четверть XX в. – настоящее время)

Достижения техногенной эпохи «Техносфера 1.5»:

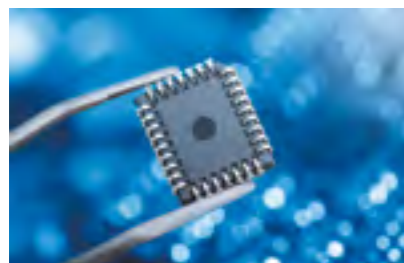
- бурное развитие электронной промышленности;
- создание микрочипов, микроэлектронных компонентов и персональных компьютеров;
- появление и масштабное распространение интернета и мобильной связи;
- интенсивное развитие опτικο-волоконных средств связи и телекоммуникаций;
- разработка сложного компьютерного программного обеспечения;
- широкое распространение роботостроения;
- масштабное производство и переработка природного газа;
- всестороннее оказание информационных услуг;
- появление 3D-печати и искусственного интеллекта.

Количество проживающих на Земле приблизилось к отметке 8 млрд человек. Происходит ускоренная урбанизация, срастание городских агломераций в мегаполисы

с населением более 10 млн жителей каждый. На сегодняшний день насчитывается 16 таких мегаполисов. Городское население стало преобладать над сельским (превысило 50 % в 2007 г.). Данное время отмечено зарождением новой разновидности «человека-технопотребителя» – «человека асфальта и смартфона», у которого атрофирована связь с живой природой, т. е. с земной биосферой, породившей и вырастившей его.

Стремительными темпами продвигается строительство автобанов, развивается сеть высокоскоростных железных дорог – общая протяжённость всех дорог мира, включая грунтовые, превысила 65 млн км [9] (из них более 35 млн км – с твёрдым покрытием).

На дорогах появляются многочасовые и многокилометровые пробки. Как следствие, резко падает средняя скорость движения в мегаполисах (до скорости пешехода), возникает загазованность, образуется смог, состоящий из смеси выхлопных газов, продуктов износа шин и асфальта, а также промышленных газообразных и пылевых отходов, которые содержат более 100 канцерогенов. Началось резкое понижение качества жизни в городах, в том числе из-за ухудшения транспортной доступности. Дорога на работу и с работы во многих городах мира отнимает основную часть свободного времени – до 3–5 часов ежедневно. В ряде городов без маски стало небезопасно выходить на улицу (ещё до пандемии коронавируса).



Инженерные технологии «объявили войну» техногенной цивилизации. Транспорт в этом невидимом конфликте – самое опасное изобретение за всю историю развития техники. Только на автомобильных дорогах мира в настоящее время ежегодно погибают приблизительно 1,5 млн человек (часть из них умирает в больницах от поставарийных травм и поэтому не попадает в традиционную статистику), а около 10 млн – получают травмы, становятся инвалидами и калеками. Это лишь прямой очевидный ущерб, лежащий на поверхности. В локальных войнах, которые не прекращались ни на один миг на планете, а также от техногенных катастроф и деятельности террористов ежегодно гибнет в несколько раз меньше людей. Если же случится третья мировая война с применением ядерного оружия, способного принести неисчислимы беды и потери для человечества, то в огромном количестве жертв тоже будет виноват транспорт. Ядерные боеголовки будут доставлены и сброшены на мирные города транспортными средствами (ракетами, самолётами, кораблями и подводными лодками), изобретёнными современными инженерами.

В данную эпоху происходит всё более масштабное применение минеральных удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве, что приводит к катастрофическому ухудшению биогеноценоза почв и продуктов питания, выращенных на них. По своей биологической сути пища является не столько источником энергии, сколько строительным материалом для клеток, органов и организма в целом – наши клетки в среднем живут около полугода, затем умирают и выводятся из организма, а на их месте возникают новые. При этом «строительный материал» должен содержать более 70 химических элементов в виде огромного многообразия органических соединений, взятых растениями из живого и плодородного гумуса почв. Однако деградированная почва не может дать того, чего в ней нет. Именно поэтому человечество стало всё шире применять биологические «костыли» – генно-модифицированные продукты и БАДы

(биологически активные добавки). Фактически начался пищевой геноцид человечества, опять же в угоду лёгкой наживы – на этом можно сколачивать огромные капиталы.

Получила мощный подъём фармакология, опять же для получения прибыли – здоровые люди здесь не нужны, так как на хронически больном пациенте можно больше заработать. Стали бурно развиваться генные технологии. Человек как инженер взялся за «улучшение» живых организмов – того, что из-за ограниченности своих умов и знаний не способен был понять и постигнуть. Как и не смог предвидеть непредсказуемые отдалённые результаты подобной деятельности и тот вред, который может быть нанесён человечеству в будущем (как пример, распространение коронавируса; и в свете сказанного не важно, природного или искусственного он происхождения).

Идёт формирование идеологии несущей ёмкости планеты, якобы уже превышенной. Пересматриваются и смещаются цивилизационные ценности в область максимизации потребления новых и избыточных материальных благ (новый дом, новая машина, новый компьютер, новый смартфон, новая одежда, новая обувь и т. д.), а также новых услуг: транспортных (постоянное увеличение протяжённости дорог и дальности поездок на личном транспорте), энергетических (строительство новых тепловых электростанций, в том числе атомных) и информационных (интернет, мобильная связь, телевидение, массовая цифровизация).

Повсюду культивируется переход потребителей из материальной в виртуальную цифровую реальность – там проще заработать большую прибыль. Кроме того, создаётся культ эмоционального маркетинга, что повернуло вектор избыточного потребления в информационную составляющую: рынок стал продавать не сам товар, а эмоцию. Данный подход резко снизил качество товаров – зачем делать надёжный и долговечный автомобиль или смартфон, если через год-два потребитель купит новый? Зачем реконструировать старое здание? Ведь проще снести



его и построить новое, причём более низкого качества. Это пропорционально увеличило ресурсоёмкость всех отраслей индустрии и усилило техногенный гнёт на биосферу.

Повсеместная цифровизация общества только усугубляет глобальные проблемы человечества, так как любая цифра опирается на материальный компонент техносферы. В частности, на поддержку глобальной сети биткоина уже сегодня тратится мощность двух электростанций, подобных Чернобыльской АЭС [10].

Для обеспечения функционирования интернета и мобильной связи на околоземную орбиту уже запущены более 5000 спутников. Между тем, в ближайшее время только один (исходя из общемирового числа запусков) Илон Маск планирует вывести на орбиту ещё более 40 000 спутников, что потребует, например, около 700 стартов тяжёлой ракеты-носителя Falcon-9 с 60 мини-спутниками на борту [11].

Современная эпоха декларативно провозглашается веком экономии ресурсов (энергетических, сырьевых, минеральных, пространственных, финансовых, трудовых, временных, продовольственных и др.) без системного понимания главного: что, зачем, почему и как экономить? Так, за последнее столетие население планеты выросло в шесть раз, а ВВП – в 20 раз, что многократно повысило спрос на некоторые ресурсы [12].

Вместе с тем человечество вступило в эпоху дорогих ресурсов – эпоха низких цен осталась в прошлом. Увеличение на планете среднего класса на 3 млрд человек в ближайшие 20 лет только усилит спрос на новые ресурсы, а поиск других источников минерального и энергетического сырья, энергии, пищи и воды будет затруднён и слишком дорог.

Дефицит или повышение цен на один тип ресурсов перекинется на другие. Попытка удовлетворения прогрессирующего спроса путём пропорционального роста производства, по мнению ряда аналитиков, потребует уже



в недалёком будущем инвестиций в мировую экономику более 10 трлн USD ежегодно [13]. Это может стать ещё одним трамплином к точке невозврата земной техногенной цивилизации.

В то же время в качестве главного потребительского ресурса не рассматриваются услуги, среди которых основными являются транспортно-логистические – без них наша цивилизация существовать не сможет. Однако мало кто проводит оптимизацию данных услуг – самых экологически опасных, затратных и ресурсоёмких.

По сути, дороги и инфраструктура, электростанции и линии электропередач, спутники связи и интернет созданы для обеспечения человечества качественно новыми транспортными, энергетическими и информационными



услугами, которые в теории должны быть более эффективными, доступными, экономичными, экологичными и менее затратными (менее ресурсоёмкими), а также быть нацеленными на максимальную экономию самого ценного и невозобновляемого ресурса у человека – времени. Впрочем, это в теории, на практике же всё происходит наоборот.

Используемая в данную эпоху технологическая энергия – в основном солнечная (уголь, нефть, гидро-, ветро- и солнечные электростанции, иное), звёздная (ядерное топливо). У инженеров к тому же появилась мечта: использовать энергию сингулярности – энергию термоядерного синтеза (топливо для него – лёгкие химические элементы, в том числе водород, – образовалось около 14 млрд лет назад при Большом взрыве). Однако нет примеров решений с применением данного вида энергии.

Эта мечта, на которую человечество затратило 70 лет (например, столько же времени потребовалось на строительство коммунизма в СССР) и десятки миллиардов долларов, с инженерной точки зрения бесперспективна, так как уже реализована в природном термоядерном реакторе – Солнце. В отличие от Чернобыля и Фукусимы на Солнце не произошло ни одной аварии за 5 млрд лет эксплуатации; не будет их и в последующие 5 млрд лет. Преобразовывать же в электричество полученную на Солнце энергию синтеза гораздо проще, чем в токамаке (рукотворном термоядерном реакторе), поэтому солнечными электростанциями человек пользуется уже давно, а вот заработают ли когда-нибудь токамаки – большой вопрос.



Сценарии развития человеческой цивилизации

К настоящему времени человечество оказалось у цивилизационной техногенной развилки, от которой возможны два направления развития (два сценария).

Сценарий № 1

Земная цивилизация продолжает ускоренно развивать техногенный вектор, ставший индустриальным два столетия назад, ограничиваясь только размерами и ресурсами планеты. При этом потребление ресурсов кардинально не меняется, так как мировая экономика опирается на морально устаревшие и очень ресурсоёмкие технологии, в первую очередь – транспортно-логистические технологии столетней давности:

- инфраструктурные технологии: строительство традиционных дорог (автомобильных и железных) с традиционным подвижным составом; традиционных зданий и сооружений (из бетона и стали); традиционных тепловых электростанций (на угле, газе или ядерном топливе);
- использование традиционных скоростных транспортных средств: на Земле – автомобилей, а также электромобилей; высокоскоростных железнодорожных составов; поездов на магнитной подушке; реактивных самолётов, а для выхода в космос – многоступенчатых ракет-носителей.

Подобные традиционные инфраструктурные объекты (в том числе аэропорты и космодромы) традиционно отнимают землю под застройку, загрязняют землю, воздух и воду миллиардами тонн ядовитых и канцерогенных отходов. Кроме того, по статистике только в США ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях погибают более 365 млн животных [14]. Между тем исследования, проведённые на территории Европейского Союза, показали, что ежегодно на дорогах погибают до 27 млн птиц [15].

Добыча полезных ископаемых и строительных материалов к настоящему времени уже превысила 60 млрд тонн в год (около 8 тонн на каждого жителя планеты) и продолжает расти. Из них руды – более 10 млрд тонн (из них железной – 2,4 млрд, медной – около 4 млрд). Производство цемента достигло 5 млрд тонн в год; бетона – свыше 30 млрд тонн [16]. Добыча строительного песка – более 11 млрд тонн; щебня (камня), в том числе для производства бетона, – более 20 млрд тонн. Количество земляных работ (иногда с перемещением грунта на десятки и сотни километров) при строительстве дорог, инфраструктуры, заводов, электростанций, зданий, сооружений и других объектов превысило 30 млрд тонн в год [17]. По оценке автора (из-за отсутствия статистических данных), объём вскрышных и рекультивационных работ при добыче минерального



сырья составил более 400 млрд тонн в год (при среднем коэффициенте вскрыши, равном 7 тоннам на тонну добытого минерального сырья).

Таким образом, на планете ежегодно добывается, перерабатывается и перемещается на среднее расстояние в несколько десятков километров около 500 млрд тонн минералов, из них более 400 млрд тонн – обычный грунт, включая скальный, идущий в отвал. В то же время отдельное сырьё и ресурсы перевозятся с помощью неэффективного и экологически опасного транспорта на расстояния, превышающие 10 000 км.

Общая установленная мощность использующего ископаемое топливо оборудования, включая котельные, электростанции и все виды транспортных средств (автомобильный, железнодорожный, авиационный и морской транспорт, ракеты и др.), преодолела отметку 100 млрд кВт.

Энергетическое сырьё добывают в объёме более 15 млрд тонн ежегодно (угля – около 8 млрд; нефти – 4,5 млрд; природного газа, в том числе сланцевого, – более 3 млрд). Топливо затем сжигается с использованием воздуха (где содержится его окислитель – кислород) – общемировое потребление кислорода для этих целей приблизилось к цифре 50 млрд тонн в год. В то время как в доиндустриальную эпоху этот кислород расходовался совсем на иное – на естественные природные процессы



окисления (например, благодаря этому сформировались месторождения железной руды), повсеместно идущие на планете. Таким образом, земная индустрия уже сегодня выжигает более 1/3 кислорода, продуцируемого биосферой ежегодно в количестве 145 млрд тонн [18]. Скоро это значение достигнет 50-процентной отметки, которая, по мнению автора, является критической.

Вместе с тем продуктивность биосферы – всего 220 млрд тонн в год живого вещества (в пересчёте на сухое вещество; в естественных условиях – более 1 трлн тонн, так как все живые организмы на 70–90 % состоят из воды). Исследования также показывают, что продуктивность биосферы напрямую связана с содержанием в ней свободного CO_2 , к тому же она испытывает ежегодный дефицит в углекислом газе, имеющемся только в атмосфере планеты, в количестве не менее 200 млрд тонн [19]. Следовательно, увеличение объёма углекислого газа в атмосфере, которого все опасаются, приведёт не столько к глобальному потеплению, сколько к усилению выработки кислорода зелёными растениями, так как их биомасса станет большей. Значит, нет смысла с фанатизмом техногенного маньяка бороться с выбросами CO_2 (согласно Киотскому протоколу и другим решениям мировой элиты), потому что лишний углекислый газ свяжет растения, повысив при этом продуктивность сельского хозяйства. Данный процесс

дополнительно поможет в решении продовольственных проблем человечества.

На самом деле наибольший индустриальный экологический ущерб наносит транспорт, в первую очередь – космический. Один пуск тяжёлой ракеты-носителя выжигает (химически активной, высокотемпературной и высокоскоростной реактивной струёй) в озоновом слое планеты «дыру», точнее тоннель, размером с Францию, при этом в зависимости от используемого топлива уничтожается до 1 млн тонн озона на каждую тонну доставляемого на орбиту полезного груза [20]. Поскольку масса атмосферного озона составляет около 3 млрд тонн (0,000064 % от массы атмосферы планеты) [21], то весь озоновый слой и, конечно, жизнь на планете будут уничтожены при выведении на орбиту в короткий промежуток времени всего лишь 3000 тонн грузов (или по 0,38 г груза на каждого жителя планеты). Это соответствует 100 запускам ракет-носителей типа «Спейс шаттл».

Прямой ущерб, наносимый биосфере планеты при пуске ракеты-носителя, – примерно 100 млн USD на каждую тонну полезной нагрузки. Следовательно, с космических перевозчиков должен взиматься биосферный экологический налог, а себестоимость ракетных геокосмических перевозок по этой причине не может быть ниже 100 млн USD/т [22].

Авиация, особенно сверхзвуковая стратосферная, также вносит существенный вклад в разрушение озонового слоя своими высокоскоростными и высокотемпературными отработанными газами реактивных двигателей и инверсионным следом протяжённостью в тысячи километров (по дальности полётов). Отработанные газы длительное время сохраняются в виде стратосферных облаков, поверхность частиц которых катализирует реакции распада озона. Более того, такие облака разносятся стратосферным ветром над всей Землёй, в том числе над Арктикой и Антарктидой (озоновые дыры здесь могут достигать площади более 20 млн км²), затем в течение года оседают на поверхность планеты. Характерен и тот факт, что озоновые дыры ни разу не фиксировались учёными до начала ракетно-космической эры и появления реактивной авиации.

Мощность солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, – около 200 трлн кВт, причём озоновый слой задерживает примерно 3 % солнечной энергии [23] в наиболее опасном для жизни ультрафиолетовом спектре, т. е. мощность подобного «теплового одеяла» планеты составляет порядка 6 трлн кВт. Значит, уничтожение всего лишь 1 % озонового слоя (а это доставка тяжёлой ракетой 30 тонн грузов на орбиту) увеличивает поступление на поверхность Земли дополнительных 60 млрд кВт солнечной энергии, которая до этого задерживалась озоновым слоем высоко в атмосфере.

Данная мощность, дополнительно нагревающая поверхность планеты, существенно превышает задействованную мощность всей земной индустрии, включая энергетику и транспорт. Следовательно, даже одиночные пуски тяжёлых ракет-носителей – самая большая угроза для нашей биосферы. Именно они являются основной причиной глобального потепления, а не фреоны, угольные электростанции, промышленные выбросы CO₂ или крупнорогатый скот, выделяющий якобы слишком много метана [24], как общепринято считать.

Таким образом, планы (особенно популярны в последние годы) по переселению землян на Марс и другие планеты с помощью ракет Илона Маска – не только утопичны (как и строительство коммунизма в отдельно взятой стране), но и чрезвычайно опасны для человечества.

Усреднённая мощность солнечной энергии, поступающей на поверхность планеты (с учётом её теневой стороны), равна примерно 350 Вт/м². Усреднённая тепловая мощность ежегодного непрерывного сжигания в атмосфере всего индустриального топлива (около 15 млрд кВт), приведённая к квадратному метру поверхности Земли, равна 0,027 Вт/м², что составляет 1/12 500 от аналогичной мощности солнечной энергии, поступающей на планету. Если данная дополнительная энергия и способна повысить температуру на земном шаре, то не более чем на 0,02 °С.

На самом деле главными ресурсами, расточительно потребляемыми и уничтожаемыми человеком-технократом



в угоду человеку-технопотребителю, являются не минеральные и топливные ресурсы, как принято считать, а следующие:

- кислород воздуха, в том числе производный от него озон;
- плодородная поверхность земли (квадратные метры), на которой растут зелёные растения, вырабатывающие кислород и утилизирующие атмосферный CO₂;
- гумус (живая плодородная почва);
- грунт, подстилающий плодородную почву (и накрывающий сверху добываемое сырьё иногда слоем толщиной в километр и более).

Именно в чрезмерном и во всевозрастающем потреблении названных ресурсов, являющихся неотъемлемой частью общего биосферного достояния (причём всей земной цивилизации, а не мировой элиты или отдельно взятой страны), кроется корень всех глобальных проблем человечества. Следовательно, за их нерациональное использование также необходимо взимать индустриальный экологический налог. В частности, и дополнительный атмосферный CO₂, и парниковый эффект, и сотни токсичных веществ и канцерогенов – результат выжигания кислорода из атмосферы и обратных выбросов в окружающую среду продуктов высокотемпературного горения.

Ослабление иммунной системы человека и большинство болезней, в том числе в виде эпидемий и пандемий, – последствия истощения и ослабления иммунной системы всей биосферы, т. е. живой почвы и населяющих её тысяч видов полезных микроорганизмов (их содержится до 100 млрд особей в килограмме почвы, подобной чернозёму). Они кормят, поят и даже лечат нас не только в почве (через выращенную на ней здоровую пищу),

но и в нашем кишечнике. Именно там огромная «армия» микроскопических «тружеников» (их в каждом человеке несколько десятков триллионов) перерабатывает и превращает пищу в то состояние, которое может быть усвоено организмом человека и животного. Плодородная почва – основа всей жизни на суше планеты – не только всё больше и больше «закатывается» в асфальт и «хоронится» под шпалами (на сегодняшний день – это площадь пяти Великобританий [5]), её живительная сила убивается пахотой, минеральными удобрениями, пестицидами, гербицидами, другими ядохимикатами и сотнями канцерогенов, образованных от выхлопных и дымовых промышленных газов.

Каждый из нас потребляет для дыхания в среднем 250 кг кислорода в год. При этом на планете ежегодно сжигается всех видов топлива более 2000 кг в пересчёте на одного человека, на что расходуется около 7000 кг кислорода (т. е. в 28 раз больше, чем необходимо нам для дыхания), содержащегося в 35 000 кг воздуха (или 28 000 м³). Весь этот воздух пропускается через высокотемпературное горение в топках котельных и электростанций, а также в двигателях внутреннего сгорания (от автомобилей и судов до самолётов и вертолётов). Из воздуха одновременно выжигается весь кислород и замещается сотнями разновидностей ядовитых веществ и канцерогенов – это отнюдь не безобидные для землянина (и биосферы в целом) CO₂ и метан, которые выдыхают те же коровы.

В XXI в. для нашей цивилизации может быть поставлена последняя точка в эксперименте, продолжающемся на Земле уже тысячи лет, аналогичном опыту в чашке Петри, только не в локальной, а в планетарной экосистеме. Известно, что за короткое время съев ограниченные ресурсы и загрязнив всё пространство отходами своей жизнедеятельности, плесень неизбежно погибает.

Главная причина – в чашке отсутствуют круговороты веществ, энергии и информации, а также не существуют трофические (пищевые) цепи, когда один вид живых организмов питается другими видами и их отходами. Именно в результате этих процессов, идущих на планете непрерывно в течение миллиардов лет эволюции, и происходит образование главных биосферных отходов – гумуса и кислорода. Мёртвая чашка Петри возвращается в своё же исходное мёртвое состояние согласно второму закону термодинамики – возрастанию энтропии любой замкнутой системы.

Описанный сценарий автор назвал «Цивилизация-21», так как именно в XXI в., примерно через два поколения (в третьей четверти XXI в.), эксперимент «техногенный вектор развития» может завершиться точкой невозврата – уже никто и ничто не спасёт земную человеческую цивилизацию от деградации, угасания и гибели.

Сценарий № 2. Перезагрузка техносферы.

Техногенная эпоха «Техносфера 2.1»

(вторая четверть XXI в. – конец XXI в.)

Земные инженеры (именно они, а не политики, предприниматели, чиновники, деятели искусств или учёные) находят решение, как открыть «цивилизационную чашку

Петри» и предоставить доступ земной индустрии к неограниченным ресурсам космоса, его бесконечным пространству, веществу и энергии, в том числе к новым технологическим ресурсам: невесомости, глубокому вакууму и космическим излучениям. При этом неэффективные транспортно-инфраструктурные технологии на планете, представляющие наибольшую угрозу для её биосферы, должны быть замещены более совершенными коммуникациями.

При выполнении перечисленных условий у человечества появятся широкие возможности для дальнейшего устойчивого развития как в пространстве, так и во времени по технологическому вектору, который нам, ныне живущим, как отмечалось выше, не дано отменить. Необходимые для этого решения уже найдены автором данного исследования более 40 лет назад, и они просты.

На Земле. Оптимальный вариант – Струнный транспорт Юницкого (СТЮ, или UST), а также экваториальный линейный город (ЭЛГ) со взлётно-посадочной эстакадой для геокосмического струнного транспорта – общепланетарного транспортного средства (ОТС) – протяжённостью чуть более 40 000 км [1].

UST, имеющий предельные характеристики, допускаемые физикой (по эффективности, экономичности,

экологичности, безопасности, ресурсности и др.), полностью обеспечит транспортные потребности человечества, которые из года в год растут [20]. Так, по данным ООН, потребность людей в поездках к середине века должна повыситься в 2–3 раза при значительном увеличении скорости и дальности перемещений [25, 26].

Струнный транспорт при этом сможет дать человечеству двойную экономию.

Во-первых, грузовые дороги откроют дешёвый путь к недоступным в настоящее время минеральным ресурсам, размещённым в горах, тундре, среди обширных болот и на вечной мерзлоте; на шельфе морей и океанов, в том числе Северного Ледовитого океана с его колоссальными запасами ресурсов; в глубине обширных пустынь, островов или материков, например в Австралии. Ставшие более доступными и дешёвыми минеральные ресурсы предоставят возможность мировой экономике устойчиво и динамично развиваться дальше.

Во-вторых, грузо-пассажирские рельсо-струнные дороги позволят существенно дешевле и с гораздо меньшими затратами ресурсов (сырьевых, энергетических, земельных, финансовых, трудовых и др.) создать разветвлённую, протяжённостью около 25 млн км, мировую сеть транспортно-инфраструктурных коммуникаций TransNet,

совмещённых с энергетическими и информационными сетями. В производственной и жилой инфраструктуре линейных городов разместятся кластеры, генерирующие для собственных нужд и потребностей сторонних пользователей экологически чистую энергию и информацию, в том числе по технологии блокчейн, на которой построится вся автоматизированная система управления подвижным составом данного крупномасштабного мегакомплекса.

В сети TransNet будет около 5 млн км высокоскоростных (до 500–600 км/ч) и гиперскоростных форвакуумных линий (1200–1500 км/ч) – надземных, подземных и подводных. Остальные 20 млн км – городские, пригородные, грузо-пассажирские и грузовые трассы со скоростями движения 100–350 км/ч.

В течение XXI в. практически весь транспорт перейдёт на второй уровень, оставив первый природе и людям. В частности, землепользователям на планете будут возвращены участки, равные по площади шести республикам Беларусь, занятые сейчас только автомобильными дорогами [20]. Освобождённые территории можно сделать опять плодородными. На это понадобится примерно 25 млрд тонн живого гумуса, что позволит улучшенным почвам ежегодно дополнительно давать около миллиарда тонн сельскохозяйственной продукции (примерно 100 кг на каждого





жителя Земли). Кроме того, зелёные растения, снова выросшие здесь, будут вырабатывать кислород, которого лишилась биосфера, и дополнительно связывать атмосферный CO₂ – около тонны CO₂ с гектара в день, как показано в [27].

Сооружение ажурной путевой структуры эстакадного типа, размещённой над поверхностью земли на втором уровне, характеризуется чрезвычайно низкой материалоемкостью и, соответственно, невысокой стоимостью и малым расходом стали и стальных конструкций, цветных металлов, железобетона, бетона, щебня, песка, грунта.

По сравнению с дорогами, построенными над землёй в виде эстакады (высокоскоростными железными дорогами и трассами на магнитной левитации), условная экономия основных строительных и конструкционных материалов при создании мировой сети TransNet эстакадного типа протяжённостью 25 млн км составит не менее 250 млрд тонн стали и стального проката и около 3 трлн тонн железобетона и бетона [20]. Подобное бережливое расходование ресурсов предотвратит добычу, перемещение и переработку на планете более 3 трлн тонн различного исчерпаемого

минерального сырья. При данном раскладе не понадобятся и вскрышные работы с транспортировкой в отвал на многие километры примерно 20 трлн тонн грунта и плодородных почв, не потребуется также и последующая рекультивация огромных территорий.

В результате ресурсной экономии (пусть воображаемой, а не реальной) в твёрдые и газообразные отходы не попадёт около триллиона тонн экологически опасных и канцерогенных веществ. Значительно меньше израсходовалось бы энергетических, земельных, трудовых, финансовых и других ресурсов. Не возникли бы глобальные экологические и иные серьёзные проблемы при производстве и монтаже строительных конструкций (весом свыше 3 трлн тонн) из стали и бетона.

При создании сети TransNet, путевая структура которой будет размещена на втором уровне, точечный объём земляных работ снизится более чем в 100 раз по сравнению с прокладкой таких же дорог в линейной насыпи. Экономия на сети дорог протяжённостью 25 млн км составит более триллиона тонн грунта – его не придётся привозить

из карьера за десятки километров. Следовательно, природному ландшафту и биогеоценозу не нанесётся значимый ущерб и не потребуются рекультивация земель как в зоне строительства, так и в грунтовых и песчаных карьерах. Это особенно важно при прохождении трассы по вечномерзлым и слабым грунтам, не способным выдержать дополнительную нагрузку от веса насыпи и её температуры в летний период времени.

Здесь не будет насыпей и выемок, местами достигающих высоты 10 м и более, как на современных автомобильных и железных путях, которые нарушают миграцию домашних и диких животных, угнетают природное биоразнообразие и препятствуют перемещению сельскохозяйственной и иной техники. Вдоль дорог «второго уровня» не появятся заболоченные и опустыненные обширные территории, особенно на пересечённой местности, ведь каждая дорожная насыпь является низконапорной земляной плотиной, мешающей движению поверхностных и грунтовых вод (грунт в ней должен быть уплотнён на 10 % по сравнению с естественным залеганием).

Данная технология спасёт в XXI в. от гибели на дорогах планеты примерно 100 млн человек, а от травм и увечий – около миллиарда, при этом струнные дороги не убьют триллионы крупных и мелких животных, которые не попадут под колёса транспорта «второго уровня». Землепользователям планеты возвратится более миллиона квадратных километров земли, сегодня «закатанной» в асфальт и «похороненной» под шпалами, а существенно большие площади почв не продолжат деградировать из-за близости к автомобильным и железным дорогам.

Подвижной состав UST характеризуется беспрецедентной эффективностью. Так, по сравнению с электромобилем «Тесла» на пневматических шинах эффективность электромобилей UST на стальных колёсах в 5–7 раз выше. Этот показатель обусловлен в том числе отсутствием эффекта экрана, потому что у струнных дорог не имеется сплошного полотна, а движение осуществляется по тонким струнным рельсам. Уже только благодаря данному аспекту происходит улучшение аэродинамики рельсовых электромобилей UST в 2–2,5 раза [20].



Описанные преимущества особенно ощутимы при больших масштабах коммуникаций – предполагается, что на трассах линейных городов будут курсировать около 10 млн высокоскоростных юнибусов (для сравнения: мировой парк автомобилей сегодня – примерно 1 млрд) средней вместимостью 40 пассажиров (от 3–5 пассажиров для семейных машин до 150–250 пассажиров для поездов, составленных из юнибусов). Стальные колёса, уникальная аэродинамика и отсутствие эффекта экрана снижают мощность сопротивления движению при скорости 500 км/ч на 2500 кВт [20], что для упомянутого парка юнибусов составит 25 млрд кВт. При коэффициенте использования юнибусов, равном 0,75 (18 ч/сут), такие параметры позволяют ежегодно экономить около 40 млрд тонн условного топлива стоимостью приблизительно 40 трлн USD. Из атмосферы планеты ежегодно дополнительно не будут выжигаться (в том числе в тепловых электростанциях, вырабатывающих энергию для электротранспорта) примерно 120 млрд тонн кислорода; в атмосферу не попадут почти 200 млрд тонн выхлопных и дымовых газов.

Это и есть настоящая, а не декларативная экономия ресурсов в XXI в. (причём только в отношении высокоскоростной составляющей мировой транспортно-коммуникационной отрасли):

- сталь – 250 млрд тонн;
- железобетон – 3 трлн тонн;
- исчерпаемое минеральное сырьё – более 3 трлн тонн;
- грунт (в том числе плодородная почва) – 1 трлн тонн;
- топливо – ежегодно 40 млрд тонн;
- атмосферный кислород – ежегодно 120 млрд тонн;
- экологический ресурс – отсутствие ежегодных выбросов в биосферу около 400 млрд тонн твёрдых и газообразных

техногенных отходов (в том числе выхлопные и дымовые газы).

Стоимость указанных сэкономленных ресурсов – около 1000 трлн USD. Не меньшей будет ценность спасённых в XXI в. жизни (людей и животных) и 1 млн км² возвращённых земель. Важно также отсутствие в биосфере планеты 400 млрд тонн продуктов горения топлива и техногенных загрязнений.

Существующую мировую сеть дорог (протяжённостью более 65 млн км) заменят 25 млн км струнных трасс, объединённых в общемировую сеть TransNet, которая пройдёт через линейные города. Струнный транспорт при этом не потребует в будущем строительства новых магистралей, так как сможет обслужить население мира в количестве до 25 млрд человек (из расчёта 1000 человек на каждый километр рельсо-струнных дорог, или 1 чел/км).

К моменту завершения создания мировой транспортно-коммуникационной сети нового поколения на планете станут проживать около 10 млрд человек. В то же время сеть линейных городов общей протяжённостью около 10 млн км займёт площадь примерно 10 млн км², или 1/15 всей земной суши. Это означает, что 14/15 суши, а также все океаны и моря можно отдать под заповедники и природные резервации.

В Советском Союзе продовольственная проблема решалась выделением шести соток на городскую семью, или около двух соток (200 м²) на человека, что способствовало обеспечению основным питанием горожан. Земля, как правило, предоставлялась малопродуктивная, но усилиями дачников за 10 лет она превращалась в высокопродуктивный участок, с буйством садов и зелени. В линейных городах на человека будет приходиться в пять раз больше земли – 10 соток. Причём инфраструктура (здания, сооружения, жилые дома и др.), а также струнные дороги

в принципе не отнимут ни одного квадратного метра земли у природы. Наоборот, новые сооружения помогут получить больше урожая – неплодородная земля из-под фундаментов перенесётся на плоские эксплуатируемые крыши зданий и будет обогащена гумусом, на котором появятся одно- и многоуровневые сады.

Аналогичный зелёный эксперимент успешно продолжается уже пять лет в ЭкоТехноПарке UST и Крестьянском (фермерском) хозяйстве «Юницкого» (г. Марьина Горка, Республика Беларусь). Там уже эксплуатируются шесть типов подобных зданий, в том числе с субтропической оранжереей и садом внутри дома. Сад устроен по принципу природной экосистемы – все канализационные стоки в доме (включая с кухни и туалета) идут в корневую систему растений, где с участием специально подобранных природных сообществ микрофлоры и микрофауны (несколько тысяч видов) перерабатываются в плодородный гумус и техническую воду, обогащённую жидким гумусом. Данный эксперимент обосновал утверждение автора – отходами своей жизнедеятельности человек способен прокормить не только себя, но и ещё одного индивидуума, при этом не отравив природу, а обогатив её живым плодородным гумусом.

Линейные города будут выполнены в виде одноэтажных и малоэтажных кластеров площадью около 100–500 га каждый. Они рассчитаны на проживание 1000–5000 жителей и размещены в пешеходной доступности вокруг высотных доминант – терминалов, станций и вокзалов, совмещённых с торговыми центрами, отелями и другими общественными заведениями. Рядом расположатся производственные, спортивно-развлекательные, торговые, учебные, научные и иные кластеры, а также пешеходные – с минимальным количеством транспорта (преимущественно велосипеды). Кластеры могут существовать автономно, так как всё необходимое – вода, тепловая и электрическая энергия, продукты питания – будет производиться внутри их.

Предполагается возводить жилые и производственные здания каркасного типа с панелями из вакуумного стекла. Наружная вакуумная панель толщиной 20 мм (ноухау автора данной работы) по теплоизоляции эквивалентна кирпичной стене толщиной 1,5 м, что позволит зимой экономить на обогреве, а летом – на кондиционировании. Основного сырья – песка – на планете хватит на триллионы таких домов. Стекланные стены сооружений планируется совместить с панелями солнечных электростанций или выполнить в виде экранов, придающих этим зданиям





оригинальный внешний и внутренний облик (хамелеон может позавидовать подобным возможностям).

В дополнение к солнечной энергетике каждый кластер будет иметь электростанцию (для круглосуточного обеспечения энергией транспорта и инфраструктуры), функционирующую на буром угле и сланцах (причём отходы работы такой электростанции станут участвовать в процессе получения органических продуктов питания). Запасов бурого угля на Земле для данных технологических процессов хватит минимум на 1000 лет, а сланцев – на 10 000 лет. За значительно меньшее время в течение XXI в. усилиями *Homo sapiens* (точнее, *Homo engineer*) с планеты исчезнут пустыни и неплодородные земли, так как на их месте возможно воссоздание плодородной почвы по типу чернозёма и повсеместное появление лесов и садов, лугов и полей.

Все отходы от горения угля (в том числе дымовые газы, шлак, шлак, зола и др.) будут смешаны с углём, не участвующим в горении, и с помощью специально подобранных сообществ микроорганизмов превращены в нерастворимые соединения, в первую очередь – в нерастворимые соли гуминовых кислот, т. е. в реликтовый гумус. Уголь – это растение, жившее порядка 100 млн лет назад. Оно получило всё необходимое для своего роста и развития (более 70 химических элементов) из древней почвы. Все эти минералы в виде органических соединений, преимущественно солей гуминовых кислот (т. е. гумуса), снова вернутся в почву в XXI в.

Например, сера является одним из вредных продуктов горения угля с точки зрения воздействия на природную среду и в технологическом отношении. Экологи сейчас

добиваются повсеместного закрытия угольных электростанций, в том числе из-за кислотных дождей, ими вызываемых. Однако сера нам всё-таки нужна как макроэлемент (в каждом из нас её более 100 г). Она должна поступать в наш организм из почвы с пищей, что и предлагается осуществить в принципиально новой реликтовой солнечной биоэнергетике, в которой будет использовано минеральное богатство древнего гумуса и энергия древнего Солнца, аккумулированная растениями во времена мезозоя и кайнозоя.

Значит, отходы работы такой электростанции – это живой и плодородный гумус. Он может вноситься в количестве от 1 % в любую почву, в тот же песок пустыни, где планируется посадить яблоневые сады, виноградники и др. Подобный эксперимент проходит в настоящее время в Крестьянском (фермерском) хозяйстве «Юницкого».

Избыток углекислого газа, который образован от работы реликтовых солнечных электростанций, предполагается направить в теплицы (в холодных регионах мира) или оранжереи (в тропических регионах). Их продуктивность от этого возрастёт в несколько раз. Тепло, а это около 50 % от энергии сгорания угля, станет использоваться для нужд кластеров линейных городов, а также для обогрева теплиц в холодном климате или кондиционирования оранжерей в жарких странах. Ночной избыток электроэнергии будет применён для дополнительного освещения теплиц и оранжерей, что тоже повысит их эффективность.

Всю сушу земного шара, освоенную человеком, можно сделать плодородной, причём природными, а не техногенными методами – без химических удобрений и ядохимикатов. На облагораживание территорий понадобятся сотни миллиардов тонн гумуса и примерно 50 лет (этот промежуток времени всё же короче периода, потребовавшегося техногенному человечеству на то, чтобы загадить и опустынить родную планету). Так будет создан ещё один крупнейший и благороднейший глобальный бизнес – спасение биосферы Земли, поскольку уже сегодня тонна живого гумуса на рынке стоит дороже тонны нефти.

Озеленить возможно и Антарктиду. Её гораздо эффективнее и продуктивнее осваивать, чем, например, чрезвычайно далёкий, холодный и пустынный Марс. На ледовом континенте теплее градусов на 50; присутствует воздух, которым можно дышать без скафандров и масок (причём при привычном атмосферном давлении), имеется пища (та же рыба в океане). Билет сюда будет стоить почти в миллион раз дешевле, чем на Марс, да и путь займёт несколько часов, а не месяцев. К тому же у поселенца несоизмеримо больше шансов долететь живым и здоровым до шестого материка Земли. Только в Антарктиде из расчёта 10 соток



на жителя можно поселить всё будущее человечество – более 10 млрд землян.

И всё же в первую очередь расселение людей станет происходить не в местах с неблагоприятным климатом, а в регионах с комфортными природными условиями, в частности вдоль экватора.

Средняя скорость в дальних поездках вдоль линейного города – 400–500 км/ч. Следовательно, за 30-минутный временной отрезок, комфортный для ежедневных перемещений, будут преодолены 200–250 км – на таком расстоянии может находиться работа, отдых или развлечения для жителей города, вписанного в природу. С планеты постепенно рассосутся и исчезнут «закатанные» в асфальт и бетон существующие мегаполисы, как раковые клетки, плохо сочетающиеся со здоровой и комфортной жизнью.

Экваториальный линейный город протяжённостью 40 000 км станет основной артерией сети TransNet. Его большая часть пройдёт по океанам [28]. Здесь будут жить и работать около 100 млн человек – 1% населения планеты. Вдоль ЭЛГ на безопасном расстоянии разместится взлётно-посадочная эстакада общепланетарного транспортного средства – связующего звена, «пуповины» между земной цивилизацией и растущей в космосе индустрией.

В космосе. Вся земная индустрия существует в настоящее время в планетарной технологической среде, основой которой являются земная гравитация (ускорение свободного падения – $9,81 \text{ м/с}^2$) и воздушная среда под давлением 760 мм рт. ст., содержащая 21% очень активного окислителя – кислорода. По этой причине «вездесущая» гравитация не позволяет создавать сплавы и композиты из материалов, имеющих разную плотность, – они расслаи-

ваются под действием тяжести. В воздушной среде также нельзя осуществить многие технологические операции, значит, для них необходимы вакуумные насосы и специальные камеры. Причём получение кубического метра глубокого вакуума в земных условиях сегодня обходится дороже добычи тонны нефти.

Когда выплавленная сталь выливается из доменной, она горит и дымит. Таким образом проходит процесс окисления металла кислородом воздуха, в результате чего металл теряет свои качества [29, 30].

Для получения лекарств и особо чистых веществ без примесей требуются идеальные условия, поэтому цеха для их производства оснащены многоконтурной системой очистки воздуха. Однако и это не всегда помогает – даже самый стерильный воздух содержит миллионы мельчайших частиц пыли и тысячи микроорганизмов. Земная солнечная энергетика не работает ночью, в дождь и пасмурную погоду, а поверхность солнечных панелей следует постоянно очищать от пыли и грязи.

Можно и далее перечислять недостатки планетарной технологической среды – их тысячи, включая ограниченность материальных и пространственных, а также энергетических и информационных ресурсов.

Космическая технологическая среда имеет множество плюсов. Во-первых, невесомость. В случае если нужна гравитация, то её можно создать с помощью центробежных сил: любой, сколь угодно большой объект (пример – планета Земля), можно будет раскрутить вокруг воображаемой оси без использования опорных подшипников, так как он находится в космосе в невесомости. Во-вторых, глубокий вакуум и сверхчистота (в том числе отсутствие газов, воздуха и микроорганизмов) простираются в бесконечность.



В-третьих, солнечные электростанции (ажурные, лёгкие – они ведь невесомы) на высоких орбитах будут работать круглосуточно и круглогодично, не требуя очистки от пыли и грязи.

Только геокосмический грузопоток определит темпы развития космической индустрии на благо нашей цивилизации, живущей в своём историческом доме – в биосфере Земли. При этом и в будущем годовое душевое потребление промышленной продукции должно быть соизмеримо с эргономикой человека, и прежде всего – с массой его тела. Значит, для 10 млрд человек это не менее 100 млн тонн в год космической продукции, или хотя бы по 10 кг на одного жителя планеты.

Таким образом, основным критерием космической индустрии является количество продукции, производимой в космосе и доставляемой на поверхность Земли основному потребителю – человечеству. В данном отношении ключевую роль призван сыграть геокосмический транспорт (ГКТ).

Для создания и оптимизации ГКТ, способного обеспечить индустриальное освоение космоса и переход земной цивилизации в космическую, важен принципиально иной подход, чем к наземному транспорту.

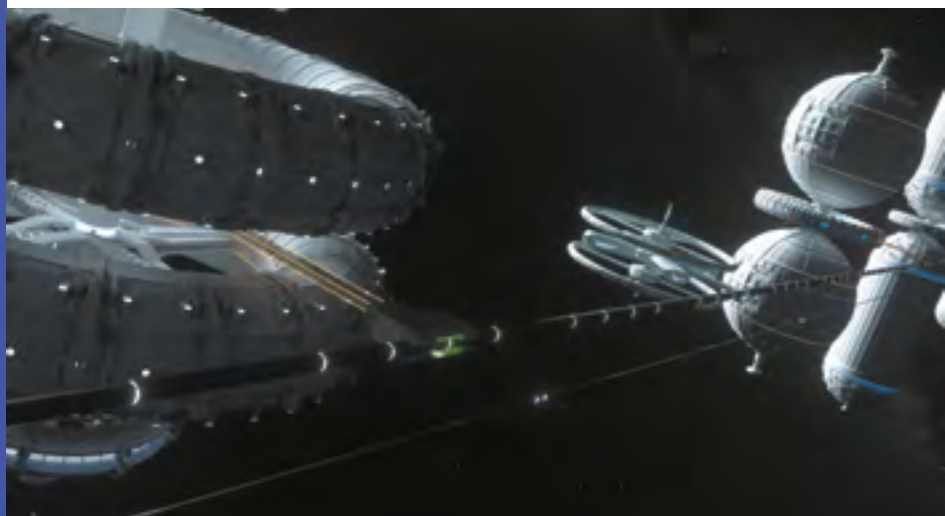
Дело в том, что мы находимся на планете в весьма глубокой гравитационной яме, выбраться из которой можно или поднявшись в бесконечность, или вылетев из неё с первой космической скоростью, равной для нулевой высоты 7919 м/с . Причём не вертикально вверх, а перейдя

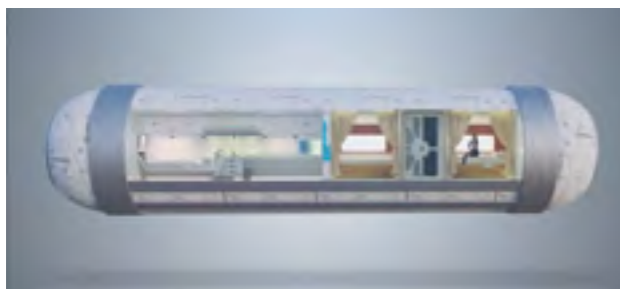
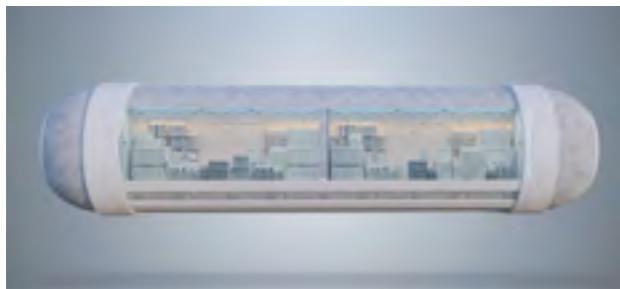
на низкую круговую орбиту, т. е. параллельно поверхности Земли. Следовательно, к каждой тонне груза, доставленного на орбиту, необходимо подвести минимум 8700 кВт·ч энергии, что, например, соответствует кинетической энергии поезда длиной около 20 км и массой более 80 000 тонн, мчащегося со скоростью 100 км/ч (ракетный комплекс из-за низкого общего КПД системы тратит на эту работу в десятки раз больше энергии). Традиционному наземному транспорту не нужно так много энергии – он перемещается из пункта А в пункт Б горизонтально по дну «ямы», т. е. по поверхности планеты.

Чрезвычайно большие энергетические затраты при индустриализации космоса налагают на ГКТ ряд серьёзных ограничений:

- его КПД должен быть близок к 100%, так как даже относительно небольшой выброс энергии в окружающую среду, т. е. в атмосферу, через которую на орбиту следует осуществлять транспортировку грузов, при работе ГКТ приведёт к катастрофическим экологическим проблемам;
- в качестве исходной энергии для ГКТ необходимо использовать наиболее экологически чистую энергию – электрическую.

Кроме решения экологических проблем повышение эффективности геокосмического транспорта снизит себестоимость доставки грузов на орбиту, которая обратно пропорциональна КПД транспортной системы (аналогично любому наземному виду транспорта).





Именно ОТС соответствует перечисленным и многим другим требованиям, предъявляемым к ГКТ при широкомасштабном освоении космоса [1, 5, 20, 22, 31].

В первые же годы работы ОТС (предположительно 2040–2045 гг.) с Земли в космос будут доставлены около 100 млн тонн оборудования, конструкций и материалов, достаточных для создания на экваториальных орбитах на высоте 300–500 км [20]:

- солнечной энергетики мощностью приблизительно 2 млрд кВт (такова мощность всех электростанций мира сегодня), так как с 1 м² освещённой в космосе поверхности можно взять около киловатта мощности. Топлива для этих и последующих электростанций – водорода в нашем свете Солнце – достаточно минимум на 5 млрд лет;
- несколько сотен ЭкоКосмоДомов (ЭКД) для длительного проживания и работы на орбите нескольких сотен тысяч человек [32];
- базовой линейной платформы космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита») протяжённостью

более 42 000 км с выполненными по струнным технологиям вдоль него инфраструктурными коммуникациями (транспортными, энергетическими и информационными).

КИО «Орбита» – это транспортно-инфраструктурный и промышленно-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора на высоте несколько сотен километров. Внешне космический комплекс будет выглядеть как ожерелье из доставленных на орбиту грузовых и пассажирских модулей, с шагом (в перспективе) порядка 500 м, соединённых друг с другом «нитьями» – струнными орбитальными дорогами, а также энергетическими и информационными коммуникациями.

Вокруг космических струнных коммуникаций и инфраструктурных модулей, как вокруг катализаторов, со временем вырастут «кристаллы» орбитального индустриального кольца – лаборатории, цеха, заводы, фабрики, электростанции и другие промышленные сооружения. В жилых биосферных поселениях, построенных рядом, сможет жить и работать (причём в более комфортных условиях, чем на планете) обслуживающий космическую индустрию персонал, со временем – около 10 млн человек (0,1 % земного населения).

В течение XXI в. основная часть земной индустрии будет вынесена за пределы планеты, точнее – вновь создана в ближнем космосе на круговых экваториальных орбитах в условиях космической технологической среды. Для реализации данного плана вполне достаточно 5 трлн USD инвестиций ежегодно – половины того, что сегодня планируется вложить в упомянутую ресурсную революцию и спасение мировой экономики. Это позволит в течение примерно 50 лет завершить перезагрузку нашей техногенной цивилизации на космический вектор развития в новой ресурсной логике: «Планета – для жизни. Космос – для индустрии». Причём ОТС станет едва ли не самой дешёвой частью этой перезагрузки – всего каких-то 2,5 трлн USD на строительство [20].

На 1/15 суши (или 1/60 поверхности планеты) будет создана антропогенная биота, которая сможет кормить и обслуживать человечество, а на остальной территории Земли (14/15 суши, или 59/60 всей поверхности планеты) сохранится естественная биота. Это обеспечит природную биологическую регуляцию окружающей среды, существовавшую в доиндустриальную эпоху. Основная часть техносферы разместится в космосе; на Земле же в качестве отраслей останутся только земное сельское хозяйство и медицина, земной экологически чистый транспорт и инфраструктура, земное экологически чистое строительство и пешеходные линейные города, а также отдельные, экологически безопасные структурные элементы общепланетарной энергетики, связи и машиностроения.



Вынесение индустрии в космос откроет доступ к неисчерпаемым минеральным ресурсам в Солнечной системе, в частности к тяжёлым металлам, запасы которых на Земле ограничены. Например, астероид Психея, расположенный в кольце астероидов Солнечной системы между Марсом и Юпитером, имеющий диаметр около 250 км и массу почти 10¹⁸ тонн, на 90 % состоит из железа и никеля [33].

Космическое индустриальное ожерелье планеты станет плацдармом для защиты от космических угроз (в том числе метеоритной) и платформой для экспансии земной цивилизации в дальний космос. В ЭКД планируется создать различные биосферные банки, доставленные с Земли: живых плодородных почв, микрофлоры и микрофауны, флоры и фауны. Следовательно, никакие рукотворные или природные катаклизмы и катастрофы на планете, способные убить земную биосферу, не смогут уничтожить тысячи замкнутых и автономных экосистем, расположенных на орбите в космических экодомах.

Земная техногенная цивилизация, наученная горьким опытом непростых отношений с окружающей природой на своей родной планете, в своём доме – в живой биосфере, будет делать осторожные шаги в космосе, чтобы также гармонично вписаться в окружающую космическую среду – в чужой (уже космический) дом, хотя и мёртвый в окрестностях нашей Земли.

От автора настоящего исследования мало зависят выбор и реализация одного из описанных сценариев развития человечества, находящегося сегодня в точке техногенной цивилизационной развилки, – жить в «биосферной чашке Петри», пытаясь продлить своё комфортное существование всеми возможными и не всегда продуманными и гуманными способами, или же открыть технологический выход в космос нашей земной технократии.

Мы ещё успеваем с выбором, однако лет через 15–20 будет уже слишком поздно, так как судьбоносные решения

для нас, землян, принимает хаотично и бессистемно так называемая «мировая элита», стихийно собранная из политиков, банкиров и владельцев крупнейших состояний. При этом среди них нет ни одного инженера, способного комплексно и системно мыслить в масштабах планеты. Значит, они поведут нашу цивилизацию «в светлое будущее» по описанному выше сценарию № 1 – туда, где здесь и сейчас на глобальных проблемах человечества можно получать баснословно высокую прибыль.

И всё же у биосферы нет заранее приготовленной «секретной двери», через которую можно было бы кому-то, в том числе мировой элите, выйти и спрятаться – подобную роль не способен выполнить ни частный островок в океане, ни глубокий бункер в горах, ни «Боинг» с противоракетной обороной. Все без исключения вынуждены пойти по той же биосферной тропе и туда же, куда повернуло всё человечество, – сегодняшняя история с пандемией коронавируса это подтверждает. Отправиться в направлении к своей неизбежной деградации, угасанию и гибели, причём по историческим меркам не в отдалённой перспективе, а в обозримом будущем.

Собственно, выбор путей развития мало зависит и от самого человечества, не имеющего единого органа управления. Организованы только локальные центры принятия решений – правительства отдельных стран, в первую очередь, индустриально развитых, которые по существу мало чем отличаются от вождей племён, живших когда-то в своих обособленных пещерах. Вместе с тем их можно убедить сесть за общий стол переговоров, чтобы сообща избрать единственно верный путь к устойчивому будущему биосферы нашей планеты и, собственно, человечества (сценарий № 2 перезагрузки техносферы).

По своей преобразовательной сути перезагрузка техносферы, изложенная с инженерной точки зрения, и является основой программы «ЭкоМир» (экологически чистый мир) для спасения нашей цивилизации.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Для того чтобы выжить, человек за всю историю существования вот уже во второй раз должен вынести индустриальные технологии за пределы своего дома: в первый раз – за пределы земной пещеры, во второй – за пределы земной биосферы. Это даст возможность нашей техногенной цивилизации не только спастись, но и устойчиво развиваться неограниченно долго во времени и пространстве бесконечной Вселенной.

Программа «ЭкоМир» может стать общемировым достоянием и тем инструментом, который позволит достичь всех 17 целей устойчивого развития земной цивилизации, провозглашённых Организацией Объединённых Наций, и привести к созданию более совершенного мира, включающего в себя земной БиоМир, космический ТехноМир и объединяющий их ХомоМир. На трёх китах ЭкоМира и необходимо сосредоточиться в дальнейших исследованиях, хотя автору как инженеру ближе всего «инженерный кит» – космический ТехноМир.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.
2. Циолковский, К. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Вестник воздухоплавания. – 1912. – № 3. – С. 15–16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://viewer.rusneb.ru/ru/000200_000018_RU_NLR_DIGIT1_511208?page=26&rotate=0&theme=white. – Дата доступа: 12.05.2020.
3. Биологический энциклопедический словарь: Человек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gufo.me/dict/biology/%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA>. – Дата доступа: 12.05.2020.
4. Romero, D. Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-Centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies / D. Romero [et al.] // Proceedings of the Intern. Conf. on Computers and Industrial Engineering (CIE46), Tianjin, China. – 2016. – P. 29–31.
5. Юницкий, А.Э. Исторические предпосылки программы SpaceWay как единственного пути устойчивого развития цивилизации технократического типа / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные

технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск, 2019. – С. 23–29.

6. Залманов, А. Тайная мудрость человеческого организма. Глубинная медицина. – Litres, 2020. – 259 с.
7. Дудаков, Д.С. Историческая ретроспектива роли транспортных сетей в развитии городов / Д.С. Дудаков // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – № 3 (44). – С. 225–243.
8. Хусаинов, Ф.И. Эволюция железнодорожной отрасли в США: уроки для России / Ф.И. Хусаинов // Капитализм и свобода: материалы IV междунар. конф., Санкт-Петербург, 11 апреля 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.hse.ru/data/2015/08/17/1088189079/rail_usa11042015.pdf. – Дата доступа: 03.06.2020.
9. Список стран по длине сети автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_длине_сети_автомобильных_дорог. – Дата доступа: 20.06.2020.
10. De Vries, A. Bitcoin's Growing Energy Problem / A. De Vries // Joule. – 2018. – Vol. 2, No. 5. – P. 801–805.
11. Falcon 9 стартовала на орбиту с новой партией из 60 интернет-спутников Starlink [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/world/683798/>. – Дата доступа: 07.07.2020.
12. Bolt, J. GDP per Capita Since 1820 / J. Bolt, M. Timmer, J.L. van Zanden [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/306235/3014041ec007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. – Date of access: 07.07.2020.
13. Cilluffo, A. World's Population is Projected to Nearly Stop Growing by the End of the Century / A. Cilluffo, N.G. Ruiz // Pew Research Center [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/06/17/worlds-population-is-projected-to-nearly-stop-growing-by-the-end-of-the-century/>. – Date of access: 07.07.2020.
14. Seiler, A. Mortality in Wildlife due to Transportation / A. Seiler, J.O. Helldin // The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment. – Dordrecht: Springer, 2006. – P. 165–189.
15. Erritzoe, J. Bird Casualties on European Roads – a Review / J. Erritzoe, T.D. Mazgajski, Ł. Rejt // Acta Ornithologica. – 2003. – Vol. 38, No. 2. – P. 77–93.
16. Imbabi, M. Trends and Developments in Green Cement and Concrete Technology / M. Imbabi, C. Carrigan, S. McKenna // International Journal of Sustainable Built Environment. – 2012. – Vol. 1, No. 2. – P. 194–216.

17. Земляные работы в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/eW0XX-9huLGl.html>. – Дата доступа: 07.07.2020.
18. Лёгкие планеты находятся в океане [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.pravda.ru/science/1046889-planetpulm>. – Дата доступа: 21.07.2020.
19. Геворкьян, В.Х. «Газовое дыхание» планеты и баланс диоксида углерода в атмосфере и гидросфере / В.Х. Геворкьян // Геологический журнал. – 2013. – № 2. – С. 77–91.
20. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
21. Варгин, П.Н. Что происходит с озоном в настоящее время? / П.Н. Варгин, А.Н. Груздев // Вестник Российской академии наук. – 2013. – Т. 83, № 4. – С. 354–358.
22. Юницкий, А.Э. Программа SpaceWay – единственно возможный сценарий спасения земной технократической цивилизации от угасания и гибели / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 31–39.
23. Озоновый слой и изменение климата [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://kutbilim.kg/2019/11/29/ozonoviy-sloj-i-izmenenie-klimata/>. – Дата доступа: 29.07.2020.
24. Коровы разрушают озоновый слой [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: <http://itnews.com.ua/news/11694-korovy-razrushayut-ozonoviy-sloj>. – Дата доступа: 01.08.2020.
25. Доклад о развитии человека 2009. Преодоление барьеров: человеческая мобильность и развитие / Пер. с англ. ПРООН. – М.: Весь мир, 2009. – 232 с.
26. Русаков, В.М. Философия мобильности в современном мире / В.М. Русаков, О.Ф. Русакова // Дискурс-Пи. – 2015. – Т. 12, № 2. – С. 10–18.
27. Ничипорович, А.А. Физиология и продуктивность растений / А.А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 7–33.
28. Юницкий, А.Э. Экваториальный линейный город как альтернатива концепции «умных городов» / А.Э. Юницкий, С.С. Семёнов // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. /

Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 223–229.

29. Рынденков, Д.В. Ведение вакуумной дуговой плавки жаропрочных никелевых сплавов по скорости наплавления слитка на печи производства ALD Vacuum Technologies СтбН / Д.В. Рынденков, Д.А. Карягин, И.А. Березина // Литейщик России. – 2015. – № 9. – С. 32–35.
30. Панин, В.Е. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий / В.Е. Панин [и др.] // Сварочное производство. – 2000. – № 2. – С. 34–38.
31. Юницкий, А.Э. Описание конструктивных элементов астроинженерной транспортной системы SpaceWay / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 41–49.
32. Юницкий, А.Э. Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 51–57.
33. Астероид Психея [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://elementy.ru/kartinka_dnya/927/Asteroid_Psikheya. – Дата доступа: 03.08.2020.



Эстафетный принцип радиосвязи для прогнозирования и предотвращения грозящих человечеству катастроф в дальнем космосе

Плескачевский Ю.М.

Беларусь, г. Минск,
член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Республики Беларусь,
кафедра «Микро- и нанотехника»
Белорусского национального технического университета

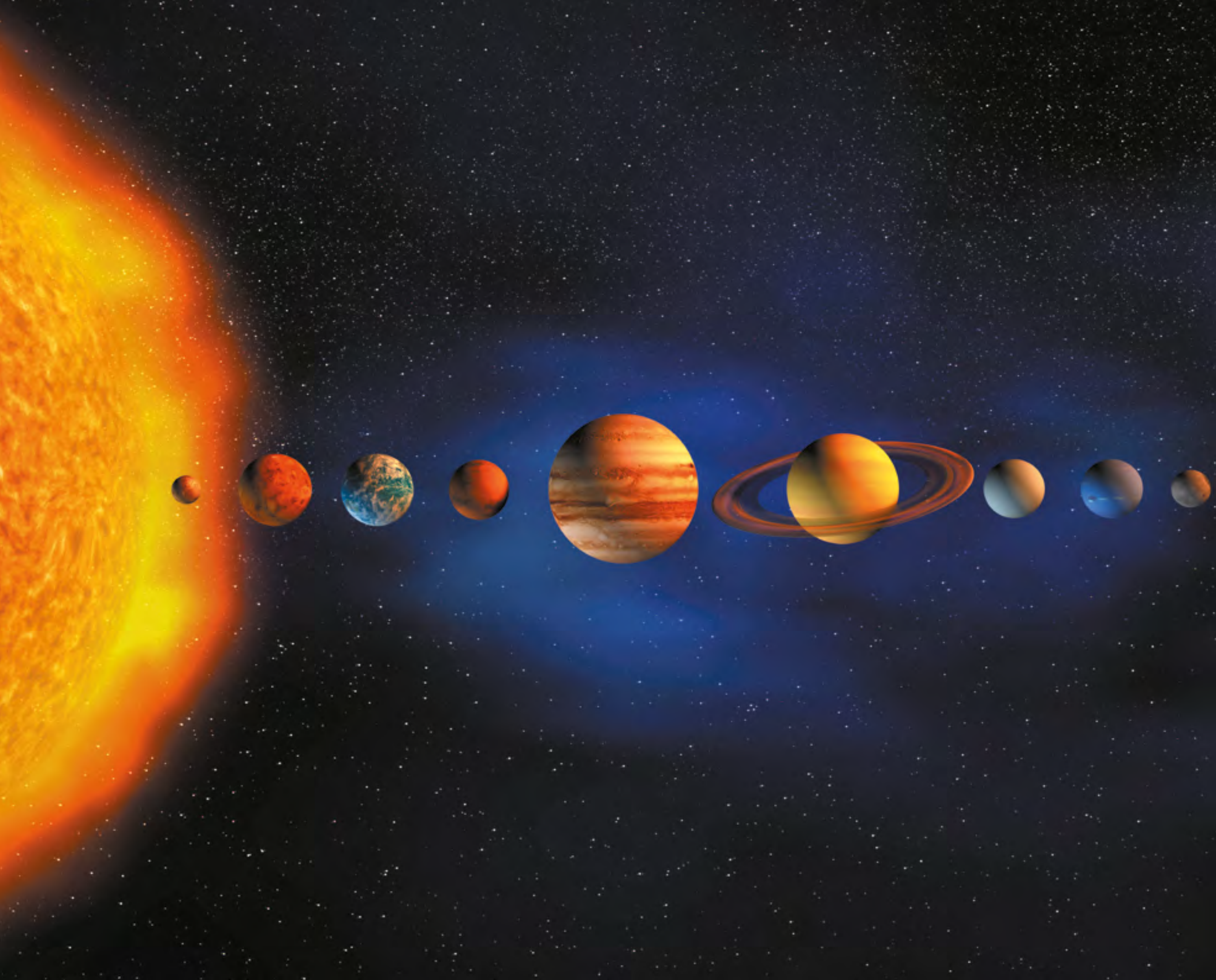
УДК 629.78



Систематизированы все известные траектории движения в космосе Земли, Солнечной системы и Галактики. Названы и кратко описаны вероятные на этих путях угрозы для человечества. Предложено запускать с определёнными интервалами впереди движущейся Земли «дозоры» в виде «моделей» нашей планеты, содержащие комплекс космических лабораторий, которые по эстафетному принципу от «модели» к «модели» и далее будут передавать информацию Земле о гравитационных, радиационных, физических и биологических жизненно важных явлениях и процессах. Человечество сможет своевременно принять меры по предотвращению возможных катастроф.

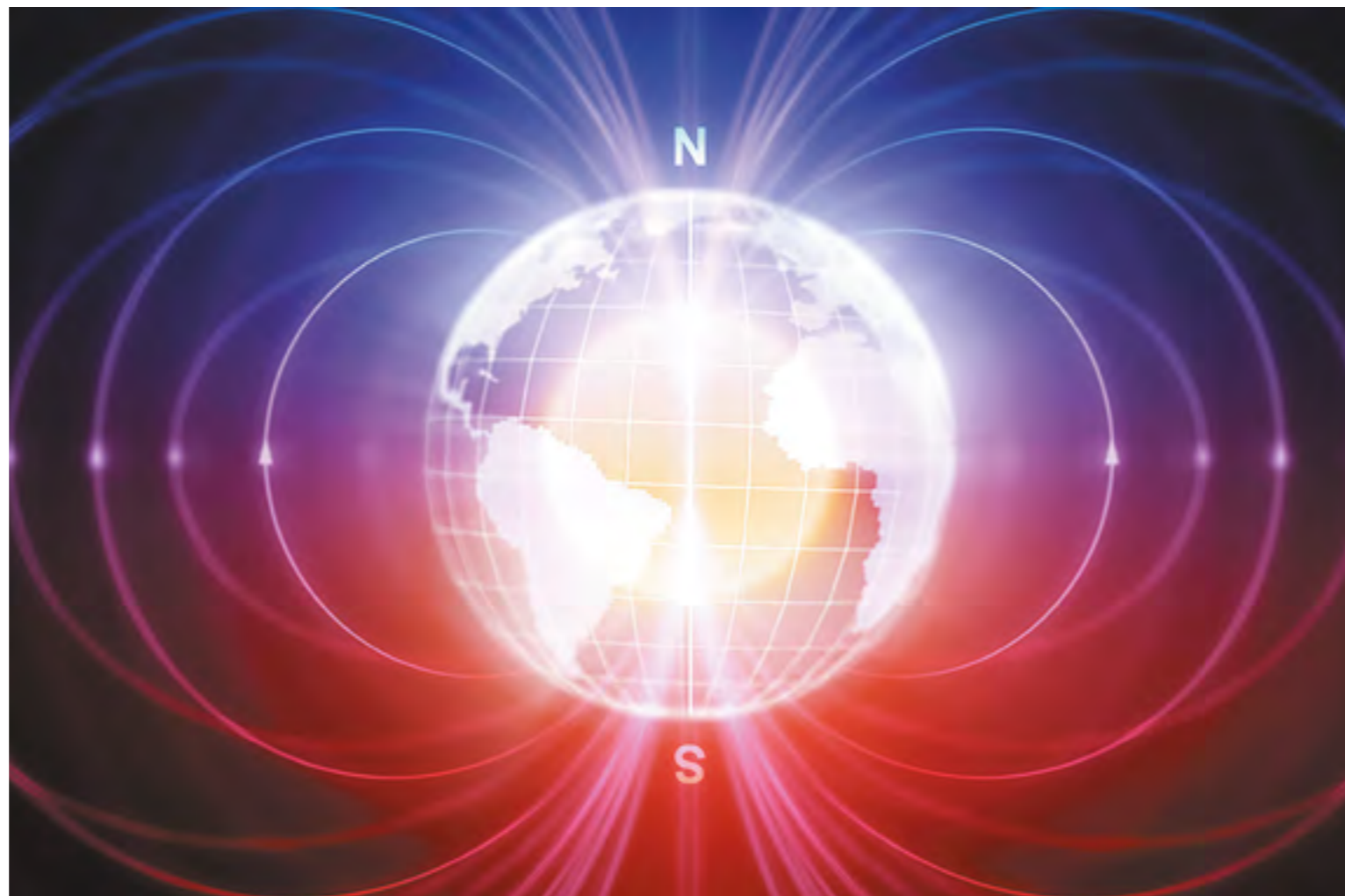
Ключевые слова:

дальний космос, «дозоры» в виде космических лабораторий, предотвращение катастроф, траектория движения Земли, угрозы для человечества, эстафетный принцип радиосвязи.



Если системно проанализировать все вероятные угрозы человечеству на пути движения в дальний космос Земли и всей Солнечной системы, то нашу планету можно представить в виде корабля, который мчится с огромной скоростью в кромешной тьме без прожекторов, лоции и лотов с беспечно играющей в карты командой, нисколько не беспокоящейся о возможных на своём пути рифах, скалах, водоворотах, гигантских спрутах, штормах и ураганах. Считается ли такое «путешествие» безопасным? Вопрос риторический. То, что сегодня делает мировое сообщество для изучения дальнего космоса, – или фрагментарно, или экзотично, а задача о необходимости прогнозирования при таком перемещении потенциальных для человечества угроз вообще не сформулирована.

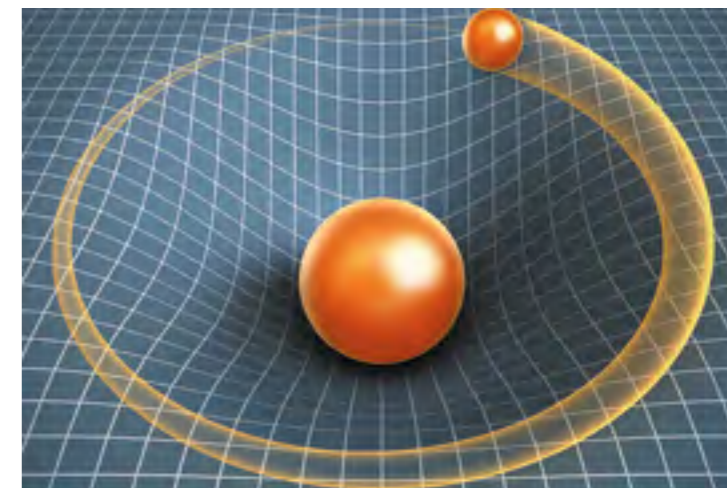
Куда же и с какой скоростью движется Земля в безбрежном космосе? В астрономии есть понятие «апекс» – точка на небесной сфере, в направлении которой перемещается в пространстве наблюдатель на некоем объекте или вместе с ним (например, с Землёй или всей Солнечной системой) [1]. При этом следует указывать, относительно чего происходит движение, т. е. какова система отсчёта. Если наблюдатель находится на поверхности Земли, то апекс его суточного изменения положения совпадает с точкой востока (суточный апекс). Апекс орбитального движения Земли перемещается в течение года в плоскости её орбиты (по эклиптике). Относительно ближайших звёзд (так называемого местного стандарта покоя) Солнце продвигается со скоростью 20 км/с с апексом, имеющим приблизительные экваториальные координаты: прямое восхождение $\alpha = 18^h = 270^\circ$, склонение $\delta = +30^\circ$ (эпоха 1900.0). Апекс описываемого движения всей Солнечной системы находится в созвездии Геркулес. В то же время Солнце и его планетная система движутся вместе с ближайшими звёздами вокруг центра Галактики со скоростью около 200 км/с. Относительно межзвёздного газа перемещение Солнца происходит в направлении $\alpha = 258^\circ$; $\delta = -17^\circ$. Относительно реликтового излучения (или, можно условно сказать, относительно всей Вселенной) Солнце движется со скоростью около 370 км/с в направлении границы созвездий Лев и Чаша, к точке с экваториальными координатами $\alpha = 11^h 12^m$ и $\delta = -7,1^\circ$ (эпоха J2000), что соответствует галактическим координатам $l = 264,26^\circ$, $b = 48,22^\circ$ [1, 2]. Однако следует заметить, что в модели расширяющейся Вселенной [3] практически все скорости со временем увеличиваются. Именно поэтому специалисты указывают номер эпохи, что делает возможным корректное сравнение значений разнообразных величин, включая скорости перемещения астрономических объектов.



С расширением Вселенной связан ряд физических процессов, которые могут нести угрозу существованию жизни на Земле. Например, согласно выдвинутой нами гипотезе, таким процессом считается радиоактивный распад вещества [4]. Константы, которые характеризуют сильные и слабые взаимодействия, ответственные за устойчивость вещества или стабильность ядер [5], на самом деле константами не являются и изменяются по мере расширения Вселенной. Данное утверждение основано на предположении, что расширение космического пространства не ограничивается удалением галактик друг от друга, ослаблением гравитационного поля и уменьшением плотности вещества, а затрагивает и микромир: одновременно возрастают межатомные в молекулах, внутриатомные и внутриядерные расстояния. Это ничтожно малые расстояния (единица измерения которых – ангстрем – одна десятиллиардная доля метра), но именно они определяют переход вещества из одного

состояния в другое. Правомерность высказанной гипотезы подтверждает серия теоретических положений и экспериментальных фактов, изложенных в общедоступной литературе [2, 4, 6, 7].

При ослаблении гравитационного воздействия размеры атомов и их ядер увеличиваются, что может приводить к их неустойчивости. Самые плотные атомы, такие как бериллий, бор, марганец, железо, кобальт, никель, рутений, родий, палладий и другие, в природных условиях Земли стабильны. Наиболее «рыхлые» атомы, такие как тритий, калий, кальций, рубидий, являются естественно-радиоактивными. При движении Земли в градиентных гравитационных полях границы устойчивости могут меняться. Резким переходом стабильных элементов в радиоактивные объясняются некоторые катастрофы в живом мире Земли в далёкие геологические эпохи. Виновником подобного катаклизма мог стать висмут-209. В ряду изотопов он расположен на самой границе с устойчивыми



элементами. Однако, когда изменился уровень гравитации, ^{209}Bi начал «разваливаться», убивая изнутри всё живое, его содержащее, в частности динозавров.

Если радиоактивность – это свойство веществ, проявляющееся только в данной области галактического пространства, то, перемещая радиоактивное вещество ближе к центру Галактики, его возможно превратить в стабильное. Например, стабильное в условиях Земли вещество при удалении от центра Галактики переходит в неустойчивое состояние.

Исходя из выдвинутой гипотезы, можно предсказать, какие элементы через некоторое время пополнят семейство радиоактивных. Вероятнее всего, это будут самые «рыхлые», но пока ещё стабильные натрий, цезий и барий, а также лежащий на границе устойчивости изотоп свинца. Страшно предположить, что произойдёт на Земле, если натрий или свинец вдруг станут радиоактивными. Что не исключено.

Особо опасными для человечества могут стать «свободно гуляющие» в космических просторах вирусы, бактерии, другие микроорганизмы и их «осколки», способные вызвать пандемии, мутации известных нам вирусов, к борьбе с которыми люди окажутся не готовы. О подобной угрозе в публикациях 1981 г. человечество предупреждали известные учёные Ф. Хойл и Н.Ч. Викрамасингх. Они изложили и обосновали теорию так называемой панспермии, утверждающей, что основы биологической жизни на Земле были занесены из космоса кометами и метеоритами. Теория панспермии сформирована на статистически обоснованной этими авторами идее о том, что дошедшие до нас из глубины веков и даже тысячелетий свидетельства об эпидемиях совпадают по времени с появлением комет в окрестностях Земли.

Международный интернет-журнал NewResume.org за январь 2016 г. отмечает, что в 1909 г., когда была зафиксирована вспышка полиомиелита, на Землю упали десятки метеоритов, из них самый крупный массой 53 кг найден в Мексике. В 1911 г. в Австралии произошло падение метеорита массой более 22 тонн, и именно в этом году открыли вирус саркомы Рауса.

В Средние века люди связывали прохождение комет с эпидемиями чумы.

Международную космическую станцию «Мир» затопили в океане, одна из причин такого решения – она вся послала неким ранее неизвестным грибок [2].

Хвосты многих комет тянутся в космосе на сотни миллионов километров. Кометы давно и далеко улетели,

а их «шлейфы» остались. Содержащиеся в них микроорганизмы и «осколки» органики попадают в атмосферу Земли, когда её орбита пересекается с данным хвостом. Затем они постепенно опускаются, проникая в питательную среду океанов, морей, рек, болот, а также в животный мир, где начинают активно размножаться, вызывая впоследствии различные эпидемии [8, 9]. Сколько таких хвостов пересекает траектория движения Земли за 200 млн лет [10] – времени полного оборота Солнечной системы вокруг центра Галактики?

На путях Земли в космосе планету ожидают неизвестные по мощности и локализации радиационные поля. Понятно, какую опасность для всего живого представляет ионизирующая радиация. Доза более 1 Зв приводит к сильному радиационному поражению человеческого организма, свыше 5 Зв – практически смертельна. Вокруг Земли два радиационных пояса: на высотах около 4000 км и 17 000 км от поверхности планеты. В этих поясах радиационный фон составляет 15 Зв/год, в межпланетном пространстве – около 0,23 Зв/год, на поверхности Луны – примерно 0,13 Зв/год. Самыми мощными радиационными поясами среди планет Солнечной системы обладает Юпитер [1]. Остаётся совершенно неизвестным, сколько радиационных полей и какой мощности пересекает Земля за 200 млн лет при её только одном обращении в составе Солнечной системы вокруг центра Галактики.

Впереди Земли должны лететь космические «дозоры» в виде «моделей» нашей планеты, содержащие

многофункциональные лаборатории и передающие на Землю по защищённым каналам радиосвязи информацию об изменениях гравитационного поля, уровня радиации, биологических и иных угрозах человечеству. Необходимо, чтобы основу таких лабораторий составили высокочувствительные гравиметры, биосенсоры, радиометры, контролирурующие внешние электромагнитные излучения и радиационную стабильность всех «рыхлых» атомов, включая натрий и свинец.

Для того чтобы радиосвязь с Землёй была постоянно информативной, «дозоры» обязаны стартовать друг за другом с интервалами, достаточными для надёжной передачи радиосигнала по эстафетному принципу от «дозора» к «дозору» и далее к Земле. Надёжной платформой для запуска подобных комплексных лабораторий может служить находящееся на околоземной орбите разработанное инженером А. Юницким общепланетарное транспортное средство (ОТС) – геокосмический летательный аппарат, охватывающий планету в плоскости экватора и курсирующий между Землёй и космическим индустриальным ожерельем «Орбита». Вместе с орбитальной транспортной системой SpaceWay и размещёнными на орбите заводами, фабриками, электростанциями, жилыми модулями, коммуникациями и другими составными элементами космической индустрии этот многофункциональный орбитальный комплекс представляет собой единую жёстко связанную механическую систему протяжённостью более 42 000 км суммарной массой более миллиарда тонн [11, 12].

Литература

1. Сурдин, В.Г. Большая энциклопедия астрономии / В.Г. Сурдин. – М.: Эксмо, 2012. – 480 с.
2. Плескачевский, Ю.М. Укрощение цунами: Гипотезы. Идеи. Мысли. Факты / Ю.М. Плескачевский. – Гомель: БелГУТ, 2018. – 284 с.
3. Силк, Дж. Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной / Дж. Силк; пер. с англ. А.Г. Полнарёва; под ред. И.Д. Новикова. – М.: Мир, 1982. – 391 с.
4. Михайлов, Ю.М. Всё течёт, всё... расширяется / Ю.М. Михайлов // Ты не прав, Ньютон!: материалы Всесоюз. конф. ФЕНИД-90. – Гомель – Калининград, 1990. – С. 96–104.
5. Спиридонов, О.П. Фундаментальные физические постоянные: учеб. пособие // О.П. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1991. – 238 с.
6. Patyko, D. Ten Daes that Killed the Dinosaurs / D. Patyko // Moscow News Weekly. – 1985. – No. 6. – P. 10.
7. Патыко, Д. В багаж... Галактику? / Д. Патыко // Московские новости. – 1985. – 18 авг.
8. Валентинов, А. Что у кометы за хвостом? / А. Валентинов // Социалистическая индустрия. – 1979. – 24 апр.
9. Каймаков, Е. Загадки... хвостатых звёзд / Е. Кайманов, Г. Ломанов // Социалистическая индустрия. – 1983. – 14 сент.
10. Белов, С. Смена декораций каждые двести миллионов лет? / С. Белов // Наука и жизнь. – 1999. – № 7. – С. 10–13.
11. Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – 235 с.
12. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.





Предпосылки формирования идеи общепланетарного транспортного средства в философии русского космизма

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Петров Е.О.

Беларусь, г. Минск,
ЗАО «Струнные технологии»

УДК 1 (091)



Рассматриваются концепции освоения космоса, представленные в творчестве русских мыслителей XIX и XX вв.: Н.Ф. Фёдорова, К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского. Прослеживаются параллели в творчестве указанных философов с идеями, сформулированными инженером А.Э. Юницким. Обозначаются отличия в подходе автора общепланетарного транспортного средства (ОТС) от его предшественников, основное из которых состоит в том, что А.Э. Юницким предложено в высокой степени проработанное, единственно возможное с позиций физики (справедливых и в будущем) техническое решение, позволяющее уже в обозримой перспективе обеспечить достижение целей, описанных ранее лишь на теоретическом уровне.

Ключевые слова:

индустриализация космоса, космизм, ноосфера,
общепланетарное транспортное средство (ОТС),
планетарная инженерия.



$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$(a+b)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} a^{n-k} b^k = \binom{n}{0} a^n + \binom{n}{1} a^{n-1} b + \dots + \binom{n}{k} a^{n-k} b^k + \dots + \binom{n}{n} b^n$$

$$A = 1 / \sum \exp(-\mu_n h \nu) = 1 / \exp(\mu h \nu)$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$L = 4\pi R^2 F$$

$$q(\vec{r}) = \frac{3}{4\pi} G \frac{M}{r}$$

$$G = 6.67408(31) \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

$$\Psi = \int e^{\frac{ikx}{z}} dx$$

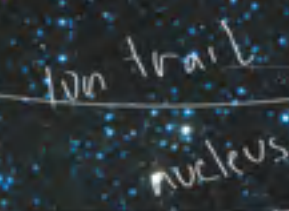
$$U = \sum \epsilon_{nl} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1} - \frac{a}{2}$$

$$u(\nu, T) = \rho(\nu) \frac{8\pi h \nu^3}{c^3 \exp(h\nu/kT) - 1}$$

$$S = \mu U - L \ln A$$

$$\left(\frac{ikx}{4\pi z} - \frac{e^{-ikaz}}{4\pi} \right)$$

$$S_{\text{sun}} = \frac{kc^3}{4\pi G}$$



$$\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi G \rho(r)}$$

$$F = \int I_{\cos \theta} d\Omega dv$$

$$\vec{F}(\vec{r}) = -m \nabla \varphi(\vec{r})$$

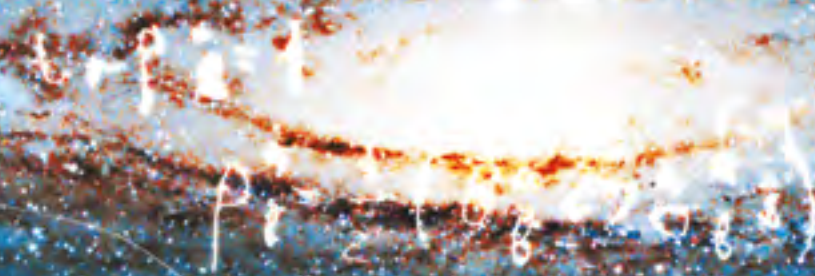
$$ds = \rho(\vec{r}) \cdot \vec{r} \cdot d\vec{r}$$

$$\varphi(\vec{r}) = -G \int \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV'$$

$$\left(e^{\frac{ikx}{z}} - e^{-\frac{ikaz}{z}} \right)$$



$$p_{ob} = p_{a} = p_{b}$$



$$G = 2.76 \cdot 10^{-58}$$

$$P_{v, \frac{1}{2}} = 8 \pi \nu^2 / c^3$$

$$\Psi = \int e^{\frac{ikx}{z}} dx$$

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi \nu^3}{c^3} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

$$\epsilon_n = \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

$$S = k l \cdot W$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \epsilon_n p_n = U$$

$$p_n = A \exp(-\mu_n h \nu)$$

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (\exp(hc/\lambda kT) - 1)}$$

$$\sin \chi = \frac{e^{\mu} - e^{-\mu}}{2i}$$

$$\sin \theta = \frac{x}{z}$$

$$I(\nu, T) = \frac{2kT}{c^2} \nu^2$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$H^2 = (8\pi G \rho / 3c^2) / (K_0/a)$$

$$L_{\text{planet}} = c t_{\text{transit}} = 10^{10}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \epsilon_n p_n = U$$

$$G = 6.67408(31) \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

$$a \rho = -4\pi G (\rho + 3P/c^2) / (3c^2)$$

$$R(t) \sim e^{10t}$$

$$S = \int_a^b f(x) dx$$

$$\cos \theta \frac{dI_0}{ds} = -\alpha_{\nu} I_{\nu} \cdot J_{\nu}$$

$$\varphi(\vec{r}) = -G \frac{M}{r}$$

$$P = -3H(\rho + 3P/c^2)$$

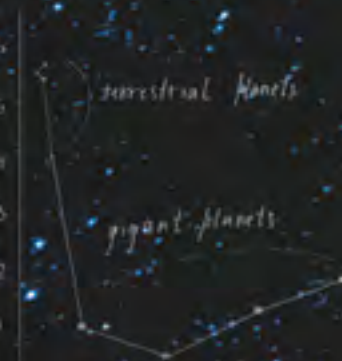
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\frac{1}{x^5} \frac{dx}{dt} = \frac{KL}{GM} = 10^{-15} \text{ s}^{-1}$$

$$\Omega_m + \Omega_{\Lambda} + \Omega_r = 1$$

$$\Omega_r = \frac{1}{3} \frac{c^2}{H^2}$$

$$\varphi(\vec{r}) = -G \int \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV'$$



Введение

Космос занимает важное место в мировоззрении славянских народов. Отношение к нему в русской культуре отлично в сравнении и с античной, и с новоевропейской традициями. Помимо того что интерпретация космоса у славян основана на естественно-научных или религиозных представлениях генеалогического толка, он осмысливается ещё и как пространство морально-этического выбора и соответствующего поступка, совершаемого каждым в отдельности и человечеством в целом. Цивилизация оказывается ответственной за судьбу планеты Земля и сохранность тех форм жизни, которые её населяют.

Особое восприятие космоса нашло отражение в русском космизме, а затем получило развитие в советской философии, прочно войдя таким образом в структуры национального самосознания и самоопределения русских и советских людей. Во многом этими факторами обусловлены значительные достижения славянских народов в области космонавтики.

Получившее развитие в русской философской традиции «моральное измерение космоса» сегодня заново оказывается актуальной темой ввиду глобальных экологических проблем, вставших перед человечеством в XX–XXI вв. Следовательно, вопросы освоения космического пространства более не носят исключительно научный или коммерческий характер, но затрагивают фундаментальные проблемы, связанные с выживанием цивилизации.

Обзор учений Н.Ф. Фёдорова, В.И. Вернадского и К.Э. Циолковского

Н.Ф. Фёдоров считается основоположником космического направления в русской философии. На первый взгляд, его идеи могут казаться наивными. Однако заданный им вектор мышления не только сохраняет актуальность в нынешнем мире, но и заключает в себе возможность решения глобальных задач, с которыми столкнулась цивилизация в XXI в.

Учение Н.Ф. Фёдорова называют философией общего дела. Мыслитель исходил из изначального братства и родства всех людей, причём актуальное положение и в его время, и теперь говорит скорее об обратном: человечество находится в состоянии разобщённости, небратства. «Под небратским состоянием, – писал Н.Ф. Фёдоров, – мы разумеем все юридико-экономические отношения, сословность и международную рознь» [1]. Как тогда, так и сегодня это является препятствием на пути развития, совершенствования общества и каждого индивидуума.



Значит, вопрос братства для Н.Ф. Фёдорова носил практический характер. Необходимо прежде всего преодолеть рознь духовную, экономическую, политическую, чтобы выйти на новый цивилизационный уровень.

Целью, к которой человечество должно стремиться в обозримом будущем, Н.Ф. Фёдоров считал бессмертие. В нём философ видел победу над общим врагом – природой. Оружием в борьбе призвана выступить наука, она примирит стороны. Вот как это описывал сам мыслитель: «Кто наш общий враг, единый, везде и всегда присутствующий, в нас и вне нас живущий, но тем не менее враг лишь временный? Этот враг – природа. Она – сила, пока мы бессильны, пока мы не стали её волей. Сила эта слепа, пока мы неразумны, пока мы не составляем её разума... Природа, враг временный, будет другом вечным, когда в руках сынов человеческих она из слепой, разрушительной силы обратится в волосоцидательную» [1].

Именно природа нашего существования (а не окружающая нас естественная природа), по мнению Н.Ф. Фёдорова, является причиной небратства. Биологические потребности человека, страх перед смертью, болезнями и бедностью,

ведущей к гибели, заставляют нас видеть друг в друге угрозу, бороться за пространство, ресурсы и прочее. С другой стороны, смерть как продиктованная природой неизбежность в действительности есть ультимативно объединяющий всех людей фактор, и перед ним все равны. Следовательно, только борьба с ней может выступить основанием для объединения. Подобная цель развития цивилизации многим покажется утопией, чем-то недостижимым, но нельзя не согласиться: «...в философском плане вопрос о бессмертии и даже воскрешении во всяком случае не может отбрасываться как реакционный или тёмно-окультистский» [2].

В борьбе со смертью и состоит то «общее дело», вокруг которого должно объединиться человечество, раз и навсегда прекратив всякую вражду, так как все люди в биологическом плане – родня друг другу, происходящая от некоего одного доисторического предка. Значит, среди всего человечества должно установиться такое же отношение, как и внутри семьи с её единими интересами, целями, задачами. Домом же этой семьи предстаёт не только планета, а весь космос. Освоить его нам придётся, когда мы будем жить бесконечно долго, число людей станет только прирастать и на Земле окажется недостаточно места для всех.

Пожалуй, главное, что мы обнаруживаем в философии Н.Ф. Фёдорова в контексте становления космизма, это утверждение необходимости объединения человечества для достижения универсальных высших целей. Немаловажно, что данные ориентиры носят практический характер, ибо бессмертие, если допускать его возможность, как и смерть, имеет сугубо практическое значение. Движение к указанной цели неизбежно должно сопровождаться улучшением качества жизни людей, которые будут становиться всё более здоровыми и жить всё дольше, пока не отодвинут смерть в некую бесконечную перспективу. Подобный широкий горизонт делает условными не только временные детерминанты человеческого существования, но и пространственные. Человечество через научный и технический прогресс должно стремиться к тому, чтобы стать вечной в бесконечности сущностью. Космос, Вселенная (а не хата, деревня, город или даже планета) становятся тогда средой нашего обитания и сферой ответственной разумной деятельности. Именно этот смысл концепции Н.Ф. Фёдорова был подхвачен и развит другими представителями космизма, из которых мы остановимся на двух фигурах, в чьих учениях обнаруживается в наибольшей степени проработанная естественно-научная составляющая.

К.Э. Циолковского чаще всего вспоминают как основоположника ракетной космонавтики, хотя сам он считал

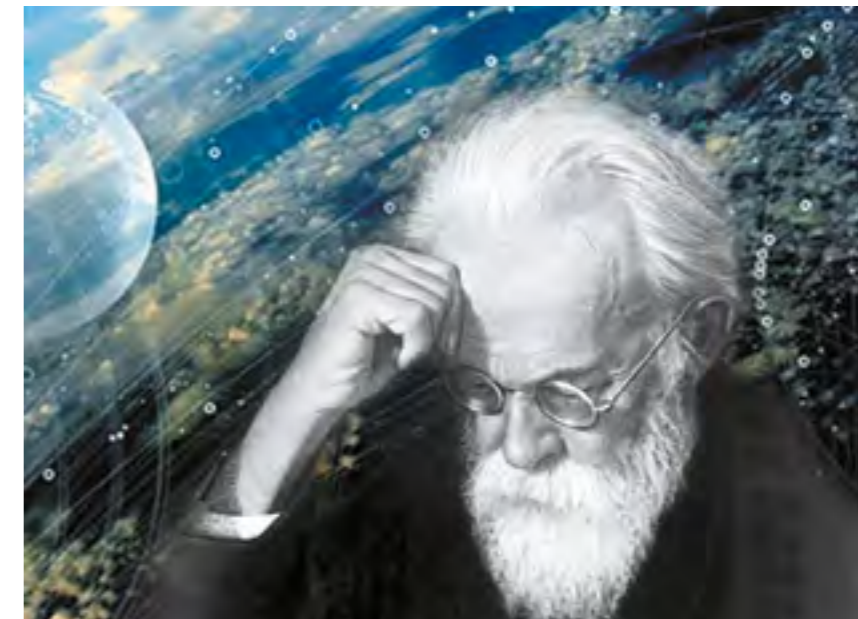
своим наивысшим достижением космическую философию. Исследования в области ракетной техники и космонавтики, по мнению мыслителя, представляли только сферу применения идей об «океане счастья», разлитом во Вселенной.

«Мировоззренческая концепция Циолковского основывается на принципах единства человека и Вселенной, а также проективного отношения человека к миру, предполагающего коренные преобразования Земли, космоса и самого человека с помощью разума. «Разум – величайшая сила в космосе», – не устал повторять учёный» [3]. Космос, согласно великому изобретателю, – это единство разума и материи, находящееся в процессе самоорганизации и эволюции. Носителем разума является не только человечество. Во Вселенной обитает множество разумных существ, разумом наделена и сама Вселенная. Разум возникает в процессе самоорганизации, который проходит ряд этапов: от физического вакуума через возникновение кварков, глюонной плазмы, атомов, протоскоплений галактик, затем зарождения самих галактик, звёзд, планет, биосферы, антропосферы, социосферы и, собственно, сферы разума, в трудах Вернадского (к рассмотрению которых обратимся чуть позже) получившей название «ноосфера». По утверждению К.Э. Циолковского, именно последнее выступает вершиной самоорганизации и определяющим фактором дальнейшего развития Вселенной. Главнейшими акторами в данном процессе в масштабах Земли являются гении: «Гении совершали и совершают чудеса. Кому же это неизвестно!» [4]. Гении «нужны не только для распространения и усвоения уже открытых давно истин, хотя и не использованных людьми, но и для добывания новых. Нравственный и всяческий свет исходит от гениев» [4]. «Мысли гениев бессмертны так же, как и дела их, потому что и после смерти они продолжают и дают бесконечный и беспредельный плод» [4]. Для того же чтобы количество гениев росло, необходимо увеличивать население планеты наряду с определённой селекцией человека как вида. Более «совершенные» люди должны давать чаще потомство; менее «совершенные» – вовсе отказаться от продолжения рода. За подобные идеи К.Э. Циолковского иногда называют «космическим фашистом».

С ростом численности людей, целью которого выступает увеличение количества гениев, связана потребность освоения космоса и его индустриализация. Люди станут «управлять климатом и будут распоряжаться в пределах Солнечной системы, как и на самой Земле. Будут путешествовать и за пределы планетной системы, достигнут иных солнц...» [5]. В аналогичном смысле можно понимать и известное высказывание учёного: «Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели» [6].

То, каким образом человечество покорит космос, как уже отмечалось, интересовало К.Э. Циолковского во вторую очередь. Помимо ракет он теоретически рассматривал и другие варианты – космический лифт, планетарный поезд и др. Однако именно ракеты получили в его трудах наибольшую проработку.

Разум, описанный К.Э. Циолковским как величайшая сила в космосе, находится в центре философского учения В.И. Вернадского – ещё одного значимого мыслителя, относящегося к естественно-научному направлению русского космизма. Вернадский согласен с Циолковским в том, что человек и человечество не могут быть поняты, если рассматривать их в оторванности от более глобальных процессов и явлений. Согласно В.И. Вернадскому, человек перво-наперво связан с «живым природным телом» и «живым веществом» окружающей среды – биосферы. При этом учёный под «живым веществом» понимал всю «совокупность живых организмов, в ней живущих» [7]. Вместе с тем живое вещество находится в постоянном интенсивном взаимодействии с неживой частью биосферы и космического пространства, с последним у них «идёт непрерывный материальный и энергетический обмен атомов, вызванный живым веществом... В этом биогенном токе атомов и в связанной с ним энергии проявляется резко планетное, космическое значение живого вещества. Ибо биосфера является той единственной земной оболочкой, в которую проникают космическая энергия, космические излучения непрерывно, прежде всего лучеиспускание Солнца, поддерживающее динамическое равновесие, организованность: биосфера ↔ живое вещество» [7].



Преобразующая биосферу деятельность разума оказывается частью не только локальных, земных процессов, но и жизни Вселенной в целом. «Научной мыслью и государственно организованной, ею направляемой техникой, своей жизнью человек создаёт в биосфере новую биогенную силу, направляющую его размножение и создающую благоприятные условия для заселения им частей биосферы, куда раньше не проникала его жизнь и местами даже какая бы то ни было жизнь. Теоретически мы не видим предела его возможностям» [7], – пишет В.И. Вернадский.

Значит, человечество в масштабах планеты выполняет управляющую роль, а его выход в космос – естественный и неизбежный этап эволюции биосферы и всей Вселенной. Однако произойти это может при определённых условиях, связываемых учёным со становлением ноосферы.

«Два момента, следовательно, являются предпосылками замены антропосферы ноосферой: господство человека над внешней природой и господство в самом человеке сил разума над низшими инстинктами» [7]. Причём инструментом достижения обозначенной цели оказывается, как и в трудах других космистов, научный и технический прогресс: «...ход истории научной мысли выступает перед нами как природный процесс истории биосферы. Исторический процесс – проявление всемирной истории человечества – выявляется перед нами в одном, но основном своём следствии как природное, огромного геологического значения, явление» [7]. И, конечно, чтобы ноосфера возникла, необходимо объединение человечества, консолидация усилий всех жителей планеты. Для этого, как полагал В.И. Вернадский, уже в его время, к середине XX в., имелись все предпосылки: «Впервые в истории человечества мы находимся в условиях единого исторического процесса, охватившего всю биосферу планеты» [7]. Вместе с тем русский учёный-естествоиспытатель оказался одним из первых, кто почувствовал важность перехода в новое качество и осознал, что иначе человечество ждёт гибель: «Человек впервые реально понял, что он житель планеты и может, должен мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной

личности, семьи или рода, государства или их союзов, но и в планетном аспекте» [8]. Сегодня, когда глобальные экологические, политические и прочие проблемы достигают пика своей значимости, указанные идеи приобретают второе рождение. Однако каким именно образом возможен переход к ноосфере, у В.И. Вернадского сказано немного. По обобщениям Ф.Т. Яншиной, русский учёный сформулировал следующие 12 условий становления ноосферы в будущем [9]:

- заселение человеком всей планеты;
- резкое преобразование средств связи и обмена между разными странами;
- усиление связей, в том числе политических, между государствами Земли;
- преобладание геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере;
- расширение границ биосферы и выход в космос;

- открытие новых источников энергии;
- равенство людей всех рас и религий;
- увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики;
- свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений, а также создание в общественном и государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли;
- подъём благосостояния трудящихся. Формирование реальной возможности не допустить недоедания, голода, нищеты, ослабить влияние болезней;
- разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать её способной удовлетворять все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения;
- исключение войн из жизни человечества.



На сегодняшний день многие условия, необходимые, согласно В.И. Вернадскому, для перехода к ноосфере, частично или полностью выполнены. Постулируемое в его работах и сочинениях других представителей космизма единство цивилизации, живого вещества, биосферы и космоса ни у кого не вызывает сомнений. Предлагаются и конкретные механизмы, и инженерные решения, которые могли бы позволить земной цивилизации сделать решающий шаг и перейти в новое качество своего существования. Вероятно, наиболее проработанная программа такого перехода представлена в трудах А.Э. Юницкого, чью мировоззренческую составляющую взглядов можно назвать философией планетарной инженерии. В ней мы обнаруживаем преемственность по отношению к идеям и целям предшественников, а также существенное развитие в сторону описания и расчёта практических шагов для воплощения идеалов, предложенных в научных сочинениях Н.Ф. Фёдорова, К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского и других космистов.

Развитие идей русского космизма и программа освоения космоса в творчестве А.Э. Юницкого

Как и его предшественники, А.Э. Юницкий исходит из того, что человечество является результатом эволюции космоса. Будучи носителем разума, с самого начала своего развития земная человеческая цивилизация избирает технократический путь, ввиду чего вступает в неразрешимый в рамках отдельно взятой планеты антагонизм с живой частью биосферы. Точно так же, как когда-то биосфера, возникнув, стала преобразовывать неживую до этого планету, техносфера со временем начала оказывать всё возрастающее влияние на жизнь. «Заводы, фабрики, электростанции, станки, автомобили и иное инженерное оборудование в техносфере, созданной человеком технократическим, – это аналоги живых организмов в биосфере. И они, как и живые организмы, обмениваются с окружающей средой энергией, информацией и веществом, поэтому, как и организмы, неизбежно должны преобразовывать окружающую их Природу» [10]. В конечном итоге это приводит к деградации биосферы, что мы и наблюдаем сегодня.

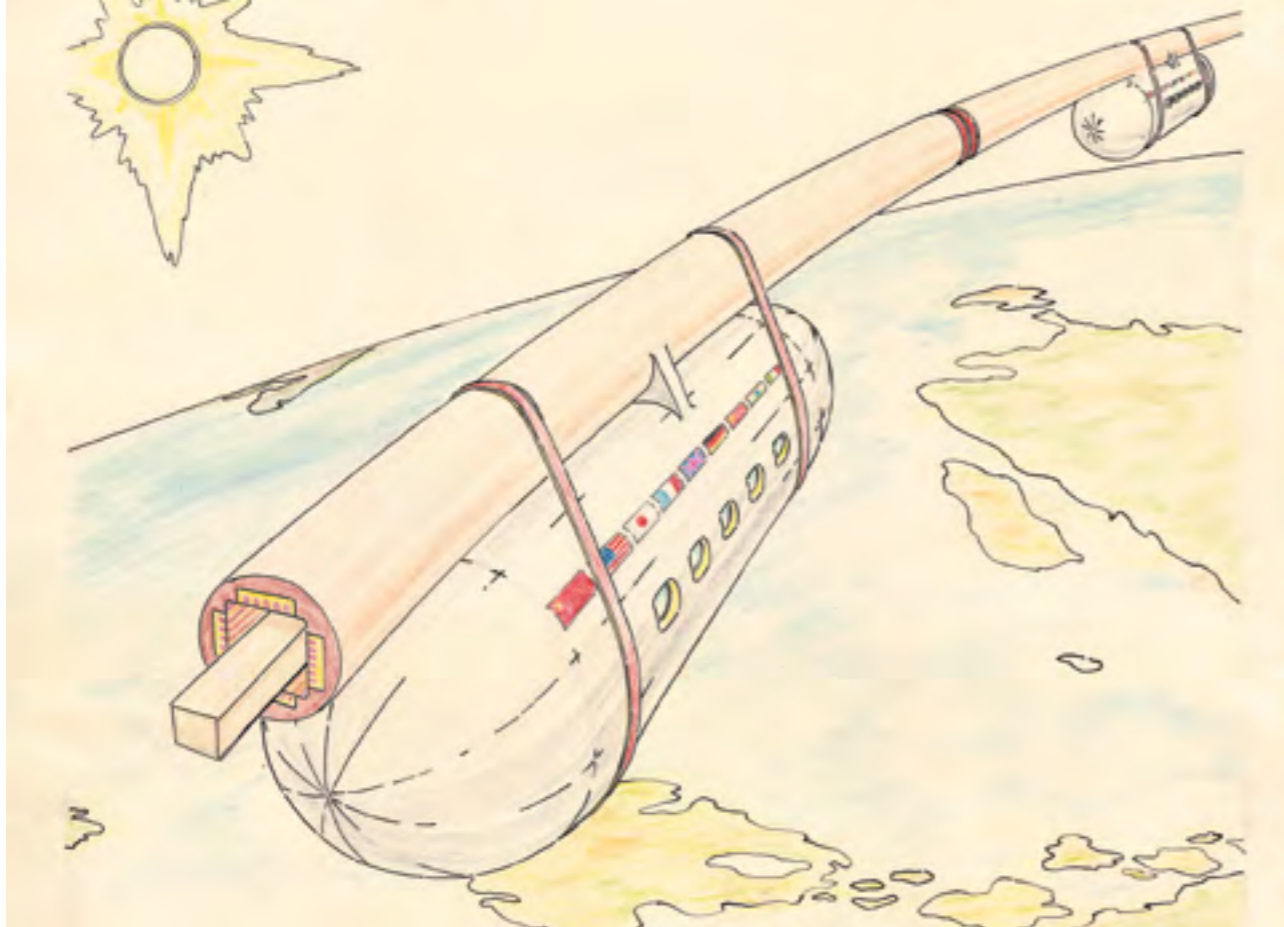
Антагонизм биосферы и техносферы заключается преимущественно в характере преобразований окружающей среды собственными отходами. Живая природа отходами своей жизнедеятельности (атмосферный кислород и производный от него озон в озоновом слое, гумус и плодородная почва, а также зеленеющие на ней поля, леса и т. д.) преобразила ранее мёртвую планету, сформировав на ней

живую оболочку – биосферу. Индустриальные технологии, размещённые внутри уже существующей по особым законам биосферы планеты, отходами своего функционирования (выжигание кислорода из атмосферы и его замещение парниковыми газами и тысячами видов канцерогенов и ядовитых веществ; смог и кислотные дожди; терриконы и отвалы из шлака и золы на месте зелёных полей и лесов; «закатанная» в асфальт и «похороненная» под шпалами плодородная почва и т. д.) рано или поздно приведут к деградации и угасанию жизни на планете и вернут Землю в исходное состояние – мёртвое, как более комфортное для мёртвой же индустрии.

В сложившейся ситуации у техногенного человечества оказываются два пути: дальнейшее развитие земной индустрии и, как следствие, скорая и неотвратимая катастрофа или вынос индустрии за пределы планеты в ближний космос. Последнее позволило бы не только решить нарастающие экологические проблемы, но и открыло бы новые, небывалые ранее возможности, связанные с получением доступа к бесконечным пространственным, минеральным и энергетическим ресурсам Вселенной.

Однако перенос обслуживающей цивилизацию промышленности на орбиту при помощи существующих геокосмических транспортных средств (ракет) не представляется возможным ввиду их крайне низкой эффективности и значительного негативного влияния на окружающую среду, прежде всего на озоновый слой, который может быть полностью уничтожен при частых пусках ракет-носителей. Не могут обеспечить достаточного для достижения указанных целей грузопотока и другие, известные ещё во времена К.Э. Циолковского, гипотетически возможные транспортные системы, такие как, например, космический лифт.





Для промышленного освоения орбиты Земли А.Э. Юницкий предлагает использовать разработанное им же общепланетарное транспортное средство (ОТС) [11]. Оно представляет собой тороидальную конструкцию, опоясывающую планету в плоскости экватора и имеющую ленточный маховик в сердцевине. Разгоняемый линейным электродвигателем маховик за счёт центробежной силы обеспечивает необходимую подъёмную силу. За счёт второго маховика, в определённый момент начинающего двигаться в противоположную первую сторону, корпус ОТС приступает к вращению, постепенно развивая скорость, нужную для преодоления гравитации и выхода в космос [11]. «ОТС позволит за один рейс выводить на орбиту порядка 10 млн тонн грузов (250 кг на метр длины корпуса ОТС) и 10 млн пассажиров (250 человек на километр длины корпуса), которые будут задействованы в сооружении и функционировании околоземной космической индустрии. За один год ОТС сможет выходить в космос до 100 раз. Для достижения того, что способно 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 десятки тысяч раз ниже, чем у современных ракет-носителей, – менее 1000 USD/т» [12].

По замыслу А.Э. Юницкого, для создания ОТС важна консолидация усилий всего человечества. Подобная глобальная интеграция связана хотя бы с тем, что взлётно-посадочная эстакада будет проходить через территории десятка стран, расположенных в плоскости экватора, а также по океану, находящемуся под юрисдикцией ООН. Таким образом, работа над ОТС может стать тем самым «общим делом», объединяющим человечество, как того и требовал Н.Ф. Фёдоров. Правда, в данном случае речь пока не идёт о достижении бессмертия, к которому призывал стремиться основоположник космизма, но по меньшей мере подразумевается выживание, что немаловажно.

Реализация масштабного проекта ОТС позволит обеспечить достижение целей, провозглашённых К.Э. Циолковским и В.И. Вернадским. Цивилизация получит неограниченный доступ к космическому пространству. Станут даже возможны межзвёздные и межгалактические полёты, так как необходимые для этого корабли на Земле построить нельзя, а на орбите при достатке материалов, что способна предоставить расположенная там же индустрия, – реально. Причём численность человеческой популяции может увеличиваться практически бесконечно, поскольку вообще исчезнут проблемы с ограниченностью ресурсов. Вероятно, это же обстоятельство будет содействовать

и искоренению всех войн (если ресурсы бесконечны, то зачем за них убивать друг друга?), становлению со временем единого общепланетарного государства и всего прочего, что выступает, согласно В.И. Вернадскому, атрибутами ноосферы.

Благодаря ОТС человечество получит возможность разумного обустройства в рамках планеты, а также перехода к космическому этапу собственного развития, становлению космического человека. Именно в инженерных решениях, как считает А.Э. Юницкий, разум, воспеваемый космистами, находит своё практическое применение. «Окружающий нас мир создан инженерами. Не банкирами, не политиками, не художниками, а инженерами» [12], – утверждает учёный. Соответственно, можно заключить, что и преобразовательная мощь разума проявляется именно в инженерии.

Заключение

Идеи А.Э. Юницкого, и в частности концепция общепланетарного транспортного средства, наследуют традиции русского космизма и содержат в себе значительный моральный и гуманистический потенциал. При этом они стали принципиально новым шагом вперёд по отношению ко всем предшественникам, так как имеют под собой глубокое научное и инженерное обоснование, отвечая требованиям и запросам современности.

Направление мысли, заданное представителями русского космизма и получившее качественное развитие в творчестве А.Э. Юницкого, является основой формирования новой целостной философской системы, способной не только объединить усилия учёных в данной области, но и заложить мировоззренческий фундамент формирования принципиально иного гармоничного типа отношений в системе «Человек – Живая природа – Техника».

Литература

1. Фёдоров, Н.Ф. *Сочинения* / Н.Ф. Фёдоров. – М.: Мысль, 1982. – 711 с.
2. Семёнова, С.Г. *Николай Фёдоров: Творчество жизни* / С.Г. Семёнова. – М.: Сов. писатель, 1990. – 383 с.
3. Казютинский, В.В. *Космическая философия К.Э. Циолковского: «за» и «против»* / В.В. Казютинский // *Земля и Вселенная*. – 2003. – № 4. – С. 43–54.
4. Циолковский, К.Э. *Космическая философия* / К.Э. Циолковский. – М.: Сфера, 2004. – 488 с.

5. Циолковский, К.Э. *Промышленное освоение космоса* / К.Э. Циолковский. – М.: Машиностроение, 1989. – 280 с.
6. Циолковский, К.Э. *Исследование мировых пространств реактивными приборами (1911–1912 гг.)* / К.Э. Циолковский // *Избранные труды*. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 536 с.
7. Вернадский, В.И. *Научная мысль как планетное явление* / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
8. Вернадский, В.И. *Размышления натуралиста* / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
9. Яншина, Ф.Т. *Ноосфера: утопия или реальная перспектива* / Ф.Т. Яшина // *Общественные науки и современность*. – 1993. – № 1. – С. 163–173.
10. Юницкий, А.Э. *Исторические предпосылки программы SpaceWay как единственного пути устойчивого развития цивилизации технократического типа* / А.Э. Юницкий // *Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г.* / *Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого*. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 23–29.
11. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание* / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
12. Юницкий, А.Э. *Программа SpaceWay – единственно возможный сценарий спасения земной технократической цивилизации от угасания и гибели* / А.Э. Юницкий // *Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г.* / *Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого*. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 31–39.





Пределы роста и индустриализация космоса как единственная возможность их расширения

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Петров Е.О.

Беларусь, г. Минск,
ЗАО «Струнные технологии»

УДК 314.127



Рассматривается концепция пределов роста, созданная и развиваемая группой учёных под руководством Д. Медоуза с 1972 г. по настоящее время. Описаны результаты моделирования роста человеческой популяции и исчерпания природных ресурсов. Продемонстрирована неизбежность катастрофических последствий сохранения существующих темпов роста производства и народонаселения в границах планеты Земля. Таким образом, обоснована необходимость индустриального освоения космоса, которое позиционируется как единственно возможный путь дальнейшего устойчивого развития технократической цивилизации. В качестве технического решения, на фундаментальном уровне обеспечивающего масштабную мирную экспансию человечества за пределами Земли, взята концепция общепланетарного транспортного средства (ОТС).

Ключевые слова:

общепланетарное транспортное средство (ОТС),
освоение и индустриализация космоса, пределы роста.



Введение

История развития цивилизации – это во многом история покорения пространства и освоения ресурсов. Возможности устойчивого развития человечества определяются его способностью открыть для себя новые пространства и новые источники ресурсов за пределами Земли, так как потенциал, имеющийся на планете, уже недостаточен для достижения данных целей.

Даже при условии допущения 100-процентного перехода всех стран мира на использование возобновляемых источников энергии целый ряд проблем останется нерешённым. В их числе – исчерпаемость некоторых жизненно важных ресурсов, таких как пресная вода, в больших количествах расходуемая земной промышленностью и ею же загрязняемая, а также невозможность создания полностью безотходных промышленных производств.

Альтернативный освоению космического пространства путь к обеспечению дальнейшего развития цивилизации – принудительное ограничение объёмов производства и потребления, рождаемости и т. д. Однако даже при соблюдении указанных условий, как уверены многие деятели науки, рост человеческой цивилизации имеет пределы, которые в масштабах отдельно взятой планеты представляются непреодолимыми.

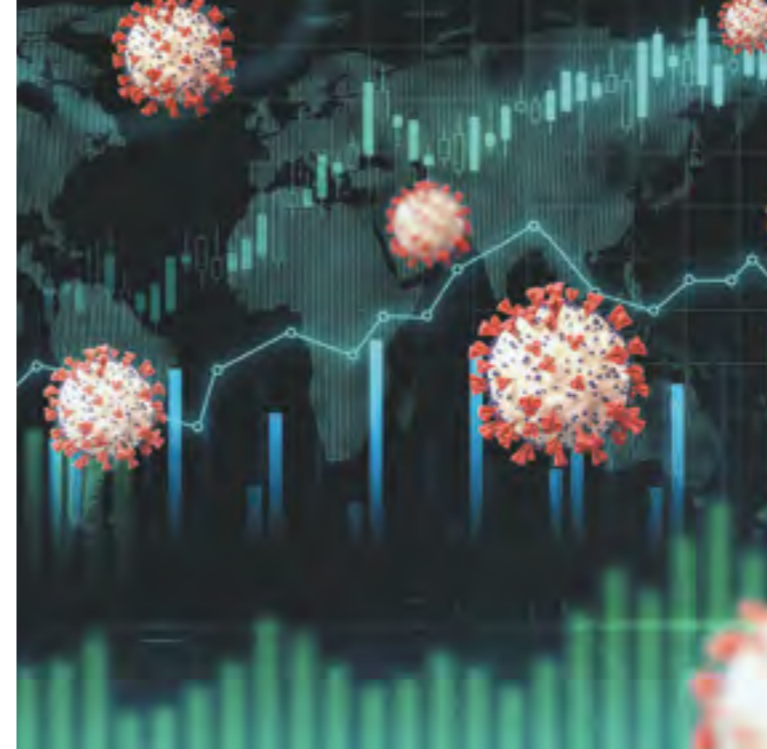
Пределы роста

В 1972 г. группа учёных под руководством Д. Медоуза из Массачусетского технологического института разработала математическую компьютерную модель мирового развития. Её задачей было выяснить, что произойдёт с цивилизацией, если тенденции демографического роста, развития промышленности и загрязнения окружающей среды сохранятся на том же уровне или превзойдут показатели, имеющиеся на момент начала работы. Результаты исследования, изложенные в книге «Пределы роста», неутешительны. «По прогнозу Д. Медоуза и его коллег, человечество уверенно шло навстречу катастрофе, избежать которую было невозможно, только приняв меры по ограничению и регулированию роста производства и изменению критериев прогресса. Книга предупреждала о том, что материальный рост не может продолжаться до бесконечности на физически конечной планете, и требовала отказаться от повышения количества (роста) в пользу качества (развития)» [1].

Модель включала в себя девять основных и 30 вспомогательных переменных, связанных между собой нелинейными дифференциальными уравнениями. В первую

очередь рассчитывались данные, касающиеся невозобновляемых ресурсов, промышленного капитала, сельскохозяйственного капитала, капитала сферы услуг, свободной земли, сельхозугодий, городских и промышленных территорий, неудаляемых загрязнителей и народонаселения. Учёные проработали 12 сценариев развития, которые будут разыгрываться при сохранении статус-кво или при соблюдении мер, обусловленных вероятностью появления новых технических возможностей, а также гипотетически принятыми политическими и социальными решениями. Пять из 12 сценариев, включая основной базовый, предсказали рост популяции людей до отметки в 10–12 млрд и следующий за этим резкий катастрофический спад до 1–3 млрд со значительным ухудшением уровня жизни, вплоть до возврата к примитивному состоянию. Относительно благоприятные прогнозы предполагали в качестве обязательного условия активное ограничение рождаемости и капитальных инвестиций. Однако даже в таких сценариях, несмотря на допущение открытия неограниченного источника энергии и контроля загрязнений, оказывалось, что максимум, на который может рассчитывать человечество, – это достижение пика на всё той же отметке 10–12 млрд и стабилизация на низком уровне потребления.

Созданная исследователями модель подтвердила свою состоятельность, пройдя проверку временем. В 1992 г., а затем в 2004 и 2012 гг. учёные опубликовали ещё три книги, уточняющие и дополняющие первую: «За пределами роста», «Пределы роста. 30 лет спустя», «2052 год: глобальный прогноз на следующие сорок лет». Как выяснилось, в целом реальная ситуация соответствовала тому, что было предсказано в 1972 г. Например, в точности сбылись предположения по росту численности населения с 3,7 млрд человек в 1972 г. до 6 млрд в 2000 г.



Сценарий, предрёкший рост мирового производства продовольствия (с 1,8 млрд тонн в год в зерновом эквиваленте в 1972 г. до 3 млрд тонн в 2000 г.), также практически совпал с реальными цифрами. Однако исследование 1992 г. показало и кое-что новое. Авторы обнаружили, что «человечество уже вышло за пределы самоподдержания Земли» [1]. Указанный факт был даже вынесен ими в название второй книги. К 2004 г. ситуация ещё больше ухудшилась. По мнению учёных, единственный приемлемый к данному моменту сценарий дальнейшего развития – это сценарий «Ограничение роста + усовершенствованные технологии», включающий следующие шаги:

- ограничение рождаемости (не более двух детей на одну семью с 2002 г.) с целью плавной стабилизации населения Земли к 2050 г. на уровне 8 млрд человек;
- совершенствование технологий для сокращения потребления невозобновляемых ресурсов на единицу промышленной продукции на 80 %, а выбросов загрязнений на неё – на 90 %;
- сдерживание роста производства товаров и услуг на душу населения с плавной стабилизацией объёмов производства;
- повышение урожайности в сельском хозяйстве с постепенным переходом на более экологически чистые технологии.

Теория пределов роста стала популярной в современном мире. Она инспирировала большое количество исследований в этом же направлении, побудила государства

принимать меры по предотвращению скорых катастрофических последствий неконтролируемого роста производства и увеличения объёмов используемых ресурсов. В данном контексте принят ряд международных соглашений по вопросам экологии, постулирована цель обеспечения устойчивого развития. Сегодня правота утверждений авторов концепции пределов роста почти ни у кого не вызывает сомнений. Однако к 2020 г. мы по-прежнему наблюдаем, что условия, необходимые для реализации благоприятного сценария, выполняются только в очень и очень ограниченных масштабах или вообще не выполняются, так как для большинства стран это означает остановку в развитии. Никто не готов идти на подобное. Если существующее положение дел будет сохраняться, то с глобальными катаклизмами, связанными с превышением «пределов», столкнётся уже современное поколение людей. Вероятно, мы уже встретились с ними. Пример – появление пандемии COVID-19.

Беспредельный рост

Модель, созданная Д. Медоузом и его группой, исходит из ограниченности ископаемых и пространственных ресурсов на Земле. В описанных условиях ничто не способствует цивилизации развиваться безгранично. Единственное, что можно сделать для обеспечения подобных возможностей, – это масштабный выход в космос, за границы планеты. При этом речь идёт не только о движении вперёд в отношении роста народонаселения, промышленных мощностей и т. д., но, как видно из предыдущего рассмотрения, и о выживании. Сокращение числа людей до одного миллиарда – не абстрактная вещь, 6–7 млрд придётся умереть. Только масштабное промышленное освоение космоса позволит избежать катастрофического прогноза.

Космос – это неисчерпаемые запасы сырья, бесконечные энергетические и пространственные ресурсы, а также принципиально новый технологический потенциал: невесомость и вакуум. Если цивилизация сумеет получить доступ к перечисленным богатствам, отпадёт сама собой необходимость иметь в виду какие бы то ни было пределы роста. Когда не будет ограничений по ресурсам, то не станут их и по численности народонаселения. И хотя площади, пригодные для расселения людей и выращивания продуктов питания на Земле, по-прежнему являются ограниченными, гипотетически они могут быть наращены в околосреднем пространстве за счёт создания там соответствующей инфраструктуры. При этом в космосе ведение сельского

хозяйства в некоторых отношениях (например, в плане энергетических затрат) может быть даже выгоднее, нежели в привычной среде.

За границами атмосферы условия для значительной части технологических процессов более подходящие, чем на Земле. Энергия Солнца (интенсивность излучения его не изменится по меньшей мере в ближайшие 5 млрд лет) сможет обеспечить работу миллионов, а затем и миллиардов производств. Невесомость и вакуум позволят получать традиционную продукцию значительно лучшего качества, а также производить принципиально новые изделия, которые на Голубой планете выпускать не представляется возможным. Небесные тела богаты самыми разнообразными химическими элементами. При этом промышленность в космосе не нанесёт вред живой природе, сосредоточенной в земной биосфере, так как окажется далеко от неё. Если экологически опасную часть промышленности переместить с Земли, то условия на ней резко улучшатся с позиций живой природы, насчитывающей несколько миллиардов лет доиндустриальной эволюции живого вещества. Освободятся огромные территории, занимаемые современными городами, заводами и дорогами, уменьшатся ими же оказываемое пагубное влияние. Однако люди, как уже отмечалось, смогут расселяться не только на Земле, но и на орбите в ближнем космосе, а затем – и в дальнем. Вместе с тем откроется возможность поиска и колонизации других потенциально пригодных для жизни планет.

Для масштабного освоения космоса необходимо создать принципиально новый геокосмический транспорт, позволяющий совершать перевозки по маршруту Земля – Ближний космос – Земля в объёме, достаточном для удовлетворения потребностей многомиллиардного населения планеты. Из всех имеющихся на сегодняшний день технических решений на такое способно только общепланетарное транспортное средство (ОТС) А.Э. Юницкого [2]. Данная система представляет собой тороидальную трубчатую конструкцию около метра в поперечном сечении, опоясывающую планету в плоскости экватора. Внутри вакуумных каналов гигантской «трубы» протяжённостью 40 000 км – ленточные маховики на магнитной подушке, разгоняемые линейными электродвигателями до космических скоростей, придавая транспорту необходимую подъёмную силу.

Маховики обеспечивают не только подъём на орбиту, но и раскручивают вокруг планеты корпус ОТС с пассажирами и грузом до первой космической скорости, нужной для выхода в космос на этой орбите. По оценкам изобретателя, указанный самонесущий геокосмический летательный аппарат сможет за каждый рейс перевозить около 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров. «Для достижения того,

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 груза на орбиту будут в тысячи раз ниже, чем у современных ракет-носителей, – менее 1000 USD/т» [3].

Для создания такого геокосмического транспорта, как утверждает конструктор, у человечества уже сейчас есть всё необходимое. «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 в настоящее время почти 700 млрд USD» [3]. Тем более это немного, если учесть цену вопроса – выживание земной техногенной цивилизации сегодня и обеспечение её устойчивого развития завтра.

Когда цивилизация сможет наладить транспортировку сотен миллионов тонн грузов в год между Землёй и орбитой по приемлемой цене, тогда в очень короткое время в космосе возникнет развитая разветвлённая промышленная, хозяйственная и жилищная инфраструктура. В перспективе её масштабы могут значительно превзойти существующую в данный момент на планете. Инженером А.Э. Юницким проработана и модель расселения людей. Предполагается, что персонал орбитальных заводов и фабрик разместится в ЭкоКосмоДомах (ЭКД). «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 комфортные физические условия: гравитация (с помощью центробежных сил), освещённость в естественном спектре, оптимальная температура, давление, влажность воздуха» [4].

В перспективе такие космические дома биосферного типа могут стать основой для создания межзвёздных кораблей дальнего следования, которые отправятся на поиски иных планет, пригодных для жизни земных людей. Во время подобных путешествий (продолжительностью в сотни, а то и тысячи лет) будет происходить естественное развитие микросоциума, смена поколений. Тот, кто устремится к далёким новым мирам, конечно, не узнает, каковы они, – их увидят лишь далёкие потомки. Однако человеческий вид получит возможность распространения не только в рамках нашей Солнечной системы, но и всей галактики. Это и означает окончательный выход нашей цивилизации за любые пределы роста, ограниченные ресурсами

и размерами колыбели человечества – планеты Земля, маленькой песчинки в невообразимо большой Вселенной.

Заключение

Вынос экологически опасной части земной индустрии в околоземное космическое пространство способен расширить возможности развития промышленности и цивилизации в целом практически до бесконечности, стать основой дальнейшего устойчивого совершенствования человечества на тысячи лет вперёд, а со временем – избавить людей от зависимости, связанной с ограниченностью срока существования планет и звёздных систем. В целях более наглядной демонстрации потенциала, который заключён в идее создания ОТС и индустриализации ближнего космоса, углубляя анализ, проведённый в рамках данной статьи, в будущем необходимо более детально рассмотреть ёмкость околоземного экваториального пространства. То есть, какой объём ресурсов (сырьевых, энергетических, технологических и др.), а также промышленного, жилого, сельскохозяйственного и космического инфраструктурного капиталов оно сможет произвести и вместить.

Литература

1. Медоуз, Д. Пределы роста. 30 лет спустя / Д. Медоуз, Й. Рандерс, Д. Медоуз. – М.: Академкнига, 2007. – 342 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. Юницкий, А.Э. Программа SpaceWay – единственно возможный сценарий спасения земной технократической цивилизации от угасания и гибели / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 31–39.
4. Юницкий, А.Э. Особенности проектирования космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 51–57.





Правовые аспекты международного сотрудничества в области освоения космоса

Казакевич А.П.

Беларусь, г. Минск,
юридический отдел ЗАО «Струнные технологии»

УДК 341.1/8



Приводится характеристика текущего состояния международного сотрудничества в области освоения космоса, изучается состав субъектов такого сотрудничества, рассматриваются основополагающие международные правовые акты. Подвергается анализу приспособленность существующего состояния международного сотрудничества в области освоения космоса к реализации масштабных международных проектов, таких как программа SpaceWay (безракетное освоение космоса с помощью общепланетарного транспортного средства (ОТС) А.Э. Юницкого) для осуществления единственно возможного способа сохранения биосферы путём выноса индустрии за пределы планеты Земля.

Ключевые слова:

*международное сотрудничество,
международный договор, международная организация,
освоение космоса, SpaceWay,
общепланетарное транспортное средство (ОТС).*





Введение

Реализация такого масштабного международного проекта, как программа SpaceWay, предполагающая безракетное освоение космоса с помощью общепланетарного транспортного средства (ОТС) А. Юницкого в качестве единственно возможного способа сохранения биосферы путём выноса индустрии за пределы планеты Земля [1], не может быть осуществлена одним или несколькими даже самыми высокоразвитыми государствами.

Большинство видов деятельности в космосе могут реализовываться только в рамках международного сотрудничества. Именно поэтому рассматриваемая тема так важна для программы SpaceWay. В данной статье автор предлагает углубиться в исследование существующего состояния международного сотрудничества в области освоения космоса, рассмотрев кратко историю его становления, определив, какие международные правовые документы были разработаны за это время, а также выяснив цели и задачи международных организаций в области космической деятельности. Полученная информация позволит заключить, видится ли возможной в настоящее время реализация масштабных общечеловеческих космических проектов, таких как программа SpaceWay, или, наоборот, требуются изменения существующего порядка.

Общая характеристика современного состояния международного сотрудничества в области освоения космоса

Объективная необходимость в международном регулировании космической деятельности человека возникла после запуска первого искусственного спутника Земли в 1957 г. Однако вопросы, касающиеся предстоящей регламентации предполагаемой космической деятельности, обсуждались уже в начале XX в., что было обусловлено зарождением космонавтики и ракетостроения.

В 1920–1930-е годы в трудах, рассматривающих аспекты международного воздушного права, появляются рассуждения о важности регулирования новых отношений по исследованию и использованию космического пространства. Освоение космоса стало вызовом всему человечеству, так как практически любой вид космической деятельности затрагивает интересы всего международного сообщества и космос невозможно разделить по аналогии с воздушным пространством на национальное пространство и пространство общего пользования [2]. В силу сложившейся ситуации необходимо было разработать правовые механизмы для защиты интересов человечества в процессе освоения космоса. Ключевая роль в данной задаче отводилась именно международному праву.

В середине XX в. вопросы космического права исследовались в большей степени в работах по международному воздушному праву. Специалисты обращали внимание на основу международного права – принцип международного сотрудничества – как на важное условие для мирного использования космоса в интересах человечества. Существенным представлялось разрешение проблемы о границе между воздушным и космическим пространством и, соответственно, определение границы государственного суверенитета по высоте. Кроме того, не оставались без внимания такие значимые направления, как военное использование космического пространства, возмещение ущерба и ответственность, свобода космоса для мирных и научных целей [3].

Свою роль в развитии международного космического права сыграла и гонка вооружений, для которой земля, вода и воздух уже являлись плацдармами, а начало освоения космоса для этих задач становилось только делом времени.

Наибольшая активность в развитии регулирования международного сотрудничества в космосе происходила в 1950–1960-е годы. На тот момент были известны все виды деятельности в космосе: разведка, дистанционное зондирование, связь и навигация. Планировались запуски межпланетных зондов, пилотируемые полёты, создание орбитальных станций и многоразовой транспортной космической системы [2].

8 октября 1957 г. принято решение организовать Специальный комитет для разграничения сфер воздушного и космического права [3].



С самого начала развитие международного сотрудничества в области освоения космоса стало происходить под эгидой ООН.

Генеральная Ассамблея ООН 12 декабря 1959 г. своей резолюцией «Международное сотрудничество в области использования космического пространства в мирных целях» учреждает Комитет по использованию космического пространства в мирных целях (далее – Комитет ООН по космосу) [4]. Данная резолюция также предусматривала созыв в 1960 г. или 1961 г. под эгидой ООН международных конференций для обмена опытом в области использования космического пространства в мирных целях [4]. Уже 20 декабря 1961 г. принята новая резолюция «Международное сотрудничество в использовании космического пространства в мирных целях». В ней нашли своё закрепление два основополагающих принципа международного сотрудничества в области освоения космоса:

- международное право, включая Устав Организации Объединённых Наций, распространяется на космическое пространство и небесные тела;
- космическое пространство и небесные тела доступны для исследования и использования всеми государствами в соответствии с международным правом и не подлежат присвоению государствами [5].

Озвученные принципы были развиты в резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Декларация правовых принципов, регулирующих деятельность государств по исследованию и использованию космического пространства», которая содержала в себе уже девять принципов международного сотрудничества в области освоения космоса. Принятая резолюция легла в основу Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (далее – Договор по космосу). Данный документ подписан в 1967 г.; специалисты обоснованно рассматривают его как основной из пяти существующих международных договоров по космосу. Он стал своеобразным уставом в рамках сотрудничества в космосе. Однако сегодня звучат мнения, что его положения устарели и не соответствуют реалиям [2].

В дальнейшем принимались другие документы, раскрывающие отдельные положения Договора по космосу, которые обобщали накапливающуюся практику в области освоения и использования космического пространства.

В 1968 г. состоялась международная конференция по использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-1), а также было подписано Соглашение

о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возвращении объектов, запущенных в космическое пространство (далее – Соглашение о спасании) [3].

В 1970–1972-х годах в ООН введена должность эксперта по применению космической техники и создана Программа по применению космической техники для оказания технической помощи развивающимся странам, в частности для поддержки их национальных усилий по развитию космической деятельности. В то же самое время принята Конвенция о международной ответственности за ущерб, причинённый космическими объектами (далее – Конвенция об ответственности) [3].

К определённому моменту частые запуски спутников (удачные и неудачные) и отсутствие их регистрации стали составлять угрозу причинения ущерба неустановленными космическими объектами. В связи с этим в 1975 г. подписана Конвенция о регистрации космических объектов, запущенных в космическое пространство (далее – Конвенция о регистрации) [3].

Проявление интереса различными государствами к исследованию и использованию Луны стало причиной подписания в 1979 г. Соглашения о деятельности государств на Луне и других небесных телах (далее – Соглашение о Луне).

К сожалению, после 1979 г. Комитетом ООН по космосу не было разработано ни одного международного договора.

Однако развитие космической деятельности продолжалось; расширялось количество её участников. В связи с этим, а также для укрепления позиций Программы ООН по применению космической техники в целях расширения возможностей всех стран и коренных народов в использовании космических технологий и наращивания потенциала в области освоения космоса в 1982 г. была проведена вторая конференция по использованию и исследованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-II). Затем в 1999 г. – третья конференция по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-III) для освещения вопросов защиты окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Главное правовое достижение в области освоения и использования космического пространства во второй половине XX в. – принятие пяти основополагающих договоров по космосу.

Как видно из проведённого анализа, регулирующие документы выступали в качестве ответа на определённые события или достижения науки и техники. Данная тенденция связана с тем, что невозможно заранее предугадать, какие результаты будут получены от исследования космического пространства и использования

научно-технических инноваций, а также какие вызовы и возможности появятся у человечества через несколько десятилетий.

Несмотря на все усилия, прилагаемые в области регулирования международного сотрудничества по освоению космоса, на сегодняшний день некоторые вопросы так и не нашли своего разрешения. Существующие же универсальные договоры в рассматриваемой области содержат значительную часть неприменяемых или нерабочих норм. Кроме этого, в них имеются положения, не соотносимые с современным состоянием развития науки и техники или не отвечающие интересам участников космической деятельности. Это обуславливает стремление государств заполнять такие пробелы национальным законодательством, отвечающим только их интересам, которые иногда не соответствуют положениям международных договоров.

Очевидно, для того чтобы международное сообщество пришло к решению разработать новый универсальный международный договор по космосу, необходимо значительное количество времени. Так, например, с начала освоения морского пространства до принятия Конвенции ООН по морскому праву прошло несколько тысячелетий.

В XXI в. в Комитете ООН по космосу сложилась тенденция в разработке рекомендательных документов. Данная политика связана в том числе с невозможностью согласования единой воли государств, для которой требуется общее политическое видение обсуждаемых вопросов.

Международные договоры в области освоения космоса

Основными источниками международного космического права являются пять договоров, разработанных Комитетом ООН по космосу:

1) Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (1967 г.);

2) Соглашение о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возвращении объектов, запущенных в космическое пространство (1968 г.);

3) Конвенция о международной ответственности за ущерб, причинённый космическими объектами (1972 г.);

4) Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство (1975 г.);

5) Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах (1979 г.).

Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела

Договором по космосу определены основные принципы международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства:

- исследование и использование космического пространства осуществляются на благо и в интересах всех стран;
- равенство и отсутствие дискриминации в исследовании и использовании космического пространства государствами;
- космическое пространство, включая небесные тела, не подлежит присвоению никакими способами и средствами;
- исследование и использование космического пространства осуществляются в интересах поддержания мира и безопасности и в соответствии с нормами международного права;
- запрет на размещение оружия массового уничтожения, в том числе ядерного;
- безусловное оказание любой возможной помощи космонавтам;
- международная ответственность за деятельность в космосе;
- принцип национальной юрисдикции и контроля над запущенным космическим объектом и над любым экипажем этого объекта участников, в регистр которых занесён такой объект;
- международное сотрудничество и взаимопомощь;
- все объекты, размещённые на небесных телах, открыты для представителей других государств на основе взаимности.



■ Ратифицировали ■ Подписали, но ещё не ратифицировали

По состоянию на 1 января 2020 г. 110 государств ратифицировали договор и 23 государства его подписали [6].

Соглашение о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возвращении объектов, запущенных в космическое пространство

Развивая положения Договора по космосу, данный документ регламентирует оказание помощи космонавтам, вводит порядок расследования катастроф с участием космонавтов.

Соглашение о спасании раскрывает и расширяет круг обязательств участников договора по оказанию помощи космонавтам в случае аварии, бедствия или иного происшествия, устанавливает последовательность действий в обозначенных случаях, а также содержит список мер, направленных на оказание помощи экипажу.

В документе предусмотрена возможность привлечения к поисково-спасательным мероприятиям государство, осуществившее запуск, при условии согласия страны, на территории которой случилось происшествие.

Следует также отметить нормы о возмещении расходов, понесённых участником, оказавшим помощь космонавтам, и субъектом, осуществившим запуск. Важный момент в рассматриваемом документе – указание на необходимость возвращать объекты или их части субъектам, выполнившим запуск, по их запросу.

По состоянию на 1 января 2020 г. 98 государств ратифицировали данное соглашение, 23 государства его подписали и три международных организации сделали заявление о принятии прав и обязанностей [6].

Конвенция о международной ответственности за ущерб, причинённый космическими объектами

Указанная конвенция раскрывает и уточняет положения Договора по космосу об обязанностях и ответственности за ущерб, причинённый космическими объектами.

Отличительной особенностью Конвенции об ответственности является наличие блока терминов и определений, что способствует единообразному толкованию и устранению разночтений.

Документ затрагивает вопросы об ответственности перед третьим государством; солидарной ответственности нескольких участников; условиях освобождения от ответственности; условиях неприменения данной конвенции, а также порядок предъявления претензии и определения компенсации за причинённый ущерб; процесс создания и рассмотрения претензий; случаи возможности безотлагательного предоставления помощи пострадавшему государству в связи с большими масштабами причинённого ущерба.

По состоянию на 1 января 2020 г. 98 государств ратифицировали конвенцию, 19 государств её подписали и четыре международных организации сделали заявление о принятии прав и обязанностей [6].

Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство

Одной из главных целей создания данной конвенции стала убежденность Комитета ООН по космосу в том, что «обязательная система регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство, будет способствовать их идентификации и содействовать применению и развитию международного права, регулирующего исследование и использование космического пространства» [7]. Положения документа определяют, что информация о запускаемых космических объектах должна быть занесена в национальные регистры и централизованный реестр ООН.

На официальном сайте Комитета ООН по космосу создан раздел Space Object Register, который содержит информацию о регистрации запускаемых в космос объектах, национальных регистрах государств, индексах уже запущенных в космос объектов, а также специальные формы для регистрации космических объектов и информацию о космодромах.



По состоянию на 1 января 2020 г. 69 государств ратифицировали конвенцию, три государства её подписали и четыре международные организации сделали заявление о принятии прав и обязанностей [6].

Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах

Рассматриваемое соглашение отмечает особый статус Луны в связи с её важностью для дальнейшего освоения космического пространства, устанавливает запрет на использование этого небесного тела в любых конфликтах, обращает внимание на потенциальные выгоды ресурсных возможностей Луны.

Действие Соглашения о Луне (кроме собственно Луны) распространяется также на любые другие небесные тела, исключая те, которые достигли Земли естественным образом.

Одним из важнейших элементов описываемого документа – закрепление правила, что «исследование и использование Луны являются достоянием всего человечества и осуществляются на благо и в интересах всех стран, независимо от степени их экономического или научного развития» [2].

Помимо этого, Соглашение о Луне освещает такие вопросы, как пределы допустимых действий в рамках освоения данного небесного тела, круг незапрещённых действий, охрана жизни и здоровья находящихся на Луне, правовой статус Луны, режим эксплуатации её ресурсов, свобода доступа ко всем развёрнутым на ней космическим объектам.



По состоянию на 1 января 2020 г. 18 государств ратифицировали соглашение, четыре государства его подписали [6].

Как видно, Соглашение о Луне не приобрело необходимой поддержки государств, ни одна мировая космическая держава к данному соглашению не присоединилась, что в основном было связано с существующими противоречиями между США и СССР.

Иные международные договоры в области освоения космоса

Отсутствие поддержки Соглашения о Луне со стороны государств побудило ООН изменить подход к международной регламентации исследования и использования космического пространства. Комитет ООН по космосу выдвинул предложение о том, чтобы участники разрабатывали проекты документов, которые будут утверждаться Генеральной Ассамблеей ООН, но не станут обязывающими для всех.

В рамках такого подхода приняты:

1) Принципы использования государствами искусственных спутников Земли для международного непосредственного телевизионного вещания (1982 г.);

2) Принципы, касающиеся дистанционного зондирования Земли из космического пространства (1986 г.);

3) Принципы, касающиеся использования ядерных источников энергии в космическом пространстве (1992 г.);

4) Декларация о международном сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства на благо и в интересах всех государств, с особым учётом потребностей развивающихся стран (1996 г.) [3].

Исходя из названий указанных документов, можно заключить, что они, кроме последнего, регламентируют прикладные виды деятельности в космосе (телевизионное вещание и дистанционное зондирование), а также использование опасных для человека и окружающей среды, но важных для освоения космоса ядерных источников энергии.

Международные организации, связанные с освоением космоса

Анализируя текущее состояние международного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства, необходимо обратиться к рассмотрению деятельности международных организаций в данной сфере.

Безусловно, ведущая роль в рассматриваемом вопросе принадлежит ООН, которая обеспечивает мирное использование космоса и справедливое распределение полученных от этой деятельности благ между всеми странами.

Комитет ООН по использованию космического пространства в мирных целях

Комитет ООН по космосу – основной орган ООН, координирующий сотрудничество государств и организаций по исследованию и использованию космического пространства. В рамках своих функций и полномочий указанная структура занимается созданием программ развития, собирает, систематизирует и раскрывает информацию о научных работах и иной деятельности в космосе, анализирует аспекты правового регулирования освоения космоса.

Для выполнения возложенных на Комитет ООН по космосу задач в его структуре образовано два подкомитета:



- научно-технический, функцией которого является координация международного научного сотрудничества в области исследования космического пространства и космических технологий;

- юридический, усилия которого направлены на ускорение технологического развития в обозначенной области путём формирования и внедрения правовых конструкций, инструментов и механизмов.

Работа Комитета ООН по космосу строится в формате ежегодных встреч в г. Вене (Австрия), где представляются доклады участников, изучаются выявленные проблемы, а также обсуждаются вопросы, адресованные Генеральной Ассамблеей ООН. Среди важнейших тем, рассматриваемых указанным комитетом, – анализ правоприменительной практики по международным договорам в области космоса, а также национальное законодательство в обсуждаемой области и деятельность субъектов международного права, затрагивающая использование космического пространства.

Управление ООН по вопросам космического пространства

UNOOSA функционирует в структуре Генеральной Ассамблеи ООН и занимается формированием политики в области космической деятельности. Орган отвечает за исполнение решений Генеральной Ассамблеи ООН и Комитета ООН по космосу, в том числе Программы по применению космической техники, организует предоставление помощи развивающимся странам в области космических технологий, а также обеспечивает учёт запускаемых в космос объектов и ведёт соответствующий реестр [2].



Международный комитет по исследованию космического пространства

COSPAR – первая международная неправительственная организация, созданная с целью развития сотрудничества в области исследования космического пространства. Основные задачи COSPAR:

- развитие научных исследований, осуществляемых с помощью летательных аппаратов;
- систематизирование результатов, полученных в ходе научных исследований;
- решение сопутствующих исследованию и использованию космоса политических проблем.



Международная астронавтическая федерация

IAF специализируется на изучении и разрешении технических, социально-политических и правовых аспектов проблем космических полётов. В составе IAF действует Международная астронавтическая академия, которая обеспечивает развитие международного сотрудничества в области астронавтики, способствует реализации программ развития авиационно-космической отрасли, а также инициирует организацию поощрения за особые заслуги в области астронавтики [2].



Европейское космическое агентство

ESA выделяется своей тесной связью с Европейским союзом. Цель организации – углубление сотрудничества европейского сообщества в мирном освоении космоса, развитие космических технологий и их научное применение. На сегодняшний день основными задачами указанного агентства являются разработки и воплощение европейской космической стратегии в долгосрочной перспективе, а также согласование и интеграция с ней национальных космических программ путём реализации соответствующей политики и выработки рекомендаций для государств-членов [2].



В первую очередь ESA представляет интерес практической направленностью своей деятельности: непосредственное осуществление прикладных исследований в космосе и участие в выполнении конкретных космических проектов.

ESA инициировало создание в 1989 г. Европейского центра по космическому праву для обеспечения правового базиса космической деятельности, информационного обмена и развития космического права.

Иные международные организации, связанные с освоением космоса

Вопросами исследования и использования космического пространства и международного сотрудничества в данной области в разной степени занимаются многие международные организации, среди которых можно выделить следующие.

- «Интерспутник» – международная организация космической связи (эксплуатация всемирной системы спутниковой связи).



- «Интелсат» – международная организация спутниковой связи (разработка, создание, запуск, эксплуатация и обслуживание необходимого для международной публичной связи оборудования).



- Международная организация гражданской авиации (использование в гражданской авиации средств космической связи и навигации).



- Международный союз электросвязи (обеспечение международного сотрудничества в области рационального использования и улучшения всех видов связи).



- Всемирная организация здравоохранения (международное сотрудничество в области космической медицины и применения результатов космических исследований в земной медицине, использование спутниковых данных для борьбы с загрязнением окружающей среды и эпидемиями, а также для составления карт в целях быстрого развёртывания ресурсов на местности).



- Международное агентство по атомной энергии (определение порядка действий при возвращении аппарата с ядерным источником энергии, безопасное использование атомной энергии в космосе).



- Всемирная метеорологическая организация (использование космических данных и технологий для изучения климата, прогнозирования погоды, предупреждения стихийных бедствий и борьбы с их последствиями).



Выводы и дальнейшие направления исследования

Проведённый анализ существующего состояния международного сотрудничества в области освоения космоса путём изучения субъектного состава позволяет констатировать: на сегодняшний день проект SpaceWay не может быть реализован ни одной из существующих международных организаций.

С одной стороны, таких организаций достаточно много, и они затрагивают большое количество аспектов космической деятельности. С другой стороны, все рассмотренные структуры занимаются проблемами освоения космоса или слишком абстрактно, охватывая всё в целом

и разрабатывая руководящие принципы деятельности для всех сфер, или слишком конкретно, концентрируясь только на одном узком направлении и развивая его.

Проект SpaceWay, в свою очередь, предполагает в определённом смысле симбиоз вышеназванных подходов. Это обусловлено самой сутью и миссией данной программы. Поскольку реализация SpaceWay затрагивает всё человечество, то необходима разработка основных начал, в рамках которых будет развиваться весь проект. Однако учитывая его практическую направленность, каждый прикладной аспект нуждается в проработке и регламентировании. Объединение подобных подходов неизбежно приведёт к выводу некоторых закономерностей и общих черт различных сфер исследования.

Таким образом, для воплощения в жизнь проекта SpaceWay важным видится учреждение новой международной организации нетипичного формата, в которой для достижения общей цели объединятся несколько блоков участников, отвечающих за конкретные этапы или элементы разработки, проектирования, создания, строительства и эксплуатации ОТС, а также за реализацию вспомогательных и сопутствующих программ. В такую международную организацию должны входить по меньшей мере страны, на чьих территориях будет находиться взлётно-посадочная эстакада ОТС, и субъекты, способные обеспечить финансирование проекта общечеловеческого масштаба. Международная организация, которая займётся реализацией проекта SpaceWay, обязана одновременно сочетать в себе признаки корпорации в части принятия наиболее важных решений всеми участниками, но с передачей оперативных полномочий исполнительному органу, и в то же время минимизировать бюрократическую составляющую и длительность принятия любых резолюций, так как создание ОТС и без того потребует значительных временных затрат.

Приведённое в статье исследование развития международных документов, касающихся освоения космоса, позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день по различным причинам очень сложно добиться единогласия участников. Сложившееся положение дел порождает серьёзную проблему для человечества в целом: космическая отрасль развивается достаточно быстро усилиями отдельных высокоразвитых государств, которые, очевидно, будут намерены присваивать блага от использования космического пространства, а общеобязательные правила, регламентирующие деятельность по освоению космоса, остановились в развитии несколько десятилетий назад. В отсутствие международных нормативных актов страны-участницы космической деятельности станут руководствоваться исключительно своими интересами и нуждами, что с большой вероятностью причинит вред остальным государствам, а возможно, и всему человечеству.

В подобной ситуации проект SpaceWay благодаря его общечеловеческой сути и миссии может выступить стимулом единогласия стран, которого до сих пор достичь не получалось. В то же время проектирование, создание, строительство и эксплуатация ОТС потребуют разработки нескольких принципиально новых международных договоров. На сегодняшний день важнейшим вопросом для всего общества в области освоения космоса является обеспечение долгосрочности, эффективности и безопасности космической деятельности [2]. Реализовать обозначенные

направления требуется в том числе путём пересмотра договоров по космосу, несмотря на существование различных точек зрения на такую необходимость в науке международного космического права.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакротс: ПНБ принт, 2019. – 576 с., ил.
2. Черных, И.А. Международно-правовые аспекты обеспечения устойчивости космической деятельности: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.10 / И.А. Черных. – М.: РУДН, 2018. – 257 л.
3. Международное космическое право: учебник / Г.П. Жуков [и др.]; под ред. Г.П. Жукова. – 2-е изд., стер. – М.: Юрайт, 2019. – 527 с.
4. Международное сотрудничество в области использования космического пространства в мирных целях: Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 1472 (XIV) [Электронный ресурс] // Резолюции, принятые по докладам Первого комитета. 856-е пленарное заседание. – Режим доступа: http://css.unoosa.org/pdf/gares/ARES_14_1472R.pdf. – Дата доступа: 10.06.2020.
5. Международное сотрудничество в использовании космического пространства в мирных целях: Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 1721 (XVI) [Электронный ресурс] // Резолюции, принятые по докладам Первого комитета. 1085-е пленарное заседание. – Режим доступа: <https://undocs.org/ru/A/RES/1721%28XVI%29>. – Дата доступа: 15.06.2020.
6. Status of International Agreements Relating to Activities in Outer Space as at 1 January 2020 [Electronic resource] // United Nations. Office for Outer Space Affairs. – Mode of access: <https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/treatystatus/TreatiesStatus-2020E.pdf>. – Date of access: 17.06.2020.
7. О регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство: Конвенция ООН принята Резолюцией 3235 (XXIX) Генеральной Ассамблеи ООН [Электронный ресурс] // Резолюции, принятые по докладам Первого комитета. 2280-е пленарное заседание. – Режим доступа: <https://undocs.org/ru/A/RES/3235%28XXIX%29>. – Дата доступа: 15.06.2020.





Технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса» как инструмента спасения биосферы Земли

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Бабаян А.В.

Беларусь, г. Минск,
ООО «Астроинженерные технологии»

УДК 339



Проект «Безракетная индустриализация ближнего космоса» – глобальный инвестиционный проект, способный предотвратить планетарную экологическую катастрофу и обеспечить будущее земной технократической цивилизации. Стремительное наращивание космической индустриальной мощи является не только существенным фактором его инвестиционного успеха, но и скорейшего достижения им стратегической цели – конкурентного устранения отраслей техносферы Земли, оказывающих угнетающее воздействие на биосферу. Полномасштабный и одновременно быстрый характер индустриализации космоса предъявляет высокие требования к показателям экономической эффективности и грузоподъёмности общепланетарного транспортного средства (ОТС) инженера А.Э. Юницкого. В рамках всестороннего технико-экономического обоснования данного проекта сформулированы принципиально важные организационные и экономические условия хозяйствования для его участников; построена расчётная модель, позволяющая оценивать показатели эффективности ОТС в широком диапазоне режимов транспортной нагрузки; представлены выводы.

Ключевые слова:

космический вектор индустриального развития, общепланетарное транспортное средство (ОТС), технико-экономическое обоснование (ТЭО), биосфера Земли, техносфера Земли.



USD
ARS ▲
AUD ▲
BHT ▲
BBD ▲
BDT ▲
BZD ▲
BWP ▲
BRL ▲
GBP ▲
BND ▲
CAD ▲
KWD ▲

1,216
1,220
1,215
214
0

1,32
1,32
1,32
1,32
1,31
1,31
1,31
1,30

Введение

На II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» (Республика Беларусь, Марьино Горка, 2019 г.) авторы выдвинули гипотезу абсолютного конкурентного превосходства космической индустрии [1]. Речь шла не о безусловном конкурентном преимуществе, а только о случае использования разработанного инженером А.Э. Юницким общепланетарного транспортного средства (ОТС) [2], отличающегося уникальными показателями энергоэффективности, пассажиро- и грузоподъёмности промышленных масштабов и, конечно же, электрической тягой и беспрецедентной экологической чистотой. По убеждению авторов, именно ОТС сможет обеспечить такую геокосмическую транспортную доступность, которая позволит широко открыть двери космоса с его неисчерпаемыми энергией, сырьём и пространством, а также с его особой, отсутствующей на планете, технологической средой: невесомостью, глубоким вакуумом, исключительной чистотой, высокими и криогенными температурами, др.

По законам конкурентного рынка, если кому-то из его участников удаётся внедрить инновационную, гораздо более эффективную технологию, то и остальным участникам данного рынка, чтобы выдержать конкуренцию, необходимо внедрить эту или иную, не менее продуктивную инновационную технологию [3]. Так как ОТС, согласно

расчётам, представленным в монографии А.Э. Юницкого [4], не имеет себе равных по эффективности и грузоподъёмности, то рано или поздно именно такой вид геокосмического транспорта будет избран цивилизацией для реализации своего дальнейшего космического техногенного развития.

Стремительное наращивание космической индустриальной мощи является главным фактором не только инвестиционного успеха проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса» (далее – Проект), но и скорейшего достижения им стратегической цели – конкурентного устранения отраслей техносферы Земли, оказывающих угнетающее воздействие на биосферу. Глобальный и одновременно стремительный характер индустриализации космоса предъявляет высокие требования к показателям экономической эффективности и грузоподъёмности ОТС.

Организационно-правовые условия реализации Проекта

Непременное условие начала полномасштабной реализации Проекта – консолидация усилий всего человечества. Прежде всего важно, чтобы широкая мировая общественность, политические и научные круги, бизнес-элиты глубоко осознали неизбежность космического вектора индустриального развития. Только после подобного

понимания станет возможным создание под эгидой ООН международного Консорциума с необходимым привлечением к сотрудничеству государств экваториального пояса планеты и как можно большего количества стран-участниц с высоким экономическим и научно-техническим потенциалом. Для того чтобы исключить экономическую дискриминацию, размер минимального вклада в уставный капитал (УК) должен определяться в пропорции к ВВП каждой страны-участницы. Слаборазвитые и развивающиеся государства, даже если они ограничатся минимальными взносами, всё равно будут обладать голосом в органах корпоративного управления Консорциума. Развитые страны-участницы, как и любая другая страна-участница, должны иметь возможность в любое время неограниченно увеличивать число собственных голосов в органах корпоративного управления Консорциума за счёт внесения дополнительных сумм в УК и таким образом наращивания доли своего участия в капитале Консорциума. Для соблюдения прав других участников Консорциума по ранее внесённым ими вкладам в УК необходимо принимать во внимание временной фактор стоимости и перед каждым увеличением УК проводить переоценку текущей стоимости активов Консорциума (оценивая степень реализации Проекта), а все ранее внесённые вложения участников в УК индексировать. В качестве имущественных инвестиций также будут учитываться предпринимаемые странами-участницами меры экономической поддержки исполнителей работ и поставщиков ресурсов в адрес Проекта. Странам-участницам экваториального пояса потребуется сформировать вдоль линии экватора свободные экономические зоны определённой ширины с передачей прав градостроительного регулирования и распоряжения недрами созданных зон Консорциуму, что тоже должно быть оценено и учтено, как их имущественный вклад в УК.

По мнению авторов, именно такие организационно-правовые условия обеспечат Консорциуму максимальное представительство стран и достаточный размер его уставного капитала для реализации Проекта.

Условия привлечения в Проект глобальных инвестиций

Консорциуму предстоит самостоятельно профинансировать 100 % затрат на внедрение геокосмического транспортно-коммуникационного комплекса – опорной отрасли всей космической индустрии. Сюда входит проведение всех научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) с сохранением за собой

прав на вновь созданную интеллектуальную собственность, реализация ОТС и строительство стартовых (взлётно-посадочных) эстакад (на экваторе и орбите) с необходимой для осуществления полётов ОТС энерготранспортной и коммуникационной инфраструктурой. Экваториальный стартовый комплекс важно построить до начала полётов ОТС в составе экваториального линейного города. Орбитальный стартовый комплекс потребует максимально оперативно смонтировать сразу после начала полётов ОТС в рамках космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита»). При этом ни при каких условиях нельзя допустить риск утраты Консорциумом контроля над опорной геокосмической транспортной системой (ГКТС). Например, данное обстоятельство может возникнуть в случае дефолта Консорциума как заёмщика и обращения взыскания на его имущество. Именно поэтому Консорциум не должен иметь право привлекать кредиты и иные формы заёмного финансирования, а его единственным источником финансирования будет являться УК.

Создание остальных компонентов, отраслей и предприятий космической индустрии должно финансироваться большим числом независимых участников-инвесторов со своими частными космическими проектами и инвестициями, но для этого Консорциуму потребуются принятие кардинальных стимулирующих мер.

Объём будущего рынка космических услуг к 2040 г. оценивается экспертами Morgan Stanley, Goldman Sachs, Bank of America и Merrill Lynch в размере 1,1–2,7 трлн USD. Учитывая тот факт, что нынешний рынок космических услуг составляет 335 млрд USD, прогнозируется 2,8–7,7-кратный рост, который аналитики объясняют ожиданиями фундаментальных прорывов в индустриализации космоса [5]. Наличие подобных перспектив подтверждается регулярными анонсами прорывных космических проектов. Их авторы отмечают, что самым труднопреодолимым препятствием является отсутствие эффективного решения по геокосмическим перевозкам. Сегодня доставка грузов на орбиту обходится заказчиком около 10 млн USD/т, при этом в технико-экономических обоснованиях (ТЭО) анонсируемых прорывных проектов их разработчиками закладывается тариф в размере 1 млн USD/т [6, 7].

Забегая вперёд, важно отметить, что экономика ОТС позволит Консорциуму предоставить всем участникам Проекта ставку на подъём грузов и пассажиров на орбиту в 1 млн USD/т, а также ещё более привлекательную стоимость доставки грузов с орбиты на Землю в 0,5 млн USD/т. Однако прорывные космические проекты, будучи по своей сути единичными, не смогут обеспечить действительно глобальный и стремительный характер реализации Проекта.



В качестве кардинальной стимулирующей меры по привлечению как можно большего количества независимых участников-инвесторов авторы рассматривают схему с партнёрством. Заинтересованным сторонам может быть предложено передать в пользу Консорциума не менее 50 % доли в своих космических проектах в обмен на преференции в виде 25- и 50-кратных тарифных скидок. В итоге подъём и спуск грузов для партнёрских космических проектов будет выполняться по льготным расценкам – 40 000 USD/т и 20 000 USD/т соответственно, при этом осуществление 100-процентного финансирования таких проектов должно остаться за самими партнёрами.

Удельные затраты на производство высокотехнологичных устройств (например, электромобиль марки «Тесла» стоимостью 50 000–75 000 USD и весом 2–2,5 тонны) не превышают 25 000 USD/т, что косвенно определяет верхний уровень капитальных затрат на изготовление космического оборудования. Следовательно, удельную стоимость уступки партнёрами половины своих космических проектов в пользу Консорциума можно оценить в 12 500 USD/т. Таким образом, выгода, получаемая партнёрами от снижения Консорциумом для них тарифа на 960 000 USD/т и 980 000 USD/т для подъёма и спуска грузов соответственно, гораздо выше стоимости, сделанной партнёрами

в пользу Консорциума уступки прав в своём проекте. По мнению авторов, от предложения подобного партнёрства вряд ли кто-нибудь откажется. Данные партнёрские условия не являются офертой и рассматриваются пока только как один из сценарных вариантов.

В качестве иллюстрации того, как влияет размер оплаты за доставку оборудования на орбиту на полные капитальные затраты, себестоимость и сроки окупаемости космических проектов, представлено укрупнённое технико-экономическое обоснование создания космической солнечной электростанции (КСЭС) мощностью 10 ГВт для партнёров (таблица 1). Себестоимость электроэнергии партнёрских проектов КСЭС будет равна 0,016 USD/(кВт·ч) для отпуска потребителям в космосе и 0,027 USD/(кВт·ч) – для отпуска потребителям на Земле. Продажа партнёрскими КСЭС половины получаемой электроэнергии потребителям в космосе по тарифу 0,05 USD/(кВт·ч) и оставшейся половины электроэнергии потребителям на Земле по цене 0,08 USD/(кВт·ч) рентабельна на 211,1 %, а простой срок окупаемости составит всего 6,5 лет.

Полные капитальные затраты на проект КСЭС, оборудование которого доставлено на орбиту по стандартному тарифу 1 млн USD/т, достигнут 105,7 млрд USD (таблица 2а), что даже не позволяет такому проекту окупиться (таблица 2б).

Таблица 1 – Проект КСЭС мощностью 10 ГВт

Космическая солнечная электростанция (КСЭС)			Капитальные затраты	
1			2	3
Удельная мощность солнечного светового потока на 1 м ²			1,4	кВт/м ²
КПД плёночных солнечных батарей			60	%
Установленная мощность КСЭС			10	ГВт (млн кВт)
Удельный вес космической части оборудования КСЭС			10	кг/кВт
Вес – компоненты космической части КСЭС			100 000	т
Удельные капитальные затраты – производство оборудования			50 000	USD/т
Создание космической части КСЭС			5	млрд USD
UP	P	Тариф на геокосмические перевозки	40 000	USD/т
Доставка на орбиту космической части КСЭС			4	млрд USD
Удельные капитальные затраты – монтаж в космосе			2000	USD/т
Монтаж космической части КСЭС			0,2	млрд USD
Удельная стоимость – производство на Земле			10	% (космической части)
Создание наземной (ректенны) части КСЭС			0,5	млрд USD
Полные капитальные затраты на КСЭС			9,7	млрд USD

Окончание таблицы 1

1	2	3
Космическая солнечная электростанция (КСЭС)		
Операционные расходы		
Удельные затраты – обслуживание и ремонт	3	% от кап. затрат
Удельные затраты – аварийный ремонт	1	% от кап. затрат
Обслуживание и ремонт космической части КСЭС	0,37	млрд USD/год
Срок полной амортизации – космическая часть КСЭС	25	лет
Амортизация космической части КСЭС	0,37	млрд USD/год
Удельные затраты – обслуживание и ремонт	3	% от кап. затрат
Удельные затраты – аварийный ремонт	1	% от кап. затрат
Обслуживание и ремонт наземной части КСЭС	0,02	млрд USD/год
Срок полной амортизации – наземная часть КСЭС	25	лет
Амортизация наземной части КСЭС	0,02	млрд USD/год
Удельная плотность операторов	5	штат. ед/км
Общая численность персонала	50	штат. ед.
Средний уровень оплаты с учётом налогов	50 000	USD/год × штат. ед.
Затраты на оплату персонала	0,003	млрд USD/год
Полные операционные затраты на КСЭС	0,78	млрд USD/год
Коэффициент освещённости батарей КСЭС	55	% (на солнечной стороне)
Годовой объём выработки электричества в космосе	48,18	млрд кВт·ч/год
Потери преобразования «генерация – антенна – ректенна – сеть»	60	% (КПД)
Приведённая мощность КСЭС на Земле	6	ГВт
Годовой объём выработки электричества на Земле	28,91	млрд кВт·ч/год
Себестоимость электроэнергии в космосе	0,016	USD/(кВт·ч)
Себестоимость электроэнергии на Земле	0,027	USD/(кВт·ч)

Таблица 2а – Влияние тарифов на капитальные затраты

Сравнение затрат на подъём КСЭС					
Себестоимость S	Консорциум C	Партнёр P	Участник R		
0,3	2	40	1000	Тариф, тыс. USD/т	Доставка на орбиту
100	99,8	96	0	Скидка, %	Эффективная
0,03	0,2	4	100	млрд USD	Затраты на подъём
5,73	5,9	9,7	105,7	млрд USD	Полные капитальные затраты
5,4	5,6	9,2	100	%	Экономия капитальных затрат
CAPEX – VS – RATES					

Таблица 26 – Влияние тарифов на инвестиционную привлекательность

Сравнительная экономика						
Себестоимость S	Консорциум C	Партнёр P	Участник R	Вариант – партнёр		
-5,73	-5,9	-9,7	-105,7	-9,7	Капитальные затраты КСЭС, млрд USD	Тариф Доля, %
1,2	1,2	1,2	1,2	1,205	Электроэнергия в космосе, млрд USD	0,05 50
1,16	1,16	1,16	1,16	1,156	Электроэнергия на Земле, млрд USD	0,08 50
-0,44	-0,45	-0,76	-8,44	-0,759	Операционные расходы КСЭС, млрд USD	
-3,81	-3,99	-8,1	-111,78	-8,098	Чистый денежный поток, млрд USD	
1,92	1,91	1,6	-6,08	1,602	EBITDA, млрд USD	
2,98	3,09	6,05	-17,39	6,05	Окупаемость, лет	

Приведённый пример свидетельствует о том, что льготный партнёрский тариф за выход в индустриальный космос сделает множество прорывных (и не только) космических проектов инвестиционно-привлекательными, так как объём необходимых им инвестиций многократно снизится. Кроме того, инвестиционные фонды и банки неизбежно пересмотрят своё отношение к утратившим перспективу индустриальным проектам на Земле и перенаправят собственные капиталы в сторону индустриальных проектов в космосе, в которых такая перспектива вырастет.

Выгоды Консорциума от применения подобных стимулирующих мер – это многократно возросший спрос на геокосмические перевозки, привлечение инвестиций в отсутствие каких-либо кредитных обязательств, управленческий контроль над многими проектами реального сектора космической индустрии, пополнение доходной части бюджета партнёрскими поступлениями в счёт полученных 50 % участия в космических проектах своих партнёров, а также высокая степень диверсификации участников космической индустрии и формирование нового конкурентного космического рынка.

Организации системы ООН давно ведут активную деятельность по ограничению угнетающего биосферу Земли антропогенного влияния техносферы, созданной человечеством на планете. В 1992 г. принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата, которую ратифицировали 197 государств. В 1995 г. страны начали переговоры, а два года спустя 192 государства ратифицировали Киотский протокол, обязывающий развитые страны сокращать выбросы парниковых газов. На 21-й сессии Конференции сторон

Рамочной конвенции ООН об изменении климата, состоявшейся в 2015 г. в Париже, заключено историческое соглашение по борьбе с изменением климата в части ограничения углеродных выбросов и низкоуглеродного развития. Учитывая вышесказанное, а главное – высокую эффективность Проекта в достижении целей спасения биосферы Земли и будущего цивилизации, вполне обоснованно ожидать получение его участниками всякого рода торговых и налоговых преференций.

По мнению авторов, особые инвестиционные и экономические условия хозяйствования вызовут приток такого большого числа участников и партнёров со своими космическими проектами и инвестициями, что это обеспечит Проекту и глобальный характер, и стремительный темп его практической реализации.

Технико-экономическое обоснование Проекта

Для создания технико-экономического обоснования эффективности ОТС использованы исходные данные, определённые автором-разработчиком инженером А.Э. Юницким в ряде своих научных работ [4]:

- весогабаритные характеристики ОТС, в том числе собственный вес в 30 млн тонн и вес максимально поднимаемых и спускаемых грузов и пассажиров в 10 млн тонн;
- протяжённость ОТС – 40 075 км по Земле вдоль экватора и 41 332 км – вдоль низкой околоземной орбиты, если её высота 400 км;

- энергозатраты для подъёма ОТС с полным грузом равны кинетической энергии всей конструкции ОТС с грузом при её разгоне до первой космической скорости (плюс 20 % – запас энергии), которую прежде необходимо будет сообщить двум охватывающим планету маховикам общим весом в 20 млн тонн, вращающимся в корпусе ОТС в вакуумном канале в режиме магнитной левитации;

- уровень энергетических потерь в соответствии с принятым в расчётах общим КПД_{ОТС} – 90 % (этот показатель взят с большим запасом, так как дальнейшие исследования по оптимизации показывают, что общий КПД_{ОТС} может быть увеличен до 97–98 %);

- полный ресурс ОТС за весь период амортизации в 10 000 запусков;

- удельный показатель по численности обслуживающего персонала в пять штатных единиц на каждый километр протяжённости ОТС вдоль экватора с уровнем оплаты труда в 50 000 USD/год с учётом всех налогов;

- удельные затраты на строительство экваториальной стартовой эстакады с необходимой для начала полётов ОТС инфраструктурой в 25 млн USD/км для 20 % участков суши и в 35 млн USD/км для 80 % участков океана.

В ТЭО также учтены экономические условия хозяйствования, в том числе запрет Консорциуму на привлечение кредитных источников финансирования и освобождение от фискальной нагрузки. В качестве отпускных ставок на геокосмические перевозки в расчётах приняты стандартный тариф 1 млн USD/т и партнёрский тариф 40 000 USD/т для доставки грузов на экваториальную орбиту.

Используемые в расчётах расценки на спуск грузов с орбиты составляют 50 % от стоимости подъёма. В случае если грузоперевозчиком является сам Консорциум, то применяются на порядок более выгодные, близкие к себестоимости тарифы в 2000 USD/т и 1000 USD/т на подъём и спуск грузов соответственно. Для оценки операционных расходов, связанных с энергозатратами (и дополнительных энергозатрат), в расчётах используется ставка в 0,05 USD/(кВт·ч), по которой в течение первого года полётов ОТС закупается электроэнергия (ночной тариф) и по которой вся генерируемая спуском грузов электроэнергия реализуется (дневной тариф) на оптовом энергорынке земной части техносферы. Со второго года индустриализации космоса в расчётах энергозатрат ОТС предусмотрено использование электроэнергии, получаемой космической солнечной энергетикой по партнёрскому тарифу в размере 0,02 USD/(кВт·ч).

В рамках ТЭО также был проведён расчёт капитальных затрат, операционных расходов и значений себестоимости геокосмических перевозок ОТС. Общая сумма капитальных затрат на реализацию общепланетарной транспортной системы, позволяющей начать полёты ОТС, оценивается в 2204 млрд USD; в том числе: НИОКР – 116 млрд USD, создание ОТС (с вышперечисленными характеристиками) – 750 млрд USD, стартовая эстакада с начальной инфраструктурой – 1322 млрд USD, включая сухопутную часть – 200 млрд USD и океаническую часть – 1122 млрд USD. Кроме этого, в качестве капитальных затрат приняты расходы на электроэнергию неснижаемого запаса кинетической энергии маховиков для подъёма собственного веса ОТС без груза – 16 млрд USD (таблица 3).

Таблица 3 – Капитальные затраты на создание ГТЭС

Геокосмическая транспортная система	Капитальные затраты		
	1	2	3
Затраты на проведение НИОКР	116	млрд USD	
Сухой (собственный, без груза) вес ОТС	30	млн т	
Максимальная грузоподъёмность ОТС	10	млн т	
Максимальный взлётный вес ОТС	40	млн т	
Протяжённость экваториальной эстакады	40 076	км	
Удельная стоимость (аналог – электромобиль)	25 000	USD/т	
Затраты на создание ОТС	750	млрд USD	
Доля сухопутной части экваториальной эстакады	20	Доля периметра, %	
Протяжённость сухопутной части эстакады	8015,2	км	

Окончание таблицы 3

1		3
Удельная стоимость сухопутного участка эстакады	25	млн USD/км
Строительство сухопутной части эстакады	200,38	млрд USD
Доля океанической части экваториальной эстакады	80	Доля периметра, %
Протяжённость океанической части эстакады	32 060,8	км
Удельная стоимость океанического участка эстакады	35	млн USD/км
Строительство океанической части эстакады	1122,13	млрд USD
Энергия подъёма с полной загрузкой +20 % (запас)	417,1	млрд кВт·ч
Доля энергозатрат на подъём веса ОТС	75	%
Доля энергозатрат на подъём максимума груза	25	%
Тариф на покупку электроэнергии (ночной)	0,05	USD/(кВт·ч)
Стоимость энергии подъёма ОТС с полной загрузкой	20,85	млрд USD
Затраты на энергию подъёма ОТС без нагрузки	15,64	млрд USD
Полные капитальные затраты на создание ГКТС	2204,15	млрд USD

Общая сумма операционных расходов ОТС при 50 рейсах в год с полной загрузкой для варианта только подъёма грузов (что более характерно для начальных этапов индустриализации космоса) округлённо составляет 360 млрд USD/год, в том числе: расходы на покупку (земной по ночному тарифу)

электроэнергии подъёма груза в 261 млрд USD/год и электроэнергии потерь (при КПД 90 %) в 78 млрд USD/год, расходы на обслуживание и ремонт (удельная амортизация на рейс) в 11 млрд USD/год, а также постоянные годовые расходы на оплату труда в 10 млрд USD/год (таблица 4).

Таблица 4 – Операционные расходы ГКТС

1	Операционные расходы	
	2	3
Число плановых рейсов ОТС в год	50	Рейсов/год
В том числе затраты энергии на подъём (-) и спуск (+) груза	5,21	млрд USD/рейс
Расходы на энергию подъёма груза	260,69	млрд USD/год
КПД электрического двигателя и магнитного подвеса	0,9	%
Потери электроэнергии в % от энергии подъёма	1,56	млрд USD/рейс
Расходы на потери энергии (за полный рейс ОТС)	78,21	млрд USD/год
Число запусков ОТС за период полной амортизации	10 000	Запусков всего
Объём грузопотока за весь период амортизации	100	млрд тонн
Удельные затраты на обслуживание и ремонт	0,22	млрд USD/рейс
Расходы на обслуживание и ремонт (амортизация)	11,02	млрд USD/год
Линейная плотность персонала	5	штат. ед./км
Общая численность персонала	200 380	штат. ед.

Окончание таблицы 4

1	2	3
Средний уровень оплаты с учётом налогов	50 000	USD/год × штат. ед.
Удельные затраты на оплату персонала	0,2	млрд USD/рейс
Расходы на оплату труда персонала и отчисления	10,02	млрд USD/год
Полные операционные расходы ГКТС	359,93	млрд USD/год
Удельные расходы на энергию подъёма (-)/спуска (+) груза	521,37	USD/т
Удельные расходы на энергопотери (подъём/спуск ОТС)	156,41	USD/т
Удельные расходы на обслуживание и ремонт (амортизация)	22,04	USD/т
Удельные затраты на оплату труда персонала	20,04	USD/т
Себестоимость подъёма тонны груза	620,62	USD/т
Доход (дополнительный) для спуска тонны груза	-422,13	USD/т

Себестоимость геокосмических грузоперевозок определяется отдельно для каждого из двух направлений грузоперевозок. В случае с выведением грузов на орбиту (подъём) себестоимость составляет 620 USD/т, учитывая прямые расходы электроэнергии подъёма и косвенные расходы (энергетические потери, обслуживание и ремонт, оплата труда персонала), пропорциональные доле поднятого груза к общему объёму перевезённых грузов в обоих направлениях. При доставке грузов с орбиты на Землю (спуск) себестоимость принимает отрицательное значение (что означает дополнительный доход): -422 USD/т, так как доход от реализации генерируемой (рекуперированной) спуском груза электроэнергии за вычетом косвенных расходов (энергетические потери, обслуживание и ремонт, оплата труда персонала) в данных условиях оказался меньше генерируемого дохода.

Рентабельность стандартного тарифа на подъём грузов в 1 млн USD/т поражает своими значениями и равняется 161 000 %. При стандартной ставке на спуск грузов в 0,5 млн USD/т понятие рентабельности отсутствует, так как транспортная услуга в этом направлении не только себя окупает, но и приносит дополнительный (сверхтарифа) доход. Даже в случае с льготной для партнёров расценкой на подъём грузов в 40 000 USD/т рентабельность не менее поразительна и составляет 6300 %. При льготной стоимости на спуск грузов в 20 000 USD/т также отсутствует понятие рентабельности. Прямым аналогом работы ОТС по спуску грузов с орбиты на Землю являются гидроэлектростанции – в обеих системах потенциальная энергия груза и воды переходит в кинетическую энергию ротора и затем к генерации электроэнергии в статоре.



В рамках ТЭО проведён анализ устойчивости показателей себестоимости геокосмических грузо-пассажирских перевозок ОТС: для различных степеней загруженности рейсами в год, различной загруженности однонаправленных грузопотоков и неполной загруженности единичного рейса в год. Расчёты проделаны для двух энерготарифов – покупного (0,05 USD/(кВт·ч)) и партнёрского (0,02 USD/(кВт·ч)).

Для единственного рейса в год с полной загрузкой ОТС в обоих направлениях и покупной электроэнергией себестоимость подъёма и спуска грузов составит 1111 USD/т и 68,8 USD/т соответственно. Для двух таких рейсов в год себестоимость подъёма и уже отрицательная

себестоимость спуска (дополнительный доход) будут равны 861 USD/т и -182 USD/т соответственно. Для 50 подобных рейсов в год себестоимость подъёма и доход спуска, как отмечено выше, достигнут 620 USD/т и -422 USD/т соответственно. При потреблении собственной электроэнергии по льготному тарифу произойдёт практически пропорциональное снижение себестоимости подъёма. Так, для одного, двух и 50 рейсов в год она станет 798,7 USD/т, 548,3 USD/т и 307,8 USD/т. На себестоимость спуска изменение энерготарифа не влияет, потому что на спуске энергия не расходуется, а генерируется и затем реализуется по фиксированной (согласно ТЭО) рыночной ставке 0,05 USD/(кВт·ч) (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние числа рейсов в год на себестоимость подъёма и спуска

		Покупной тариф 0,05 USD/(кВт·ч)						Льготный тариф 0,02 USD/(кВт·ч)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Влияние числа рейсов в год	Число рейсов/год	1	2	5	10	40	50	1	2	5	10	40	50
Грузопоток – подъём	млн т/год	10	20	50	100	400	500	10	20	50	100	400	500
Число рейсов в год – подъём	Рейсов/год	1	2	5	10	40	50	1	2	5	10	40	50
Загрузка крайнего рейса – подъём	% загрузки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Объём грузопотока – спуск	млн т/год	10	20	50	100	400	500	10	20	50	100	400	500
Число рейсов в год – спуск	Рейсов/год	1	2	5	10	40	50	1	2	5	10	40	50
Загрузка крайнего рейса – спуск	% загрузки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Валовой грузовой поток	млн т/год	20	40	100	200	800	1000	20	40	100	200	800	1000
Число плановых рейсов в год	Рейсов/год	1	2	5	10	40	50	1	2	5	10	40	50
Преимущественный грузопоток	Подъём = спуск	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный
Загрузка рейсовая (max 50 рейсов/год)	% рейсов/год	2	4	10	20	80	100	2	4	10	20	80	100
Операционные расходы	млрд USD/год	-11,8	-13,59	-18,94	-27,86	-81,4	-99,25	-8,68	-7,33	-3,3	3,42	43,73	57,17
Затраты на электроэнергию подъёма груза	млрд USD/год	-5,214	-10,427	-26,069	-52,137	-208,549	-260,687	-2,085	-4,171	-10,427	-20,855	-83,42	-104,275
Доходы электрогенерации при спуске груза	млрд USD/год	5,214	10,427	26,069	52,137	208,549	260,687	2,085	4,171	10,427	20,855	83,42	104,275

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Затраты на потери электроэнергии	млрд USD/год	-1,564	-3,128	-7,821	-15,641	-62,565	-78,206	-1,564	-3,128	-7,821	-15,641	-62,565	-78,206
Обслуживание и ремонт (амортизация)	млрд USD/год	-0,22	-0,441	-1,102	-2,204	-8,817	-11,021	-0,22	-0,441	-1,102	-2,204	-8,817	-11,021
Затраты на оплату персонала	млрд USD/год	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019
Себестоимость геокосмических перевозок	USD/т	1180,4	679,4	378,8	278,6	203,5	198,5	867,5	366,6	66	-34,2	-109,3	-114,3
Себестоимость подъёма груза	USD/т	1111,6	861,1	710,8	660,7	623,1	620,6	798,7	548,3	398	347,9	310,3	307,8
Себестоимость спуска груза	USD/т	68,8	-181,7	-332	-382,1	-419,6	-422,1	68,8	-181,7	-332	-382,1	-419,6	-422,1

Для единственного рейса в год с полной загрузкой ОТС (в одном направлении подъёма) при покупном энерготарифе себестоимость подъёма грузов составит 1702 USD/т. Уже для двух аналогичных рейсов в год она будет равна 843 USD/т, а для 50 подобных рейсов в год уменьшится

до 720 USD/т. При потреблении собственной электроэнергии произойдёт практически пропорциональное снижение себестоимости подъёма. Так, для одного, двух и 50 рейсов в год она составит 1389 USD/т, 530 USD/т и 407 USD/т соответственно (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние числа рейсов в год на себестоимость только подъёма

		Покупной тариф 0,05 USD/(кВт·ч)						Льготный тариф 0,02 USD/(кВт·ч)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Влияние числа рейсов в год – только подъём	Число рейсов/год	1	7	8	20	40	50	1	7	8	20	40	50
Грузопоток – подъём	млн т/год	10	70	80	200	400	500	10	70	80	200	400	500
Преимущественный грузопоток	Подъём = спуск	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём	Подъём
Загрузка рейсовая (max 50 рейсов/год)	% рейсов/год	2	14	16	40	80	100	2	14	16	40	80	100
Операционные расходы	млрд USD/год	-17,02	-59,01	-66,01	-149,98	-289,95	-359,93	-13,89	-37,11	-40,98	-87,42	-164,82	-203,52
Затраты на электроэнергию подъёма груза	млрд USD/год	-5,214	-36,496	-41,71	-104,275	-208,549	-260,687	-2,085	-14,598	-16,684	-41,71	-83,42	-104,275
Доходы электрогенерации при спуске груза	млрд USD/год	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Затраты на потери электроэнергии	млрд USD/год	-1,564	-10,949	-12,513	-31,282	-62,565	-78,206	-1,564	-10,949	-12,513	-31,282	-62,565	-78,206

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Обслуживание и ремонт (амортизация)	млрд USD/год	-0,22	-1,543	-1,763	-4,408	-8,817	-11,021	-0,22	-1,543	-1,763	-4,408	-8,817	-11,021
Затраты на оплату персонала	млрд USD/год	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019
Себестоимость геокосмических перевозок	USD/т	1701,7	843	825,1	749,9	724,9	719,9	1388,9	530,1	512,2	437,1	412,1	407

Для единственного рейса в год с полной загрузкой ОТС (в одном направлении спуска) при покупном энерготарифе себестоимость спуска грузов составит 659 USD/т. Для двух таких рейсов в год она достигнет уже 158 USD/т. Начиная с третьего рейса, себестоимость спуска примет отрицательное значение (дополнительный доход), равный -9 USD/т.

Для 50 подобных рейсов в год отрицательная себестоимость (дополнительный доход) будет соответствовать -323 USD/т. На себестоимость спуска изменение энерготарифа не влияет, так как на спуске энергия не расходуется, а генерируется и затем реализуется по фиксированной (согласно ТЭО) рыночной стоимости 0,05 USD/(кВт·ч) (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние числа рейсов в год на себестоимость только спуска

Влияние числа рейсов в год – только спуск	Число рейсов/год	Покупной тариф 0,05 USD/(кВт·ч)						Льготный тариф 0,02 USD/(кВт·ч)					
		1	2	3	10	45	50	1	2	3	10	45	50
Объём грузопотока – спуск	млн т/год	10	20	30	100	450	500	10	20	30	100	450	500
Преимущественный грузопоток	Подъём = спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск	Спуск
Загрузка рейсовая (max 50 рейсов/год)	% рейсов/год	2	4	6	20	90	100	2	4	6	20	90	100
Операционные расходы	млрд USD/год	-6,59	-3,16	0,27	24,27	144,29	161,44	-6,59	-3,16	0,27	24,27	144,29	161,44
Затраты на электроэнергию подъёма груза	млрд USD/год	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Доходы электрогенерации при спуске груза	млрд USD/год	5,214	10,427	15,641	52,137	234,618	260,687	5,214	10,427	15,641	52,137	234,618	260,687
Затраты на потери электроэнергии	млрд USD/год	-1,564	-3,128	-4,692	-15,641	-70,385	-78,206	-1,564	-3,128	-4,692	-15,641	-70,385	-78,206
Обслуживание и ремонт (амортизация)	млрд USD/год	-0,22	-0,441	-0,661	-2,204	-9,919	-11,021	-0,22	-0,441	-0,661	-2,204	-9,919	-11,021
Затраты на оплату персонала	млрд USD/год	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019
Себестоимость геокосмических перевозок	USD/т	659	158	-9	-242,7	-320,7	-322,9	659	158	-9	-242,7	-320,7	-322,9

Для единичного за год рейса ОТС, загруженного в обоих направлениях на 10 %, значение возросшей себестоимости подъёма и спуска составит 6423 USD/т и 5380 USD/т соответственно. Для единичного рейса ОТС, загруженного в двух направлениях всего на 2 %, значение ещё более возросшей себестоимости подъёма и спуска будет равно 30 030 USD/т и 28 824 USD/т соответственно.

Для единичного рейса ОТС, загруженного в обоих направлениях всего на 1 %, значение ещё более возросшей себестоимости подъёма и спуска достигнет 59 539 USD/т и 58 496 USD/т соответственно. Даже при столь малой, как 1 %, загрузке ОТС себестоимость подъёма грузов 59 539 USD/т станет почти в 17 раз ниже стандартного тарифа на подъём в 1 млн USD/т (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние уровня загруженности на себестоимость единичного рейса в год

1	2	Покупной тариф 0,05 USD/(кВт·ч)						Льготный тариф 0,02 USD/(кВт·ч)					
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Влияние недозагруженности одного рейса в год	% загрузки рейса	100	80	10	2	1,5	1	100	80	10	2	1,5	1
Грузопоток – подъём	млн т/год	10	8	1	0,2	0,15	0,1	10	8	1	0,2	0,15	0,1
Число рейсов в год – подъём	Рейсов/год	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Загрузка крайнего рейса – подъём	% загрузки	-	80	10	2	1,5	1	-	80	10	2	1,5	1
Объём грузопотока – спуск	млн т/год	10	8	1	0,2	0,15	0,1	10	8	1	0,2	0,15	0,1
Число рейсов в год – спуск	Рейсов/год	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Загрузка крайнего рейса – спуск	% загрузки	-	80	10	2	1,5	1	-	80	10	2	1,5	1
Валовый грузовой поток	млн т/год	20	16	2	0,4	0,3	0,2	20	16	2	0,4	0,3	0,2
Число плановых рейсов в год	Рейсов/год	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Преимущественный грузопоток	Подъём = спуск	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный	Равный
Загрузка рейсовая (max 50 рейсов/год)	% рейсов/год	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Тариф земной	кВт·ч	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Тариф космический	кВт·ч	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Операционные расходы	млрд USD/год	-11,8	-11,8	-11,8	-11,8	-11,8	-11,8	-8,68	-9,3	-11,49	-11,74	-11,76	-11,77
Затраты на электроэнергию подъёма груза	млрд USD/год	-5,214	-4,171	-0,521	-0,104	-0,078	-0,052	-2,085	-1,668	-0,209	-0,042	-0,031	-0,021
Доходы электрогенерации при спуске груза	млрд USD/год	5,214	4,171	0,521	0,104	0,078	0,052	5,214	4,171	0,521	0,104	0,078	0,052
Затраты на потери электроэнергии	млрд USD/год	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564	-1,564
Обслуживание и ремонт (амортизация)	млрд USD/год	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Затраты на оплату персонала	млрд USD/год	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019	-10,019
Себестоимость геокосмических перевозок	USD/т	1180,4	1475,4	11 803,5	59 017,7	78 690,2	118 035,4	867,5	1162,6	11 490,7	58 704,9	78 377,4	117 722,5
Себестоимость подъёма груза	USD/т	1111,6	1259,1	6423,1	30 030,2	39 866,5	59 539,1	798,7	946,3	6110,3	29 717,4	39 553,7	59 226,2
Себестоимость спуска груза	USD/т	68,8	216,3	5380,4	28 987,5	38 823,7	58 496,3	68,8	216,3	5380,4	28 987,5	38 823,7	58 496,3

Кроме того, в рамках ТЭО проведён анализ инвестиционной привлекательности проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса». Для выполнения аналитической работы использованы дополнительные объёмно-временные исходные данные, определённые инженером А.Э. Юницким в ряде своих научных работ [4]. Так, рассмотрены: 20-летний подготовительный период с графиком ежегодного распределения полных капитальных затрат на НИОКР, а также на создание ОТС и строительство экваториальной эстакады с необходимой инфраструктурой; 21-летний период индустриализации космоса с графиком ежегодных грузоперевозок в обоих направлениях.

Анализ инвестиционной привлекательности произведён для двух вариантов спроса. В том и другом случае

объём грузоперевозок остаётся неизменным и отвечает практическим задачам Проекта. В первом (пессимистичном) варианте, ввиду практически полного отсутствия спроса со стороны участников-инвесторов, заказчиком 97,5 % всех геокосмических перевозок вынужденно выступает сам Консорциум. Подавляющая часть геокосмических перевозок осуществляется для него по близким к себестоимости тарифам на подъём и спуск грузов – 2000 USD/т и 1000 USD/т соответственно. Только 2,5 % геокосмических перевозок будут выполнены партнёрами-инвесторами, также использующими льготные расценки. Для удобства восприятия показателей за длительный 41-летний период массив данных разделён на этапы – по пять лет каждый (таблица 9).

Таблица 9 – Анализ денежных потоков для варианта отсутствия внешнего спроса

Объём, структура, динамика спроса			2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грузопоток – подъём	4100	млн т	–	100	1900	1100	500	500
Число рейсов в год – подъём	410	Рейсов/год	–	10	190	110	50	50
Объём грузопотока – спуск	7810	млн т	–	10	750	2050	2500	2500
Число рейсов в год – спуск	781	Рейсов/год	–	1	75	205	250	250
Валовый грузовой поток	11 910	млн т	–	110	2650	3150	3000	3000
Число плановых рейсов в год	915	Рейсов/год	–	10	190	215	250	250
Преимущественный грузопоток	Спуск	Подъём = спуск	–	Подъём	Подъём	Спуск	Спуск	Спуск
Загрузка по тоннажу совершённых рейсов	65,39	%	–	11	53	63	60	60
Загрузка по тоннажу максимального числа рейсов	56,71	%	–	11	53	63	60	60
Загрузка по числу рейсов	87,14	%	–	20	76	86	100	100

Продолжение таблицы 9

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее значение – себестоимость											
UP	S	Себестоимость подъёма груза	299,63	USD/т	–	774,69	292,653	282,777	295,753	295,753	
D	S	Себестоимость спуска груза	-437,92	USD/т	–	-268,06	-437,269	-447,145	-434,17	-434,17	
Тарифная сетка – подъём груза											
UP	C	Тариф – Консорциум	2000	USD/т, %	–	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	
UP	P	Тариф – партнёр	40 000	USD/т, %	–	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
UP	R	Тариф – участник	1 000 000	USD/т, %	–	0	0	0	0	0	
Тарифная сетка – спуск груза											
D	C	Тариф – Консорциум	1000	USD/т, %	–	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	
D	P	Тариф – партнёр	20 000	USD/т, %	–	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
D	R	Тариф – участник	500 000	USD/т, %	–	0	0	0	0	0	
Денежные потоки – инвестиционные					2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060	
Выручка от реализации активов			млрд USD								
Расходы на инвестиции в активы			млрд USD		-2186	-477,172	-461,531	–	–	–	
НИОКР, ОТС, эстакада, инфраструктура и др.			млрд USD		-116	–	–	–	–	–	
Общепланетарное транспортное средство			млрд USD		-750	-15,641	–	–	–	–	
Экваториальная стартовая эстакада и инфраструктура			млрд USD		-1320	–	–	–	–	–	
КИО «Орбита» и инфраструктура			млрд USD		–	-461,531	-461,531	–	–	–	
Сальдо полученных и уплаченных дивидендов			млрд USD		–	–	–	–	–	–	
Сальдо денежных потоков (инвестиционных)			млрд USD		-2186	-477,172	-461,531	–	–	–	
Денежные потоки – операционные					2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060	
100 %	Выручка от реализации продукции/услуг		млрд USD		–	309,75	9391,49	9619,05	8512,8	8512,8	
33,3 %	В том числе услуги подъёма груза		млрд USD		–	295	5605	3245	1475	1475	
22 %	Для Консорциума		млрд USD		–	195	3705	2145	975	975	
11,3 %	Для партнёров		млрд USD		–	100	1900	1100	500	500	
0 %	Для участников		млрд USD		–	–	–	–	–	–	
31,7 %	В том числе услуги спуска груза		млрд USD		–	14,75	1106,25	3023,75	3687,5	3687,5	
21 %	Для Консорциума		млрд USD		–	9,75	731,25	1998,75	2437,5	2437,5	
10,7 %	Для партнёров		млрд USD		–	5	375	1025	1250	1250	
0 %	Для участников		млрд USD		–	–	–	–	–	–	
	В том числе аренда КИО «Орбита» под застройку		млрд USD		–	–	2680,237	3350,297	3350,297	3350,297	

Окончание таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100 %	Расходы (энергия, сырьё, фонд оплаты труда, проценты, налоги и т. д.)	2191,66	млрд USD	-	-74,79	-216,06	607,41	937,55	937,55
-40,4 %	Затраты на электроэнергию подъёма груза	-886,33	млрд USD	-	-52,137	-396,244	-229,404	-104,275	-104,275
185,8 %	Доходы от генерации электроэнергии при спуске груза	4071,93	млрд USD	-	5,214	391,03	1068,816	1303,434	1303,434
-26,5 %	Затраты на потери электроэнергии	-581,85	млрд USD	-	-15,641	-118,873	-134,514	-156,412	-156,412
-9,2 %	Затраты на обслуживание и ремонт (амортизация)	-201,68	млрд USD	-	-2,204	-41,879	-47,389	-55,104	-55,104
-9,6 %	Затраты на оплату персонала	-210,4	млрд USD	-	-10,019	-50,095	-50,095	-50,095	-50,095
	Сальдо денежных потоков (операционных)	38 537,54	млрд USD	-	234,96	9175,43	10 226,46	9450,34	9450,34
	Анализ валовых денежных потоков	NPV	20 %	2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060
	Сальдо всех денежных потоков	35 412,83	млрд USD	-2186	-242,21	8713,9	10226,46	9450,34	9450,34
	Дисконтированный денежный поток	53,62	млрд USD	-158,991	-6,32	120,12	65,43	23,81	9,57
			Номер периода	19	20	25	30	35	40

Капитальные затраты с учётом экспертной оценки расходов на создание КИО «Орбита» (вес 150 млн тонн и капитальные затраты 925 млрд USD) составят 3125 млрд USD. Выручка от оказания геокосмических транспортных услуг и сдачи участков КИО «Орбита» в долгосрочную аренду под индустриальную кластерную застройку будет равна 36 350 млрд USD. Благодаря большой доле грузо-пассажирского потока с орбиты на Землю расходы на функционирование ОТС полностью покрываются доходом, полученным от реализации электроэнергии, генерируемой спуском грузов. В итоге образуется дополнительная прибыль 2195 млрд USD. Валовый операционный денежный поток достигнет 38 540 млрд USD. Чистый денежный поток как сумма чистых инвестиционных, операционных и финансовых денежных потоков (PV) составит 35 415 млрд USD, а чистый дисконтированный денежный поток (NPV) при ставке дисконта в 20 % – 54 млрд USD.

Таким образом, даже в случае с практически полностью отсутствующим спросом со стороны участников, когда применяются минимальные, близкие к себестоимости тарифы, Проект всё равно демонстрирует безубыточность.

Во втором (оптимистичном) варианте заказчиками подавляющей части всех геокосмических перевозок, ввиду наличия спроса, как раз будут многочисленные участники, использующие высокорентабельные стандартные ставки на подъём и спуск в 1 млн USD/т и 0,5 млн USD/т соответственно, и в равной с ними доле партнёры, применяющие льготные, но достаточно высокорентабельные тарифы на подъём и спуск в 40 000 USD/т и 20 000 USD/т соответственно. В данном случае Консорциум в течение двух лет осуществит подъём конструкций КИО «Орбита» весом в 150 млн тонн, а затем за ним будет зарезервировано примерно 5 % всего грузо-пассажирского потока (таблица 10).

Таблица 10 – Анализ денежных потоков для варианта высокого внешнего спроса

Объём, структура, динамика спроса	2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Грузопоток – подъём	4100	млн т	-	100	1900	1100	500	500
Число рейсов в год – подъём	410	Рейсов/год	-	10	190	110	50	50

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объём грузопотока – спуск	7810	млн т	-	10	750	2050	2500	2500
Число рейсов в год – спуск	781	Рейсов/год	-	1	75	205	250	250
Валовый грузовой поток	11 910	млн т	-	110	2650	3150	3000	3000
Число плановых рейсов в год	915	Рейсов/год	-	10	190	215	250	250
Преимущественный грузопоток	Спуск	Подъём = спуск	-	Подъём	Подъём	Спуск	Спуск	Спуск
Загрузка по тоннажу совершённых рейсов	65,39	%	-	11	53	63	60	60
Загрузка по тоннажу максимального числа рейсов	56,71	%	-	11	53	63	60	60
Загрузка по числу рейсов	87,14	%	-	20	76	86	100	100
Среднее значение – себестоимость								
UP S	Себестоимость подъёма груза	299,63 USD/т	-	774,69	292,653	282,777	295,753	295,753
D S	Себестоимость спуска груза	-437,92 USD/т	-	-268,061	-437,269	-447,145	-434,17	-434,17
Тарифная сетка – подъём груза								
UP C	Тариф – Консорциум	2000 USD/т, %	-	75	11,5	5	5	5
UP P	Тариф – партнёр	40 000 USD/т, %	-	12,5	44,25	47,5	47,5	47,5
UP R	Тариф – участник	1 000 000 USD/т, %	-	12,5	44,25	47,5	47,5	47,5
Тарифная сетка – спуск груза								
D C	Тариф – Консорциум	1000 USD/т, %	-	5	5	5	5	5
D P	Тариф – партнёр	20 000 USD/т, %	-	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
D R	Тариф – участник	500 000 USD/т, %	-	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
Денежные потоки – инвестиционные			2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060
Выручка от реализации активов								
Расходы на инвестиции в активы			-3124,7	млрд USD	-2186	-477,172	-461,531	-
НИОКР, ОТС, эстакада, инфраструктура и др.			-116	млрд USD	-116	-	-	-
Общепланетарное транспортное средство			-765,64	млрд USD	-750	-15,641	-	-
Экваториальная стартовая эстакада и инфраструктура			-1320	млрд USD	-1320	-	-	-
КИО «Орбита» и инфраструктура			-923,06	млрд USD	-	-461,531	-461,531	-
Сальдо полученных и уплаченных дивидендов			-	млрд USD	-	-	-	-
Сальдо денежных потоков (инвестиционных)			-3124,7	млрд USD	-2186	-477,172	-461,531	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Денежные потоки – операционные			2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060
100 % Выручка от реализации продукции/услуг	3 898 071,63	млрд USD	–	15 620,5	1 093 087,74	1 053 312,8	868 025,3	868 025,3
50,2 % В том числе услуги подъёма груза	1 955 880	млрд USD	–	13 150	905 120	543 510	247 050	247 050
0 % Для Консорциума	680	млрд USD	–	150	320	110	50	50
1,9 % Для партнёров	75 200	млрд USD	–	500	34 800	20 900	9500	9500
48,2 % Для участников	1 880 000	млрд USD	–	12 500	870 000	522 500	237 500	237 500
49,5 % В том числе услуги спуска груза	1 929 461	млрд USD	–	2470,5	185 287,5	506 452,5	617 625	617 625
0 % Для Консорциума	390,5	млрд USD	–	0,5	37,5	102,5	125	125
1,9 % Для партнёров	74 195	млрд USD	–	95	7 125	19 475	23 750	23 750
47,6 % Для участников	1 854 875	млрд USD	–	2375	178 125	486 875	593 750	593 750
В том числе аренда КИО «Орбита» под застройку	12 731,13	млрд USD	–	–	2680,237	3350,297	3350,297	3350,297
100 % Расходы (энергия, сырьё, фонд оплаты труда, проценты, налоги и т. д.)	2191,66	млрд USD	–	-74,79	-216,06	607,41	937,55	937,55
-40,4 % Затраты на электроэнергию подъёма груза	-886,33	млрд USD	–	-52,137	-396,244	-229,404	-104,275	-104,275
185,8 % Доходы от генерации электроэнергии при спуске груза	4071,93	млрд USD	–	5,214	391,03	1068,816	1303,434	1303,434
-26,5 % Затраты на потери электроэнергии	-581,85	млрд USD	–	-15,641	-118,873	-134,514	-156,412	-156,412
-9,2 % Затраты на обслуживание и ремонт (амортизация)	-201,68	млрд USD	–	-2,204	-41,879	-47,389	-55,104	-55,104
-9,6 % Затраты на оплату персонала	-210,4	млрд USD	–	-10,019	-50,095	-50,095	-50,095	-50,095
Сальдо денежных потоков (операционных)	3 900 263,29	млрд USD	–	15 545,71	1 092 871,68	1 053 920,21	868 962,84	868 962,84
Анализ валовых денежных потоков	NPV	20 %	2020–2039	2040	2041–2045	2046–2050	2051–2055	2056–2060
Сальдо всех денежных потоков	3 897 138,58	млрд USD	-2186	15 068,54	1 092 410,15	1 053 920,21	868 962,84	868 962,84
Дисконтированный денежный поток	25 562,51	млрд USD	-158,991	393,05	15 350,53	6908,45	2189,55	879,93
	Номер периода		19	20	25	30	35	40

При наличии спроса со стороны многочисленных участников и партнёров Проект демонстрирует чрезвычайно высокие показатели инвестиционной привлекательности. Капитальные затраты (с учётом расходов на создание КИО «Орбита») составят прежние 3125 млрд USD. Выручка от реализации геокосмических транспортных услуг и сдачи участков КИО «Орбита» в долгосрочную аренду под индустриальную кластерную застройку вырастет до 3 900 000 млрд USD. Вследствие неизменности спускаемого грузопотока и рыночного тарифа на продажу генерируемой электроэнергии спуска Проектом будет получен

тот же, что и в первом варианте, дополнительный доход в размере 2195 млрд USD. Чистый денежный поток как сумма чистых инвестиционных, операционных и финансовых денежных потоков (PV) возрастёт и приблизится к 3 900 000 млрд USD, а NPV при ставке дисконта в 20 % также увеличится и достигнет 25 600 млрд USD.

Применительно к обоим вариантам в течение 21 года индустриализации космоса осуществится 915 запланированных рейсов ОТС, благодаря которым будут перевезены 11 910 млн тонн грузов, в том числе пассажиров, из них с Земли на орбиту – 4100 млн тонн и с орбиты на Землю

ещё 7810 млн тонн грузов. Достигаемая при этом рейсовая загрузка ОТС составит 87,15 % от возможного числа рейсов (принято 50 рейсов в год). В то же время тоннажная загрузка ОТС будет равна 56,71 % и 65,39 % от возможного объёма грузоперевозок – от полной в обе стороны загрузки всех совершённых рейсов и максимально возможного объёма грузоперевозок при 50 рейсах в год соответственно.

Таким образом, при наличии спроса Проект показывает чрезвычайно высокий уровень экономической эффективности и даже при его практически полном отсутствии сохраняет уровень безубыточности.

Столь уникальным технико-экономическим показателям эффективности геокосмическая транспортная система обязана невероятно высокой энергетической привлекательности всего комплекса технических решений, заложенных в принцип действия и конструкцию ОТС инженером А.Э. Юницким ещё 40 лет назад.

Заключение

Результаты проведённых исследований и их анализ демонстрируют, что общепланетарная транспортная система не только в состоянии обеспечить планетарный масштаб и стремительный темп практической реализации проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса», но также располагает значительным запасом прочности по своим экономическим и грузоподъёмным показателям.

Такие невероятно высокие значения экономической эффективности геокосмических перевозок ОТС, представляющих сектор реальной экономики (транспорт) и опорную отрасль будущей космической индустрии, позволяют рассматривать высокорентабельные геокосмические транспортные обязательства ОТС в качестве финансового инструмента (например, токена) для привлечения инвестиций на всех стадиях подготовки и внедрения Проекта.

Вместе с тем глобальный и интенсивный темп практической реализации Проекта в течение нескольких лет до начала и ещё на протяжении некоторого времени после первого запуска ОТС и практической индустриализации космоса создаст значительный, сравнимый с темпами годового роста техносферы всплеск спроса на очень широкий спектр промышленной продукции и услуг. В данный перечень входят электроэнергия; чёрные и цветные металлы; конструкционные и строительные материалы; химическая и нефтехимическая продукция; продукция кабельных отраслей; продукция промышленного, транспортного, дорожно-строительного и иных отраслей машиностроения; электротехническая и электронная продукция,

а также потребность в сотнях тысяч высококвалифицированных кадров, обладающих новейшими знаниями и навыками.

Именно поэтому предметом следующего исследования и доклада уже на IV международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты» должно стать технико-экономическое обоснование подготовительного периода проекта «Безракетная индустриализация ближнего космоса».

Литература

1. *Бабаян, А.В. Индустриализация космоса – новая эра человеческого развития и необходимый шаг для спасения биосферы Земли (экономическое обоснование) / А.В. Бабаян // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 103–109.*
2. *Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.*
3. *Макконнелл, К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика: учебник / К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю, Ш.М. Флинн. – 19-е изд., пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 1028 с.*
4. *Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.*
5. *Почему космическая индустрия может превысить \$3 трлн к 2040 г. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://ffin.ru/market/review/82/71325/>. – Дата доступа: 01.08.2020.*
6. *Коротеев, А.С. Космическая система энергоснабжения Земли: эффективность, проблемы создания и решения / А.С. Коротеев [и др.] // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2009. – № 4. – С. 3–20.*
7. *Final Report: SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large Phased Array (A 2011–2012 NASA NIAC Phase 1 Project) [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/niac_2011_phase1_mankins_spsalpha_tagged.pdf. – Date of access: 01.08.2020.*



Обоснование экономической и социально-политической эффективности программы SpaceWay для стран-участниц

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Лавриненко В.И.

Беларусь, г. Минск,
отдел адресных проектов
управления развития бизнеса ЗАО «Струнные технологии»

УДК 332.13



Рассмотрена оптимальная модель взаимодействия общества и власти в процессе создания общепланетарного транспортного средства (ОТС) на территории стран, расположенных вдоль экватора; представлены возможные результаты этого сотрудничества. Изучены текущая экономическая ситуация и удовлетворённость социально-политических интересов граждан стран-участниц. Установлено, что при реализации инновационного проекта по освоению космоса может быть налажено позитивное взаимодействие власти и общества, выраженное в участии населения в достижении высокого уровня экономического развития и социального прогресса, а также предотвращены глобальные экологические проблемы. Научная новизна исследования состоит в том, что в работе впервые произведена оценка социально-политической эффективности от внедрения программы SpaceWay и показаны экономические выгоды, которые получают участники проекта.

Ключевые слова:

динамика, конструкция ОТС,
общепланетарное транспортное средство (ОТС),
оптимизация, расчётный случай.



Введение

Развитие научно-технического прогресса обусловило техногенный характер современной цивилизации и привело к ряду опасных кризисных явлений: постоянно возрастающему истощению природных ресурсов, загрязнению планеты и деградации биосферы.

Уже в 1960–1970-х годах экологические проблемы приобрели глобальный характер, что связано с изменениями окружающей среды, приносящими всемирное беспокойство [1]. Для разрешения каждого природоохранного вопроса с того времени принято множество программ по стабилизации ситуации (таблица 1).



Таблица 1 – Основные экологические проблемы и программы по стабилизации сложившейся ситуации [1]

Проблема	Программа по стабилизации ситуации
Истощение природных ресурсов, загрязнение атмосферы	Программа Организации Объединённых Наций (ООН) по окружающей среде (ЮНЕП) (15 декабря 1972 г.) [2]
Потеря биологического разнообразия	Конвенция о биологическом разнообразии ООН (5 июня 1992 г.) [3]
Парниковый эффект, резкое потепление климата на земном шаре	Рамочная конвенция ООН об изменении климата (9 мая 1992 г.) [4]
Разрушение озонового слоя	Венская конвенция по охране озонового слоя (22 марта 1985 г.) [5] Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (16 сентября 1987 г.) [6]
Загрязнение гидросферы, экологическое состояние Мирового океана, проблема обеспечения человечества пресной водой	Конференция ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) (3–14 июня 1992 г.) [7]
Деградация земель	Международный союз охраны природы (МСОП) (продолжение активной работы с октября 1948 г.) [8]
Техногенные катастрофы	Программа ООН по промышленному развитию (ЮНИДО) (1985 г.) [9]

Несмотря на принимаемые меры для урегулирования экологической проблемы, процесс масштабного технологического развития ведёт человеческую цивилизацию к точке невозврата.

В рамках Международного экономического форума 15 января 2020 г. опубликован «Доклад о глобальных рисках – 2020», подготовленный при поддержке ведущей мировой консалтинговой компании Marsh & McLennan. В документе раскрыты перспективы самых серьёзных угроз, которые могут повлиять на мир в настоящее время и в ближайшее десятилетие; отмечено, что все наиболее вероятные риски, нависшие над планетой, имеют отношение к экологии [10].

В числе основных рисков безопасности: экстремальные погодные явления, ведущие к гибели людей и материальному урону; провал политики смягчения последствий климатических изменений, проводимой правительствами

отдельных стран и крупными компаниями; антропогенный ущерб, наносимый окружающей среде, и экологические преступления; утрата биоразнообразия и разрушение экосистем; крупные стихийные бедствия (землетрясения, цунами, извержения вулканов и геомагнитные бури) [11].

Невозможность создания в промышленности замкнутых технологических циклов определяет единственный выход из сложившейся ситуации – необходимость предоставления техносфере экологической ниши вне биосферы, т. е. в космосе [12].

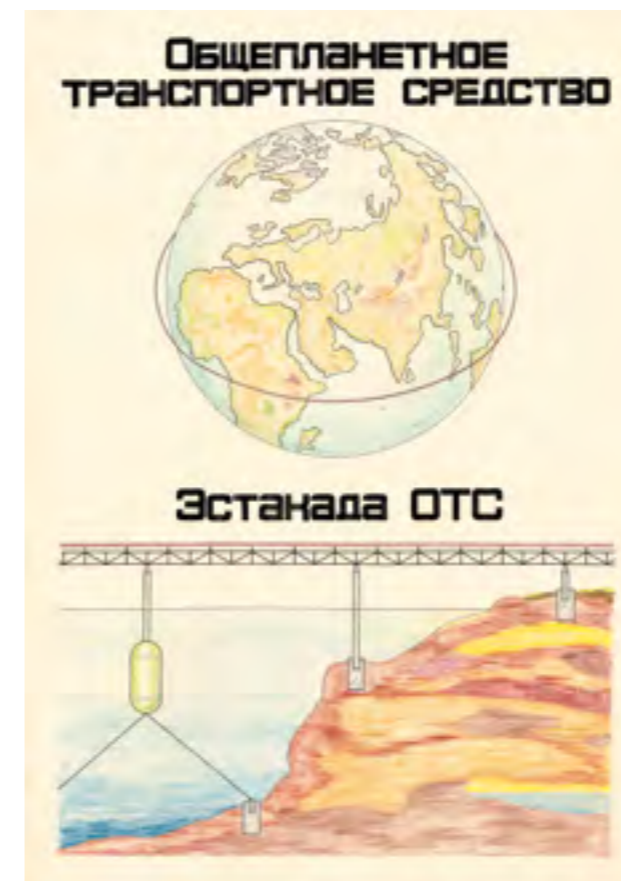
Уже в начале XX в. К.Э. Циолковский в своих публикациях обосновывал целесообразность индустриализации космоса и сформулировал план в 16 этапов по осуществлению данной задачи [13]. Множество достижений в освоении космоса уже совершено (запуск искусственного спутника, полёт человека в космос, посадка на Луну, миссия

на Юпитер, появление космического телескопа, посадка на Марс, создание и функционирование Международной космической станции), однако объём доставки полезных грузов на орбиту всё ещё невелик – значительно ниже тысячи тонн в год. Очевидно, что широкомасштабное освоение космоса и вынесение на орбиту земной индустрии потребует геокосмических перевозок с намного большим размахом (миллионы тонн в год). Существующие решения пока не способны выполнить такую задачу. К тому же важно, чтобы затраты на доставку полезного груза на заданную орбиту были в сотни, если не в тысячи раз ниже текущих, а сам процесс выхода в открытый космос не оказывал отрицательного воздействия на планетарную экологию. Для реализации цели индустриализации космоса необходимо функционирование абсолютно нового транспорта – производительного, экологичного и эффективного.

Именно такой транспорт – общепланетарное транспортное средство (ОТС) [12] – разработан инженером А.Э. Юницким более 40 лет назад. В силу своих технических особенностей проект напрямую затронет территорию стран, расположенных вдоль экватора, что предполагает

их политическое и социальное согласие на создание геокосмического транспортно-инфраструктурного комплекса на их земле. Взаимная договорённость общества и власти в данном вопросе может быть достигнута через разъяснение потенциальных выгод, которые получит страна при реализации новых перспективных направлений. При этом со стороны властей правильное донесение информации до населения о возможных результатах, полученных от выполнения программы, разработка мер господдержки и стимулирования участников позволят убедить граждан в необходимости их содействия процессу внедрения ОТС. Реализация властями проекта, способного обеспечить значительный рост качества жизни, также повысит доверие населения к органам управления, приведёт к увеличению работоспособности людей и, как следствие, к дальнейшему улучшению благосостояния и эффективному социально-политическому взаимодействию общества и власти.

Повышение качества жизни населения – важнейшая цель социальной политики любого государства. Оценка текущего уровня жизни экваториальных стран осуществлялась авторами данного исследования посредством индекса



человеческого развития – комплексного показателя, учитывающего наряду с экономической ситуацией (исходя из объёма валового национального дохода на душу населения) уровень грамотности населения и продолжительность жизни [14]. Проведённый анализ свидетельствует об имеющемся потенциале для улучшения качества жизни населения в государствах с высоким уровнем человеческого развития (Бразилия, Эквадор, Габон, Индонезия, Колумбия, Мальдивы) и возможности стабилизации ситуации в регионах с низким уровнем человеческого развития (Демократическая Республика Конго, Уганда, Сомали) [15].

Кроме этого, требуется достижение социально-политической удовлетворённости в ряде экваториальных республик: почти половина из них находится на пороге деградации институтов управления, выраженной в неспособности властей контролировать целостность своей территории, а также демографическую, политическую и экономическую ситуации в стране (критический уровень нестабильности в рейтинге недееспособности государств) [16].

Актуальность данной темы заключается в том, что реализация глобального инновационного проекта по индустриализации космоса посредством строительства ОТС

позволит повысить качество жизни населения и улучшить социально-политическое положение стран-участниц.

Целью настоящей работы является определение перспективных для государств направлений деятельности, развитие которых станет возможным благодаря созданию и эффективному функционированию ОТС на их территории. В свою очередь, новые тенденции обеспечат стремительный и масштабный экономический рост, повышение социально-политической удовлетворённости и сплочённости общества.

Общая характеристика ОТС

Общепланетарное транспортное средство – геокосмический транспортно-инфраструктурный комплекс много-разового использования для безракетного освоения ближнего космоса с целью создания и функционирования околоземной космической индустрии. ОТС способно выводить грузы на различные круговые экваториальные орбиты, применяя только внутренние силы системы за счёт неизменности положения его центра масс в пространстве.

Следовательно, это единственно возможная с позиций законов физики экологически чистая система для геокосмических перевозок.

Процесс реализации ОТС можно разделить на три основных этапа, осуществляемых параллельно.

1. Научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность, направленная на разработку таких структур, как:

- стартовая экваториальная эстакада;
- инфраструктура (транспортная, логистическая, промышленная, жилая, энергетическая и информационная);
- общепланетарное транспортное средство;
- транспортно-инфраструктурный и индустриальный комплекс на орбите, включающий новые космические отрасли (промышленную, жилую, энергетическую и информационную).

2. Подготовка и создание (строительство) экваториальной стартовой эстакады, совмещённой с транспортной системой UST, а также зданий, сооружений, инфраструктуры (промышленные и жилые комплексы, электростанции, линии электропередач, системы управления и связи, др.).

3. Изготовление и монтаж общепланетарного транспортного средства (протяжённость – 40 076 км; общая масса без полезной нагрузки – 30 млн тонн), пусконаладочные работы [12].

Создание ОТС – мировая программа, во внедрении которой должно быть задействовано всё человечество, однако территориальный аспект расположения стартовой эстакады делает неотъемлемым участие в проекте стран, расположенных на экваторе.

В ходе исследования данной темы использовались общенаучные инструменты: системный анализ, аналогия и моделирование, абстрагирование, гипотетический метод.

Изучение опыта реализации масштабных проектов

Для воплощения в жизнь любой глобальной инновационной идеи необходима поддержка власти и общества. Зачастую новый проект, даже более выгодный и безопасный, чем уже существующий, не реализуется долгое время из-за недоверия к возможным результатам от его внедрения, а также из-за сопротивления со стороны населения.

На примере модели поведения общества в начале строительства первых нефтепроводов (одного из самых

масштабных реализованных технических проектов, территориально затрагивающих ряд стран) выявим обязательные требования, которые должны быть учтены в процессе создания ОТС.

Первый в мире нефтепровод длиной в 8 км был сооружён в США в 1865 г. по проекту С. Сайкла, хотя идеи транспортировки нефти с помощью трубопроводов уже в 1860 г. выражал С. Карнс. В июле – августе 1861 г. Э. Шиппен выдвинул свою концепцию по возведению 10-километрового нефтепровода от месторождения в долине р. Ойл-Крик до г. Ойл Сити (штат Пенсильвания). Несмотря на назревший вопрос расширения транспортной инфраструктуры, план создания трубопровода владельцы скважин восприняли без энтузиазма. Заинтересовать капиталистов из штата Филадельфия в финансировании строительства принципиально нового объекта также не удалось. По их мнению, «нефтяная лихорадка» не имела никаких перспектив.



В ноябре 1861 г. Х. Джейнс совершил очередную попытку. В ходе собрания компаний, разрабатывающих месторождение «Тарр Фарм» (долина р. Ойл-Крик), даже было дано согласие одного из собственников на осуществление проекта. Тем не менее из-за огромного числа протестов со стороны альтернативных перевозчиков нефти идею так и не воплотили в жизнь.

Впервые разрешение на прокладку трубопровода в Пенсильвании получила компания «Ойл Крик Транспорт Компани» в 1862 г., однако трубопровод не построили, в том числе из-за намеренного его повреждения собственниками водного и гужевого транспорта.

Только в 1865 г. появился первый нефтепровод. В процессе его реализации по всей протяжённости объекта была выставлена охрана для предотвращения многочисленных попыток порчи конструкции владельцами судов, повозок и других средств транспортировки грузов [17].





В России идею об использовании трубопровода для переработки нефти и продуктов её переработки выдвинул в 1863 г. Д.И. Менделеев, но только осенью 1878 г. заработал первый промысловый российский нефтепровод длиной 9 км, созданный по проекту В.Г. Шухова. Процесс строительства нефтепровода также вызывал недовольство у перевозивших нефть традиционным способом: совершались частые поджоги и повреждения возводимых участков. Для устранения возникшей проблемы весь маршрут трубопровода охранялся [18].

Описанная модель поведения была спровоцирована беспокойством о потере спроса на свои услуги у владельцев альтернативных средств транспорта. Данный пример свидетельствует о необходимости детальной разработки схемы взаимовыгодного репрофилирования компаний, занятых созданием и запуском космических транспортных систем, с целью предотвращения препятствования этими субъектами процессу внедрения ОТС.

Для реализации программы SpaceWay предполагается формирование властями комплексной концепции, включающей как планы по трансформации профильных компаний, так и детальное описание потенциальных результатов от осуществления проекта.

Экономическая и социально-политическая эффективность реализации программы SpaceWay

Направления извлечения экономических выгод

Космос для индустрии – практически неисчерпаемый источник энергии, сырья, пространственных ресурсов и принципиально новых технологических возможностей.

Создание ОТС на территории стран-участниц откроет ряд перспективных видов деятельности, влекущих за собой экономические выгоды по следующим направлениям:

1) функционирование современного поколения инфраструктуры: высокоэффективного и экологичного транспорта, способного выводить за один рейс на орбиту около 10 млн тонн грузов и 10 млн пассажиров. Экономический эффект от геокосмических перевозок посредством ОТС (исходя из экономии 10 млн USD на доставке каждой тонны груза по сравнению с ракетами и планируемого в первый год объёма перевозок на орбиту в 100 млн тонн) составит около 1000 трлн USD (11,5 трлн USD в нынешней стоимости денег) [12];

2) открытие на земной орбите промышленных производств (машиностроение, металлургия, химия, электроника, фармацевтика, биомедицина, иное), научных лабораторий, солнечных и других электростанций. Низкая гравитация создаёт благоприятные условия для производства искусственных органов, телекоммуникационного оборудования. Условия невесомости или пониженного тяготения сделают возможным получение уникальных сплавов, сверхчистых и сверхпрочных веществ и материалов, что даст экономический эффект свыше 20 трлн USD в год. На орбите будут выпускаться:

- продукция чёрной и цветной металлургии;
- высокопрочные композиты;
- биопрепараты, лекарства;
- высокоточные детали, узлы и всевозможное оборудование;
- робототехника, электроника;
- системы связи (в том числе мобильной);
- различные виды вычислительной техники и др.;

3) добыча на астероидах железоникелевой руды, платины, кобальта и других минералов с последующей их доставкой на земную орбиту. Сравнительно не крупный металлический астероид (диаметром 1,5 км) может содержать в себе различные металлы (включая драгоценные) на сумму 20 трлн USD. Один небольшой астероид (диаметром 1 км)

может иметь до 2 млрд тонн железоникелевой руды, в денежном эквиваленте – около 112 млрд USD [12];

4) использование ОТС как гигантской линейной кинетической электростанции: превышение обратного грузопотока над прямым позволит преобразовывать потенциальную и кинетическую энергию космического груза в электричество. Чистая энергетическая прибыль составит 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 [12];

5) организация на земной орбите и в дальнем космосе базы для научных экспериментов с опасными веществами, биологическими агентами или физическими явлениями, а также для утилизации накопленных запасов химического оружия и ядерных отходов. Последний фактор поможет сократить затраты на строительство на Земле дорогостоящих и опасных мусорных заводов по их переработке, избежать расходов на хранение запасов и отходов, издержек по нивелированию ущерба и ликвидации последствий от аварий на 50 млрд USD ежегодно;

6) строительство и эксплуатация транспортно-инфраструктурного комплекса TransNet протяжённостью более 40 000 км (высокоскоростная, городская, гиперскоростная трасса), совмещённого со стартовой эстакадой ОТС [12]. Экономический эффект от осуществления пассажирских и грузоперевозок – более 150 млрд USD в год. Указанная цифра с учётом роста спроса на космическую продукцию и результативно функционирующую логистическую систему будет постоянно увеличиваться;

7) возведение вдоль стартовой эстакады ОТС линейного пешеходного города кластерного типа. Новая структура позволит переместить население (около 150 млн человек) в экологически чистую зону, повысит безопасность и улучшит качество жизни, обеспечит экономию ресурсов. Кроме того, увеличит престиж и инвестиционную, а также туристическую привлекательность данной территории. Годовой эффект от строительства объекта – более 100 млрд USD;

8) реализация глобального проекта способна стимулировать множество взаимодополняющих инноваций, при внедрении которых в земной индустрии будут получены дополнительные доходы. В частности, высокодоходными станут:

- производство биогумуса и связанная с ним инновационная энергетика на буром угле;
- технологии очистки воды и воздуха;
- энергетика на водороде, полученном в космосе;

- «латание» озоновых дыр кислородом и озоном, образованными в космосе в процессе разложения воды, а также экологически чистое управление через них погодой и климатом на планете;

- другие сферы деятельности.

Даже небольшой процент высокотехнологичных компонентов, потенциально реализуемых в последующем в строительстве и эксплуатации ОТС, принесёт ежегодно около 100 млрд USD прибыли.

Полученный экономический эффект от данных направлений планируется распределить среди стран-участниц соответственно размеру их вклада в создание ОТС. Вместе с тем будет учтён фактор площади, занятой под геокосмический транспортно-инфраструктурный комплекс на их территории.

Наряду со всеми вышеперечисленными видами деятельности, связанными с внедрением ОТС и способствующими получению выгоды, для каждой страны-участницы могут открыться индивидуально новые перспективы в развитии и повышении экономического роста. Ниже приведены некоторые потенциальные бизнес-направления и обозначен предполагаемый экономический эффект от их введения. Расчёт эффекта произведён следующим методом: выявляется как разница между вариантами «без учёта проекта» и «с учётом проекта».



Бразилия, Габон, Индонезия. С целью организации материальных потоков могут создаваться огромные логистические центры для развозки космической продукции в Бразилии, Габоне и Индонезии. Удобное расположение относительно предполагаемых регионов доставки, а также наличие развитой вспомогательной инфраструктуры и квалифицированного персонала (ввиду высокой степени развитости данных стран) определяют возможность открытия логистических центров в этих государствах с охватом следующих направлений: из Бразилии – в Северную и Южную Америку, из Габона – в Европу и страны СНГ, из Индонезии – в страны Азии. Высокоразвитый транспортно-инфраструктурный комплекс позволит эффективно осуществлять мультимодальные перевозки. Годовой экономический эффект от создания каждого логистического центра составит более 30 млрд USD.



Мальдивы. Строительство ОТС на рассматриваемой территории значительно увеличит её транспортную доступность, что тем самым привлечёт сюда большее количество туристов. Удовлетворить повышенный спрос можно за счёт вовлечения под туристическую деятельность 992 необитаемых островов (в настоящее время насчитывается всего 200 обитаемых островов из 1192 имеющихся). С учётом фактических денежных поступлений от международного туризма и реализации товаров для путешествий за 2018 г. (свыше 6 млрд USD с 80 занятых под коммерческую деятельность островов) годовой экономический эффект, благодаря вовлечению дополнительных территорий и организации на них туристических услуг, при расчётной рентабельности в 30 % составит свыше 20 млрд USD в год [19, 20].



Колумбия. Необходимость проведения ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для реализации программы SpaceWay определяет возможность организации крупного научно-технического центра. Имеющийся уровень научно-исследовательской активности свидетельствует о потенциальной заинтересованности местных высококвалифицированных специалистов в процессе внедрения проекта. Предполагается также привлечение экспертов по основным направлениям естественных, технических и гуманитарных наук со всего мира. Планируется, что центр станет базой по организации научно-технической деятельности как для создания ОТС, так и других инновационных разработок. Эффект от коммерциализации прочих научных идей – более 100 млрд USD ежегодно [21].



Эквадор. Наличие большого количества металлообрабатывающих и цементных заводов на территории страны позволит использовать мощности предприятий для производства части строительных материалов и конструкций, необходимых для возведения в ближнем космосе индустриального ожерелья «Орбита». Экономический эффект от увеличенной загрузки – около 5 млрд USD ежегодно.



Демократическая Республика Конго, Республика Конго, Уганда, Кения, Сомали. Применение технологии восстановления почв с использованием реликтового гумуса, полученного из бурого угля, повысит урожайность сельскохозяйственных культур в перечисленных странах. Функционирование сети TransNet обеспечит с наименьшими затратами доставку необходимого для возрождения сельскохозяйственных почв количества гумуса, а после получения урожая – экологически чистых продуктов на мировой рынок. Годовой экономический эффект – около 20 млрд USD.



Сан-Томе и Принсипи, Кирибати. Повышение транспортной доступности способно увеличить приток туристов не менее чем на 30 %. Исходя из имеющихся данных по денежным поступлениям от туристической деятельности и от реализации товаров для путешествий, дополнительный годовой экономический эффект может быть получен в сумме 10 млн USD и 1 млн USD соответственно [22–25].

Оценка модели взаимодействия общества и власти

Необходимым условием для создания ОТС при прохождении стартовой эстакады по территории экваториальных стран является согласие на реализацию данной программы со стороны власти и общества.

Приоритетная цель любой государственной политики – гарантия высокого качества жизни населения. Масштабные выгоды, которые могут быть получены благодаря внедрению программы SpaceWay, способны существенно повлиять на уровень благосостояния граждан, что предполагает абсолютную заинтересованность аппарата управления страны в осуществлении проекта.

Под потенциальной социально-политической эффективностью программы SpaceWay подразумевается возможность совместного достижения властью и обществом стратегических целей. Эффективность оценивается как вероятность получения намеченного результата в интересах граждан.

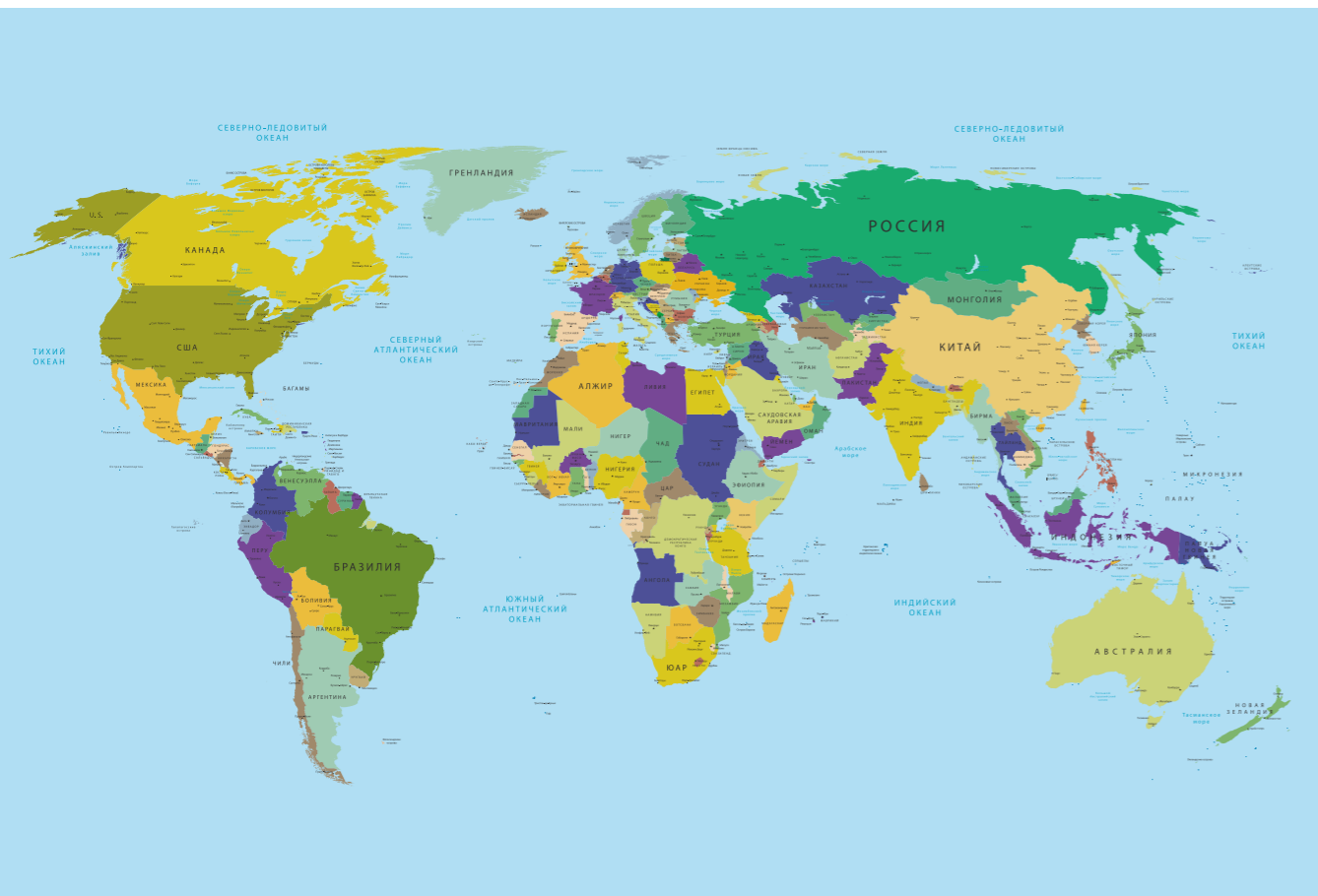
Механизм принятия решения о реализации программы SpaceWay или отказе от неё при условии согласия правительства на создание ОТС определяется действующим в стране политическим режимом, характеризующим степень влияния общества на процессы управления.

В государствах с авторитарным политическим режимом (Уганда, Кения, Сомали, Мальдивы) полномочия субъектов законодательной и исполнительной власти допускают без народного согласия принять решение по строительству ОТС на данных территориях.

В преобладающей части экваториальных стран действует демократический режим, определяющий необходимость обязательного согласия большинства населения на реализацию проекта.

С целью достижения солидарности общества в процессе создания ОТС властями должна быть рассмотрена возможность формирования комплексной программы, позволяющей оценить перспективы повышения качества жизни благодаря получению выгод от реализации новых направлений. Государственная политика в данном вопросе призвана включать меры по поддержке лиц, планирующих содействие во внедрении проекта (организация процесса обучения/переквалификации, качественного медицинского обслуживания, предоставление льгот на приобретение недвижимости и др.). Она также обязана содержать взаимовыгодный план по репрофилированию компаний и вовлечению в новые виды деятельности граждан, занятых в образовании космических транспортных систем и на вредных производствах.

Согласие/несогласие народа на реализацию программы SpaceWay определяет дальнейшую модель взаимодействия общества и власти на этапе строительства ОТС [26].



Возможные модели такого взаимодействия представлены в таблице 2.

Оптимальная модель для успешной реализации программы SpaceWay – сотрудничество общества и власти, выраженное в участии граждан в ходе внедрения ОТС. Социально-политическая эффективность программы может быть обеспечена только при условии совместной деятельности сторон.

Путём выражения согласия/несогласия на строительство ОТС население реализует своё право участвовать в управлении страны и влиять на пути её развития, что повышает социально-политическую удовлетворённость в обществе.



Таблица 2 – Возможные модели взаимодействия общества и власти в процессе создания ОТС

Степень согласия общества	Модель взаимодействия общества и власти	Характеристика модели
Согласие	Сотрудничество	Участие граждан в процессе создания ОТС
Пассивное согласие	Отсутствие сотрудничества	Игнорирование процесса реализации проекта со стороны общества
Несогласие	Конфронтация	Препятствование процессу создания ОТС

Выводы и дальнейшие направления исследования

Таким образом, создание ОТС возможно только при условии сотрудничества общества и власти. Оптимальная модель взаимодействия, выраженная в участии граждан в процессе реализации проекта, откроет ряд перспектив для извлечения экономических выгод странами-участницами.

Для достижения согласия населения на создание ОТС на территории государства правительство должно убедить жителей в эффективности реализации проекта, а также предотвратить потенциальное сопротивление со стороны конкурентов путём разработки взаимовыгодной концепции по трансформации их компаний.

Экономическая эффективность программы обеспечивается новыми направлениями в работе транспортной, энергетической, добывающей, фармацевтической, химической и других отраслей, позволяющих извлекать сверхвыгоды от своей деятельности.

Социально-политическая эффективность реализации программы SpaceWay выражается в повышении сплочённости общества и доверия к власти за счёт совместного участия над воплощением проекта в жизнь, обеспечивающего улучшение качества жизни.

Задача дальнейших исследований – определение потенциальных источников финансирования проекта.

Литература

1. Гурьева, М.А. Глобальные экологические проблемы современности: тенденции / М.А. Гурьева // Теория и практика общественного развития. – 2015. – № 15. – С. 42–45.
2. Программа ООН по окружающей среде, 1972 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/ga/unep/index.shtml>. – Дата доступа: 01.07.2020.
3. Конвенция о биологическом разнообразии ООН, 29 декабря 1993 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/biodiv.pdf. – Дата доступа: 01.07.2020.
4. Рамочная конвенция ООН об изменении климата, 9 мая 1992 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml. – Дата доступа: 01.07.2020.
5. Венская конвенция об охране озонового слоя, 22 марта 1985 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/ozone.shtml. – Дата доступа: 01.07.2020.
6. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, 16 сентября 1987 г. [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/montreal_prot.shtml. – Дата доступа: 01.07.2020.

7. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию, 1992 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml. – Дата доступа: 01.07.2020.
8. Международный союз охраны природы, 5 октября 1948 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mimo.com.ua/info/83-iucn-union-internationale-pour-la-conservation-de-la-nature-mezhdunarodnyy-soyuz-ohrany-prirody-msop.html>. – Дата доступа: 01.07.2020.
9. Организация Объединённых Наций по промышленному развитию, 1985 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/ecosoc/unido/index.shtml>. – Дата доступа: 01.07.2020.
10. Global Risks Report 2020 [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf. – Date of access: 10.07.2020.
11. Отчет о глобальных рисках-2020: экологические проблемы угрожают безопасности человечества, 15 января 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.golos-ameriki.ru/a/global-risks-2020-report/5245744.html>. – Дата доступа: 10.07.2020.
12. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
13. Циолковский, К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами: переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями / К.Э. Циолковский. – Калуга: 1-я Гостип. ГСНХ, 1926. – 128 с.
14. Баева, О.Н. Индекс человеческого развития: методики определения и оценки на уровне региона / О.Н. Баева // Известия Байкальского государственного университета. – 2012. – № 5. – С. 143–147.
15. Human Development Report [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <http://hdr.undp.org/en/content/latest-human-development-index-ranking>. – Date of access: 15.07.2020.
16. Рейтинг стран мира по уровню слабости [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://gtmarket.ru/ratings/failed-states-index/info>. – Дата доступа: 25.07.2020.
17. Иванов, А.И., Становление трубопроводного транспорта США / А.И. Иванов, А.А. Никишин, Б.Н. Мастобаев //

Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2016. – № 2. – С. 51–54.

18. Время первых [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://transnefthistory.tass.ru/shukhov.html>. – Дата доступа: 10.07.2020.
19. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Мальдивы/Поступления-от-международного-туризма>. – Дата доступа: 28.07.2020.
20. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Мальдивы/Поступления-от-товаров-для-путешествий>. – Дата доступа: 28.07.2020.
21. Рейтинг стран мира по уровню научно-исследовательской активности [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://gtmarket.ru/ratings/scientific-and-technical-activity/info>. – Дата доступа: 28.07.2020.
22. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Сан-Томе-и-Принсипе/Поступления-от-международного-туризма>. – Дата доступа: 28.07.2020.
23. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Сан-Томе-и-Принсипе/Поступления-от-товаров-для-путешествий>. – Дата доступа: 28.07.2020.
24. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Кирибати/Поступления-от-международного-туризма>. – Дата доступа: 28.07.2020.
25. Мировой атлас данных [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://knoema.ru/atlas/Кирибати/Поступления-от-товаров-для-путешествий>. – Дата доступа: 28.07.2020.
26. Сунгуров, А.Ю. Взаимодействие власти и структур гражданского общества: возможные модели / А.Ю. Сунгуров // Гражданский диалог. – 2008. – № 3. – С. 37–44.



Водные океанические участки с плавучей эстакадой общепланетарного транспортного средства

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Артюшевский С.В.

Беларусь, г. Минск,
ЗАО «Струнные технологии»

УДК 627.034



Строительство взлётно-посадочной полосы для общепланетарного транспортного средства (ОТС) требует разработки и применения уникального по масштабу и сложности сооружения – экваториальной эстакады, охватывающей планету и совмещённой с коммуникациями: транспортом «второго уровня» (UST), энергетическими и информационными системами. Данная конструкция будет служить опорой для ОТС, а также обеспечит равномерное распределение грузов и пассажиров. Для создания экваториальной коммуникационной эстакады необходимо использование широкого спектра технических решений: начиная с разработки строительных конструкций, специального подвижного состава и заканчивая энергообеспечением и системами интеллектуального управления геокосмической транспортной инфраструктурой. В статье рассмотрены проблемы, неизбежные при реализации основных элементов морских участков экваториального транспортного комплекса, и даны способы их решения. Описаны конструктивные особенности системы и её составляющих. Кроме этого, раскрываются некоторые технические сложности возведения эстакады и преимущества представленных решений при использовании их в экваториальной океанической зоне на всех этапах жизненного цикла сооружения.

Ключевые слова:

глубоководный якорь, плавучая эстакада, общепланетарное транспортное средство (ОТС), ЭкоКосмоДом (ЭКД), индустриализация космоса.



Введение

Планета Земля и человечество – два объекта, находящиеся вместе, однако отличающиеся друг от друга: размеры и возможности Земли ограничены, а желания и потенциал человечества – нет. Как может что-то, имеющее границы, вмещать в себя постоянно увеличивающееся нечто? Ответ один – никак, всегда наступает время, когда необходимо искать ресурсы вне системы. И здесь важно, в какой момент мы, как представители человечества, осознали данную проблему и совершим упреждающее действие. От нашего решения зависит, останется ли родная планета пригодной для жизни.

Как же сохранить природу Земли для будущих поколений? Единственный шаг – убрать всё, что вредит ей. Ещё К.Э. Циолковский [1] в своей программе освоения космического пространства выделил пункт – «развитие в эфире промышленности (индустрии)». Это было первое в истории высказывание об индустриализации космоса. Основоположник космонавтики писал о неограниченных размерах производственных цехов в невесомости – так как нет силы тяжести; о материалообеспечении не с Земли, а с Луны и астероидов – так как это дешевле; о поведении свободных от силы тяжести грузов. Он озвучил много других предположений, которые в то время казались фантастикой, однако сегодня его суждения уже стали реальностью.

В качестве транспортного средства для освоения космоса русский учёный предлагал использовать ракеты с реактивным двигателем. При этом он отмечал высокую стоимость и низкую производительность подобного решения, потому что ракеты требуют затрат на перемещение топлива с Земли на орбиту для дальнейшего использования. Альтернативный вариант разработал А.Э. Юницкий в [2]. Согласно его проекту основой космической индустриализации является космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита»). Промышленность и жилые отсеки для персонала, обслуживающего данную систему, представлены на орбите отдельными ячейками – ЭкоКосмоДомами (ЭКД) [3]. Объединённые между собой, они могут тянуться в космосе на многие километры и связываться в «ожерелья», длина которых теоретически не ограничена. Обладая кольцеобразной формой, КИО «Орбита» располагается в экваториальной плоскости Земли и охватывает планету. Для подъёма людей и грузов применяется общепланетарное транспортное средство (ОТС), также опоясывающее по экватору земной шар [3]. В момент старта центр масс ОТС совмещён с центром масс планеты. Во время подъёма положение центров масс остаётся неизменным, что способствует снижению энергетических затрат на выход в космос и исключает колебания ОТС относительно экваториальной плоскости.



Сегодня экватор является наилучшей стартовой линией для всех космических полётов и, соответственно, для постройки опорной эстакады ОТС. Благодаря использованию естественного вращения Земли такое расположение даёт большое преимущество – дополнительная скорость сокращает количество энергии, которое нужно для разгона и выведения ОТС на орбиту. Вместе с тем подобное размещение помогает избежать дорогостоящих манёвров, необходимых для стабилизации и совмещения орбиты перед стыковкой с КИО «Орбита».

Согласно расчётам, проведённым учёными Центра «Звёздный мир» [2], 31 170 км экватора проходят через океанические, морские, речные и другие воды, что требует постройки уникального сооружения – плавучей эстакады. Основные сложности, возникающие при создании данной конструкции, связаны с обеспечением её устойчивости и безопасности в случае воздействия на неё внешних природных факторов, таких как течение, ветер, волны, осадки и др. Плавучая эстакада должна выполнять функцию не только опорной площадки для старта и приземления ОТС, но и обязана отвечать за равномерное распределение пассажиров и грузов по длине всего корпуса. Перевозочный процесс вдоль экватора может быть организован с помощью гиперскоростного транспорта на основе форвакуумной трубы со скоростью движения, близкой к скорости звука в среде.

В статье подробно рассмотрены проблемы, которые могут проявиться при реализации основных элементов морских участков экваториального транспортного комплекса, даны технические решения их выполнения. Представлены внешние природные факторы, влияющие на конструктивные особенности сооружения. Предложены возможные варианты исполнения плавучей эстакады и показан их сравнительный обзор. Описаны главные принципы и конструктивные особенности плавучей подводной эстакады. В заключительной части названы предпочтительные решения для реализации сооружения, сделаны ключевые выводы о работе, обозначены направления будущих исследований.

Внешние природные факторы, влияющие на конструктив опорной эстакады в экваториальных водах

Разработка проектно-инженерных решений при строительстве плавучей эстакады требует учёта следующих факторов.

Геометрия дна. Согласно [4] экваториальные регионы имеют перепады глубин до 7680 м в районе Romanche Trench (Атлантический океан) и среднюю глубину 3000–4190 м [5]. Экватор в трёх местах пересекает срединно-океанические хребты – подводную горную цепь действующих

вулканов, характеризующуюся высокой скоростью расхождения тектонических плит (5–16 см/год) и частыми землетрясениями (до пяти случаев в день на каждом хребте).

Морское океаническое дно вдоль экватора является сложным и всё ещё недостаточно изученным местом, которое принципиально отличается от земной поверхности, имеющей более длинную историю проектно-инженерных работ. Требуется подробное исследование дна океанов, особенно в районах предположительного анкерения эстакады. Точное картирование морского дна важно для якорей. До начала проектно-строительных работ необходимы также геолого-океанографические изыскания.

Цунами. Согласно анализу [2] можем сделать вывод, что данный тип волн, зарегистрированный на экваторе станциями, в большинстве случаев вызван землетрясениями. Цунами по силе распределяются от умеренных (подъём воды 1–2 м) до очень сильных (подъём воды 4–8 м, всплеск до 20 м). Наиболее сильные волны зафиксированы в 1883 г. у южного побережья о. Суматра (Индонезия).

Температурные режимы воздуха. Для анализа годовых колебаний температуры (таблица 1) прослежена статистика в городах, через которые проходит экватор, но которые находятся на противоположных сторонах земного шара, – Понтианак (Индонезия) и Макапа (Бразилия).

Таблица 1 – Среднемесячная температура (°С) в г. Понтианак (Индонезия) и г. Макапа (Бразилия) [6, 7]

Город/месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Понтианак	26,9	27,9	27,7	27,8	28,1	28	27,5	27,6	27,9	27,7	27,3	27,2
Макапа	26,1	26,3	26,4	26,7	26,8	26,8	27,2	27,6	27,9	27,8	27,4	26,9



Несмотря на большое расстояние между указанными городами (17 826 км), разность температур по месяцам составляет 0–1,6 °С, а среднегодовое колебание не превышает 1,8 °С.

Температурные режимы воды. На основании графика изменения температуры воды на разной глубине [8] можно сделать вывод, что поплавки и опоры эстакады, расположенные в водной толще до 50 м, будут находиться в тёплом поверхностном слое, с незначительным понижением

температуры в пределах градуса (численное значение составляет 29–30 °С). С увеличением глубины температура понижается более интенсивно (рисунок 1).

Солёность воды. Средняя солёность Мирового океана – 35 ‰ [9], на глубине 50 м содержание солей в воде составляет 34,4 ‰ [8]; с увеличением глубины солёность незначительно повышается (рисунок 2). При проектировании плавучей эстакады необходимо предусмотреть коррозионную защиту бетонных и стальных поверхностей.

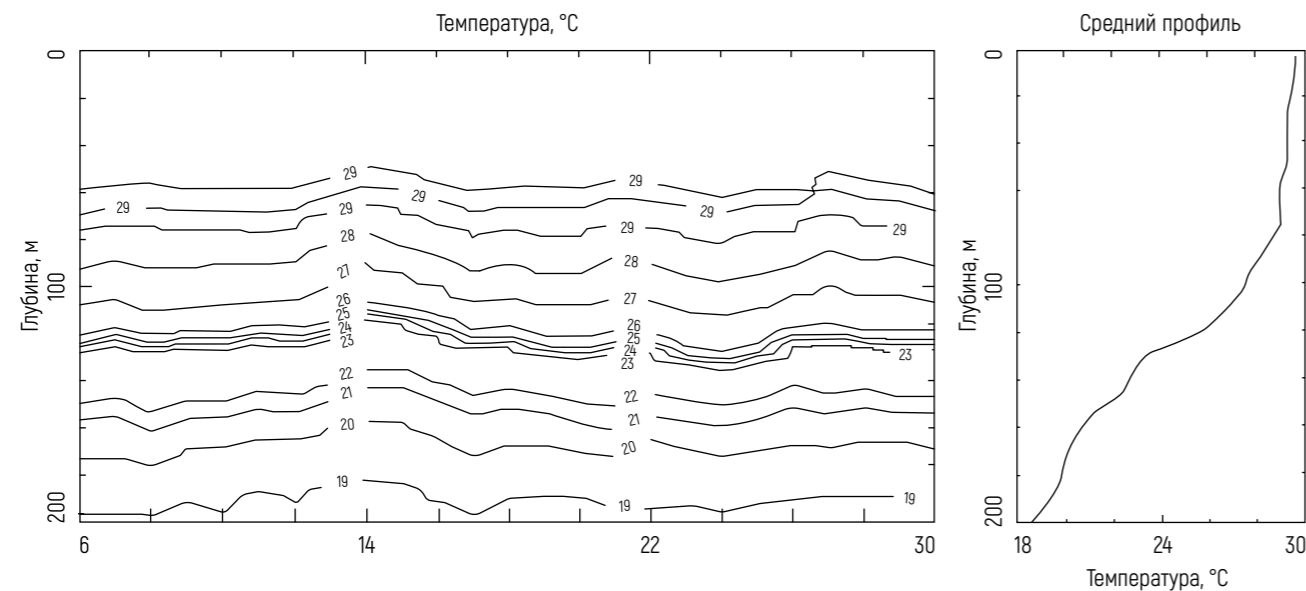


Рисунок 1 – Изменение температуры воды в экваториальной зоне на глубине до 200 м [8]

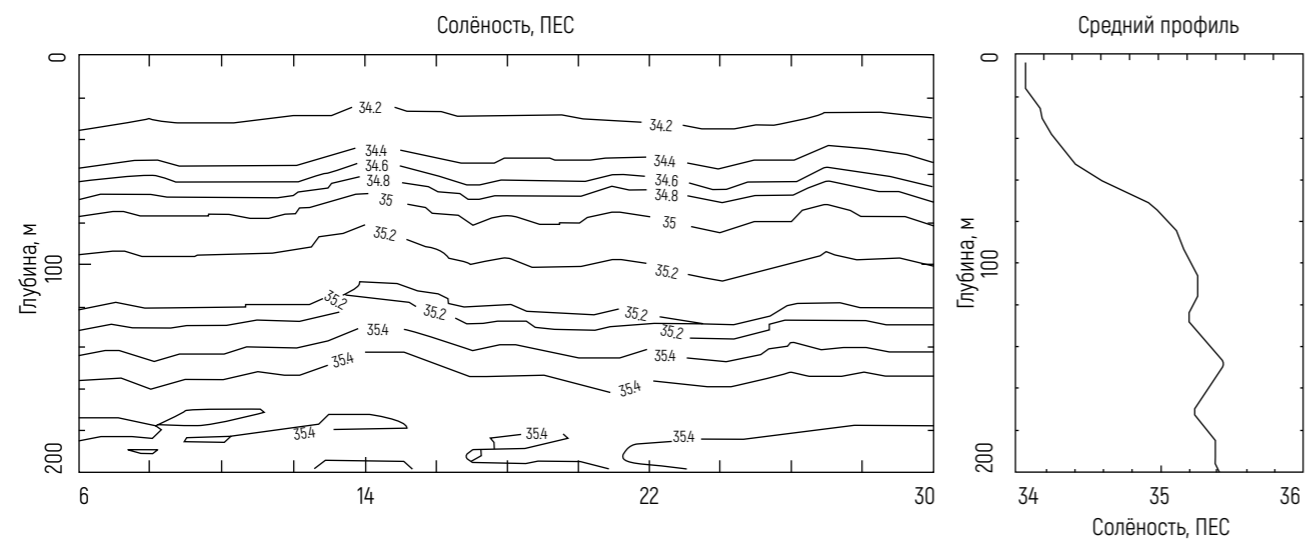


Рисунок 2 – Изменение солёности воды в экваториальной зоне на глубине до 200 м [8]

Течение и волны. По планируемой линии строительства сооружения наблюдаются экваториальные противотечения в Тихом и Атлантическом океанах (отклонение – около 1° на север и юг от экватора, средняя скорость – 1 м/с, направление – восток) и Северное пассатное течение в Индийском океане (средняя скорость – 2,8 м/с, направление – запад). Глубина течений составляет 100 м. Так как они проходят вдоль эстакады, то сооружение воспринимает только продольное силовое воздействие, стремящееся растянуть и в итоге стабилизировать систему [9, 10]. Высота волн в океанах в зоне экватора достигает 1,5 м; периодичность – 3–6 с; максимальная высота – 7,5 м [9, 10].

Осадки. Экваториальный морской регион характеризуется максимальным количеством осадков на планете. Их распределение вдоль линии экватора – неравномерное. Согласно исследованиям учёных Центра космической науки и техники Университета Висконсина-Мэдисона [11] самое большое количество осадков отмечено около о. Суматра (примерно 3° ю. ш., 96° в. д.). За три года анализа (1979–1981 гг.) в среднем выпадало более 4000 мм/год.

Грозы. По результатам анализа [2] рекордное число гроз составляет 4–5 % в год в районе о. Суматра, менее 0,1 % – в районе Тихого океана.

Ветер. По информации Национального центра климатических данных (NCDC) [12], в экваториальных зонах Тихого, Индийского и Атлантического океанов доминируют ветра, симметрично направленные на запад под углом 30°–45° к плавучей эстакаде. На экваторе ветра южного и северного полушарий встречаются и создают устойчивый поток, идущий на запад. Преобладающие ветра имеют скорость 5,9–8,1 м/с, порывы достигают 15 м/с.



Давление. При понижении глубины расположения плавучей эстакады с каждым метром давление увеличивается на 0,1 атм. На максимальной глубине 7680 м в Атлантическом океане давление в 770 раз превышает атмосферное.

Обрастание моллюсками и водорослями. Любая поверхность, погружённая в морскую воду, подвергается заселению морскими организмами, которых насчитывается более 4000 видов (бактерии, водоросли, моллюски) [13]. Данное явление известно как загрязнение или биообрастание и имеет серьёзные последствия. Для плавучей эстакадной конструкции нежелательная «колониализация» грозит увеличением массы сооружения (масса нароста может достигать 100 кг/м², а толщина «живого» слоя – до 70 мм) и ухудшением шероховатости поверхностей, что приводит к усилению парусности и воздействия волн и течений.

Основные факторы, влияющие на загрязнение поверхностей, – солёность, pH, температура, уровни питательных веществ, скорости потока и интенсивность солнечного излучения. Наиболее распространённое решение, позволяющее избежать обрастания системы, – сделать её поверхности непригодными для подобных «поселенцев», нанеся специальные покрытия, содержащие ядовитые соединения. Предотвращение нежелательного процесса требует постоянной пороговой концентрации биоцидов на окрашиваемой поверхности. Токсикант должен выделяться из покрытия в течение достаточно продолжительного периода, ограниченного на сегодняшний день 1–5 годами [14].

Наиболее устойчивы к коррозии и обрастанию из часто используемых материалов – сплавы на основе меди [15] (даже по сравнению с нержавеющей сталью и стеклом) [16, 17]. Медесодержащие поверхности предотвращают (или замедляют) заселение ракушек, мидий и трубчатых червей. Однако бактерии, грибы, микроводоросли и их клеточные экссудаты всё же образуют слой слизи на медесодержащих поверхностях. Со временем сплавы меди также подвержены известковому налёту, что приводит к уменьшению защитного эффекта и, как следствие, к необходимости механической чистки поверхностей.



Варианты исполнения опорной эстакады

Эстакада может проходить на поверхности воды, над поверхностью воды и ниже уровня воды (на незначительной глубине).

Эстакада, расположенная на поверхности воды

Данная конструкция представляет собой сооружение, плавающее на воде или находящееся на малой высоте над водной гладью и опирающееся на поплавки-понтонны. В случае расположения эстакады на поверхности океана планета будет разделена препятствием на северное и южное полушария. Учитывая, что экваториальная зона загружена транспортными маршрутами (рисунок 3), недопустимо оставлять целые регионы без водных сообщений. Пересечение плавучей эстакады судами требует дополнительных инженерных сооружений. В качестве таких конструкций могут выступать участки, понижающие или повышающие эстакаду, перегрузочные плавающие порты, переправочные шлюзы и др. Однако они ограничивают количество точек пересечения экватора, что приводит к изменению траекторий существующих маршрутов и создаёт так называемое «бутылочное горлышко» – узкое место с ограниченной пропускной способностью.



Рисунок 3 – Карта движения судов на 25 июня 2020 г. [18]

Один из важных природных факторов, необходимый для возведения расположенной на поверхности воды эстакады, – обеспечение заметности сооружения для предотвращения столкновений с судами. На видимость и обзорность влияют осадки, туман, дымка, водяной пар, мгла и другие явления, ухудшающие прозрачность воздуха. При проектировании эстакады следует предусмотреть меры, обеспечивающие возможность заблаговременного оповещения судов о приближении к зоне строения.

Разрабатывая плавучую эстакаду, также следует учесть, что от воздействия цунами высота всплеска волны у побережья достигает 20 м.

Исходя из незначительного изменения температуры воздуха в течение года, нет необходимости в дополнительных конструктивных элементах, компенсирующих температурные деформации. Среднесуточные колебания возьмёт на себя теплоизоляционная защита эстакады.

Эстакада, расположенная над поверхностью воды

Данный тип сооружения представляет собой эстакаду, поднятую над поверхностью океана на опорах, опирающихся на поплавки-понтонны. Высота и шаг опор должны обеспечивать безопасное прохождение морских судов. Основные ограничения для рассматриваемой конструкции – размеры существующих водных транспортных средств. Максимальные габариты имеет судно *Pioneering Spirit* [19] (длина – 382 м, ширина – 124 м). Самое высокое судно среди водного транспорта – круизный корабль *Symphony of the Seas* (высота – 72 м) [20].

Учитывая максимальную скорость *Pioneering Spirit* (26 км/ч, или 7,2 м/с), его длину (382 м) и ширину плавучей эстакады (10 м), судну понадобится минимум 55 с для того, чтобы проплыть под надводным сооружением. За это время боковое течение снесёт транспорт на расстояние S , выведенное согласно [1]:

$$S = V_t \times t \quad (1)$$

где t – время движения под эстакадой, с;

V_t – скорость течений в океане (скорость течений постоянно меняется как на протяжении суток, так и года, максимальная – летом), м/с.

Показатели максимальной скорости течений для пересекемых районов [21]:

- Атлантического океана (течение Гольфстрим) – до 7,5 м/с;
- Индийского океана (течение Южное пассатное) – до 2,14 м/с;
- Тихого океана (течение Куроисио) – 6,42 м/с.

При проектировании требуется детально проработать скорости течений на каждом участке в отдельности. На данный момент для предварительного расчёта граничных условий принята максимальная скорость 7,5 м/с. Тогда:

$$S = V_t \times t = 7,5 \times 55 = 412,5 \text{ м.}$$

С учётом ширины судна понадобится 536,5 м, чтобы свободно проплыть при максимальной скорости течения, что превышает допустимые размеры для эстакадного пролёта. Значит, необходимо внести дополнительное

ограничение – крупногабаритные транспортные средства смогут проходить под плавучей эстакадой в зоне или во время низких скоростей течений с поправкой курса на снос течением.

Геометрически, с минимальными зазорами на сторону, получается пролёт между опорами $B = 150$ м: 124 м – ширина судна плюс 10 % на зазор безопасности в каждую сторону.

Высота волн при 12-балльном ветре (скорость 30 м/с) составляет 16,8 м [22].

Минимальный коридор для 72-метрового судна – 88,8 м. С учётом 10-процентного гарантированного зазора получается $H = 100$ м (рисунок 4).

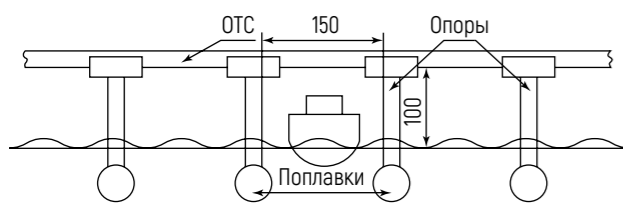
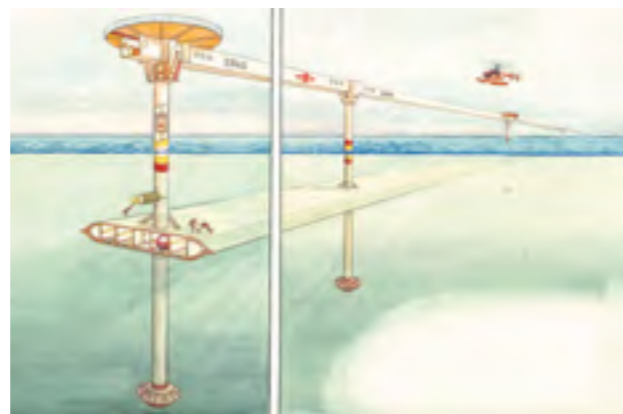


Рисунок 4 – Схема габаритных размеров коридора проезда судов (вариант)

Сила тяжести – один из важнейших негативных факторов, ограничивающих длину пролётов между опорами и материалоемкость сечения эстакады. 100-метровые железобетонные опоры, поднятые над поверхностью воды и удерживающие при этом эстакаду, сами по себе имеют огромный вес согласно [2] – 28 000 тонн без учёта веса пролётной части. Данный параметр накладывает существенные ограничения на конструкцию и универсальность габаритов приближения, предписывая делать зоны проезда крупных судов отдельно, т. е. единичными. Значит, опоры и пролётные строения приоритетно выполнять из стали, сплавов алюминия или конструкционных композитов, при этом они должны весить на два порядка меньше.

Следует учесть, что обильные дожди в экваториальной зоне значительно повлияют на конструктив эстакады. При проектировании необходимо заложить особые требования к герметичности, а также к недопустимости наличия элементов, позволяющих накапливать и задерживать осадки.

В связи с обязательным обеспечением повышенной безопасности и надёжности эстакадных сооружений (не менее 99,5 %) защита от молний должна исключить прямое попадание разряда, а также электростатическую и магнитную индукцию. Особенно важно выделить фактор заноса навёрнутых молний высоких электрических потенциалов.



Эстакада, расположенная ниже уровня воды

Плавучая эстакада, расположенная ниже уровня воды, представляет собой плавучий тоннель. Данный тип сооружения – новая концепция, она рассмотрена во многих проектах, однако нигде пока не реализована [23]. Конструкция должна быть достаточно прочной и жёсткой, чтобы выдерживать внешние воздействия, эксплуатационные и случайные нагрузки.

Физическим ограничением пересечения сооружения судами является максимальная глубина осадки судна *Pioneering Spirit*, составляющая 27 м (с учётом динамики во время штормов и 10-процентного зазора безопасности). Оптимальная глубина размещения плавучего тоннеля – 50 м (рисунок 5).

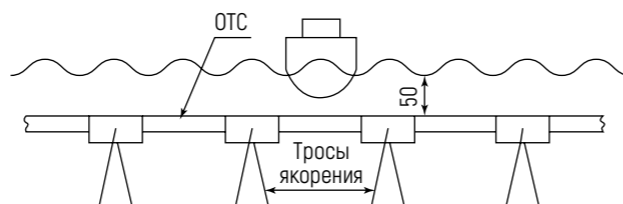
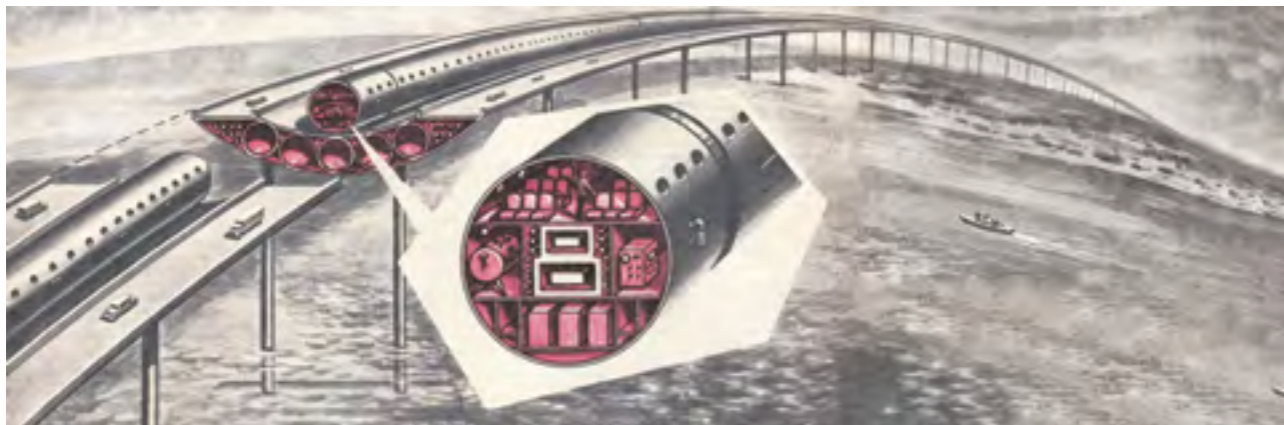


Рисунок 5 – Схема габаритных размеров коридора проезда судов (вариант)

Для того чтобы управлять поведением тоннеля (тем самым поддерживая необходимый избыточный уровень плавучести), в конструкции предусмотрены балансирующие ёмкости для регулирования изменяемой со временем плавучести эстакады. Статичное положение эстакады обеспечивают канаты якорения, которые всегда будут натянуты избыточной плавучестью поплавков эстакады. Для повышения линейной жёсткости наклонных канатов и исключения провиса в воде они должны быть выполнены с нулевой плавучестью.





Сравнение вариантов исполнения опорной эстакады

В таблице 2 представлены варианты исполнения опорной эстакады, а также показан уровень влияния природных факторов на её конструктив.

Проанализировав перечень факторов, действующих на надводные и подводную эстакады, можно сделать вывод, что подводное расположение конструктивно менее ресурсоёмко, более технологично и, как следствие,

экономически выгоднее. Данный вариант исполнения не требует затрат на материалоемкие опоры подводной и надводной частей, подверженные гравитационным силам, динамическим воздействиям ветров и волн, а также исключит тепловые деформации элементов. Кроме этого, защитит сооружение от негативного воздействия осадков и молний. Соответственно, дальнейший обзор целесообразно проводить для подводной плавучей эстакады.

Таблица 2 – Сводная таблица влияния природных факторов на плавучие эстакады
[(-) – фактор не влияет; (+) – фактор влияет; (++) – фактор существенно влияет]

Фактор	Влияние фактора на тип исполнения эстакады		
	На поверхности воды	Над поверхностью воды	Под водой (50 м)
Геометрия дна	-	-	-
Цунами	+	+	-
Температурные воздействия воздуха	+	+	-
Температурные воздействия воды	+	+	+
Солёность воды	+	+	+
Течение	+	+	+
Волны	+	+	-
Осадки	+	+	-
Грозы	+	+	-
Ветер	+	+	-
Давление	+	+	+
Обрастание моллюсками и водорослями	+	+	+
Сила тяжести	+	++	-
Видимость	+	+	-
Итого	13	14	5

Основные элементы и конструктивные особенности плавучей подводной эстакады

Перечень компонентов подводного участка плавучей эстакады [3]:

- элементы анкерения – якоря, понтоны, опорные узлы;
- форвакуумные транспортные тоннели в двух направлениях;
- зоны посадки/высадки пассажиров и обслуживающего персонала;
- производственные и коммунальные тоннели;
- жилые блок-станции;
- транспортные средства;
- опорные элементы общепланетарного транспортного средства для его подводного размещения.

Конструкция эстакады

Конструкция эстакады должна вмещать все элементы сооружения, обеспечивать максимальную длину пролётов, при этом быть жёсткой и прочной, универсальной и экономичной (с учётом протяжённости).

Для обеспечения равномерности восприятия эстакадой нагрузок от глубинного давления, а также для уменьшения площади поверхности, подверженной коррозии и обрастанию моллюсками, сооружение предпочтительно делать круглого, трубного сечения. Такое решение позволит устранить турбулентность продольных водяных потоков,

вызванных течением, и перепады давлений на границах горизонтальных и вертикальных поверхностей (как при коробчатой форме конструкции, предложенной в [2]). Кроме этого, отсутствие горизонтальных поверхностей не даст водорослям и моллюскам зацепиться за поверхность, снижая интенсивность биообрастания.

Плавучая эстакада – это сооружение, постоянно находящееся в воде. Соотношение между плавучестью и собственным весом очень важно, так как оно контролирует статическое поведение поплавок-тоннеля. Учитывая периодические взлёты ОТС, необходимо компенсировать вес транспортной системы балансирующими грузами, в качестве которых лучше всего применять морскую воду, закаченную в специальные каналы. В момент возвращения ОТС эти полости продуваются, сохраняя требуемый уровень плавучести. Как альтернатива, для того чтобы взлёт или посадка ОТС не оказали влияния на плавучесть подводной эстакады, – выполнить ОТС с грузом, обладающим нулевой плавучестью.

Согласно [24] вес погонного метра предложенного варианта ОТС составляет 1150 кг плюс 250 кг (вес груза) и 25 кг (вес пассажира). Для обеспечения нулевой плавучести тоннеля подбирается соотношение веса сечения тоннеля, равное весу вытесненной воды.

На рисунке 6 представлено рекомендуемое компоновочное решение посадочной станции. Геометрически схема разделена на четыре функциональные зоны – две части предназначены для движения форвакуумных гиперскоростных транспортных средств в разных направлениях;

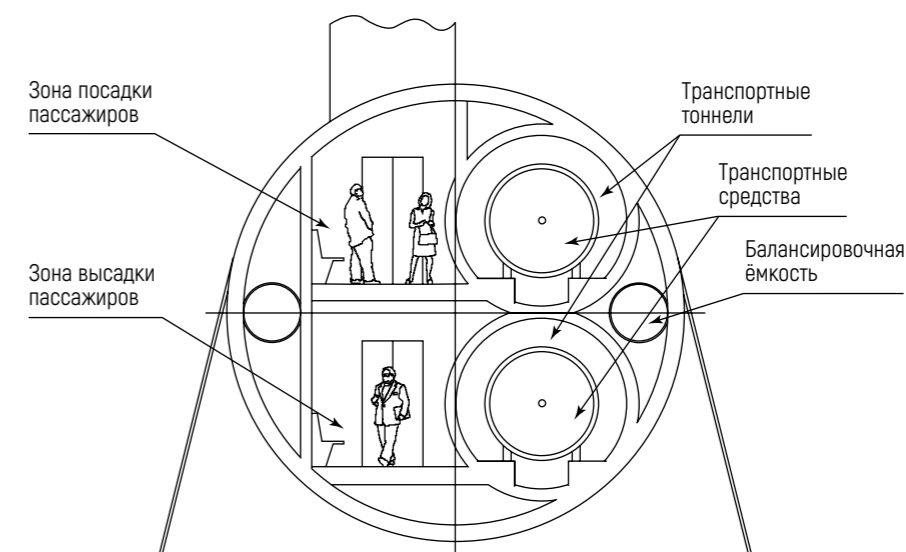


Рисунок 6 – Вариант компоновочного решения плавучей эстакады в зоне посадочной станции

две части отведены для посадки/высадки пассажиров. По горизонтальной оси сечения расположены две цилиндрические балластные ёмкости диаметром 1 м. В случае их заполнения морской водой вес погонного метра эстакады увеличивается на 1600 кг, что соответствует весу погонного метра загруженного ОТС с 10-процентным запасом при надводном нахождении ОТС. При подводном стартовом расположении ОТС и его выполнении с нулевой плавучестью размер балластных ёмкостей можно уменьшить.

Изображённый вариант компоновочного решения имеет внешний диаметр 9 м (рисунок 6). При средней плотности морской воды в экваториальной зоне 1020 кг/м^3 вес погонного метра конструкции должен быть равен 64 850 кг, что соответствует весу вытесненной воды. При использовании бетона плотностью 2500 кг/м^3 в качестве основного конструкционного материала приведённая площадь сечения составит 26 м^2 .

Поскольку тоннель расположен на глубине порядка 50 м, важно, чтобы он обладал абсолютной водонепроницаемостью и сверхустойчивостью к воздействию солёной морской воды. Кроме того, тоннель необходимо надёжно защитить от направленных на него гидростатических и гидродинамических сил (например, он должен выдержать столкновение с китом или подводной лодкой).

Оболочка эстакады сделана из четырёх слоёв. Внешний слой выполнен из коррозионно-стойких сплавов, для того чтобы противостоять солёной морской воде и обрастанию моллюсками. Второй и третий слои изготавливаются из вспененных материалов, обеспечивающих упругую зону деформации тоннеля от внешних ударных нагрузок. Четвёртый слой – из железобетона, который даёт требуемые тоннелю прочность и вес, а также является основным конструктивным элементом внутренних компонентов. Схема строения оболочки корпуса тоннеля приведена на рисунке 7.

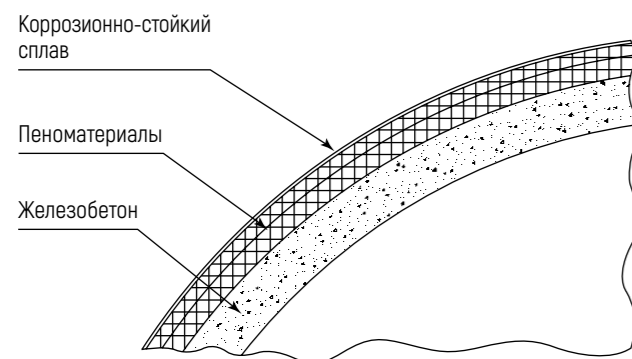


Рисунок 7 – Схема корпуса тоннеля (вариант)

Ввод в конструкцию продольного водного продуктопровода диаметром 1,5 м (на рисунке не показан) позволит уменьшить количество бетона в сечении на 1800 кг и сможет обеспечить всё ОТС пресной водой (в том числе для доставки на орбиту, а излишки – в регионы вдоль экватора). Так как линия строительства эстакады проходит через устье р. Амазонки, которая ежегодно сбрасывает в Атлантический океан 6300 км^3 пресной воды [20], не понадобится строительство дополнительных сооружений и заводов для опреснения солёной воды. Как предложено в [25], пресная вода извлекается из бассейна р. Амазонки после того, как она уже достигла океана. Важный фактор – пресная вода может добываться непосредственно с поверхности океана в 1–2 км от побережья Бразилии. Данная возможность позволит на законных основаниях исключить жалобы на разрушительную деградацию бассейна р. Амазонки в результате строительства эстакады и не создаст осложнений для судоходства по внутренним водным путям из-за размещения заборных станций. Гидрографические исследования показали [26], что пресноводный шлейф р. Амазонки над континентальным океаническим шельфом имеет толщину 3–10 м и ширину около 80 км.

Траекторию расположения подводной эстакады необходимо отметить на всех картах и внести во все электронные навигационные базы данных. На поверхности океанов вдоль плавучей эстакады должны быть размещены световые и акустические сигнальные буи.

Система фиксации (якорения) плавучей эстакады к морскому дну

Сложная геометрия дна вынуждает комбинировать участки, зафиксированные с помощью якорения, и участки, закреплённые плавучими понтонами, что приведёт к использованию как положительной, так и отрицательной плавучести. При положительной плавучести эстакада фиксируется на месте путём закрепления или посредством натяжных опор (тросов) на дне. При отрицательной – сооружение фиксируется на месте с помощью понтонов на поверхности воды или опор, установленных на дне.

Существуют следующие типы анкерения:

- якорение снизу канатами. Данный тип основан на принципе перевернутого маятника. Труба в месте крепления имеет специальный, стремящийся всплыть поплавок, однако удерживаемый на месте канатами, ослабление которых при таком якорении не допускается. Привязи могут располагаться вертикально. Указанный тип подходит для участков с течением, направленным вдоль трубы. Комбинированное расположение (вертикально и/или наклонно) применимо в местах с поперечным течением;

- поддержка трубы понтонами. Труба выступает как груз, утяжеляющий и удерживающий плавучий элемент. Система не зависит от глубины воды, в то же время чувствительна к ветру, волнам, течениям и возможному столкновению судов. Для компенсации от перемещений под действием внешних сил необходимы дополнительные устройства;

- эстакада на опорах (колоннах). Сооружение подобно «подводному мосту». Опоры могут находиться как в сжатом, так и растянутом состоянии. Глубина играет ключевую роль, допустимый её предел – до 100 м.

Конструкция должна быть такой, чтобы в случае потери одного из элементов анкерения обеспечивалось сохранение работоспособности всей системы, что достигается дублированием и резервированием.

Основные типы анкерения изображены на рисунке 8.

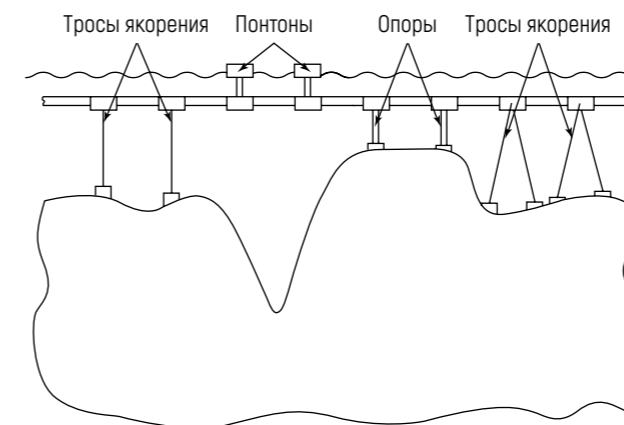


Рисунок 8 – Схема основных типов анкерения плавучего тоннеля

Поскольку тоннель проходит через Атлантический, Индийский и Тихий океаны, он столкнётся с высокими скоростями течений. Тоннель не должен отклоняться от потока воды, сохраняя геометрическую форму и траекторию. Следовательно, предлагается его закрепление на морском дне посредством стальных канатов с якорями-анкерами [3]. Шаг и прочность элементов анкерения необходимо оценить индивидуально для каждого региона, исходя из местных особенностей, а также внешних и внутренних сил, суммарно действующих на эстакаду.

Плавучая эстакада будет располагаться ниже поверхностных волн и вне зоны ветрового давления, поэтому для элементов анкерения основной нагрузкой станет противостояние устойчивым океанским течениям. Однако они не являются самыми серьёзными нагрузками, воспринимаемыми якорями, – более опасны вертикальные

глубинные волны, возникающие из-за перемешивания водных масс (в том числе редкие волны цунами). На сооружение не должны оказывать динамическое влияние проплывающие суда даже в случае глубокой посадки кораблей. В то же время не следует эстакаду чрезмерно углублять, иначе её обслуживание будет сложным и дорогостоящим. Авторами рекомендована глубина расположения 45–60 м. На данное расстояние допускается погружение с аквалангами (согласно [27] нижний предел технического дайвинга – 60 м). Исследования [28] также показали, что на глубине 100 м и более геомагнитные возмущения могут влиять на погруженные в воду кабели и металлические трубопроводы, что необходимо учитывать при проектировании эстакады.

Глубоководные якоря широко применяются в нефтяных платформах. Они представляют собой многотонный бетонный блок, надёжно закреплённый натянутыми стальными канатами. В воде достижимая скорость свободного падения или конечная скорость сброшенных за борт торпедообразных якорей почти полностью определяется равновесием плавучего и гидродинамического сопротивления. Проведены полевые испытания [29], чтобы подтвердить осуществимость подводного захоронения ядерных отходов, инкапсулированных в свободно падающем пенале массой 2000 кг. При динамической стабилизации после разгона он движется вниз с постоянной скоростью почти 45 м/с до касания с морским дном, затем в силу своего собственного импульса проникает и закапывается в подводный грунт. Доказано, что обтекаемая торпеда из стального корпуса может легко прорваться на 40 м вглубь кажущейся твёрдой поверхности дна океана [30].

Якорь действует подобно свае, за счёт сил трения удерживаемой на месте. Количество якорей для каждой точки анкерения должно быть рассчитано таким образом, чтобы исключить перемещение плавучей эстакады от воздействия внешних сил. Одним из преимуществ применения глубоководных якорей является использование теоретически неограниченного их количества, а также возможность без последствий «сбросить якорь», освобождая крепления канатов в случае землетрясения или критического расхождения плит земной коры.

Энергообеспечение подводной плавучей эстакады

Энергообеспечение плавучей эстакады условно можно разделить на две зоны:

- внутренние источники потребления – движение транспорта, освещение, кондиционирование, работа насосного оборудования и систем управления, др.;

- внешние источники потребления – сигнальные маяки, буи оповещения, радары, системы безопасности и связи.

Существуют различные возможные источники энергии, однако мировые тенденции и экологическая направленность проекта призывают к применению возобновляемых источников энергии. Потребление энергии Солнца и ветра – очевидное решение, так как экваториальный регион славится стабильностью солнечного света и направленными ветрами. Тем не менее самый эффективный способ – использование природных океанических течений. Они не зависят от времени суток, положения Солнца или поры года. Гидротурбины подводных электростанций, функционирующие на основе энергии течений, могут быть установлены отдельно или непосредственно на поплавках-тоннелях эстакады ОТС.

Течения в экваториальной зоне в основном направлены вдоль эстакады (85–90 %). Их скорость в Тихом и Атлантическом океанах составляет 1 м/с; Индийском – 2,8 м/с. Энергия может быть получена с помощью подводных турбин в процессе гидродинамического подъёма или сопротивления. Данные турбины имеют лопасти ротора, генератор для преобразования энергии вращения в электричество и средство для передачи электрического тока потребителю. Начальная оценка мощности одной турбины P_1 (Вт), которую можно извлечь из водяного потока, определяется по формуле [2]:

$$P_1 = \frac{1}{2} C_p S \rho V^3, \quad (2)$$

где C_p – безразмерный коэффициент полезного действия турбины (современные турбины достигают значения $C_p = 0,4-0,5$);

S – рабочая площадь поверхности турбины, м²;

ρ – плотность морской воды, кг/м³;

V – скорость течения, м/с.

Данный способ получения энергии даёт на каждый 1 м² рабочей площади турбины $P_1 = 230$ Вт для Атлантического и Тихого океанов, $P_1 = 5040$ Вт – для Индийского океана.

Выводы

и дальнейшие направления исследования

Плавающая эстакада является взлётно-посадочной площадкой для ОТС и неотъемлемым элементом наземного перевозочного процесса для реализации КИО «Орбита». Она позволяет организовать процессы логистики вдоль экватора, а также равномерное распределение грузов

и пассажиров вдоль ОТС. Погружённое на глубину 50 м сооружение подвержено минимальному количеству негативных воздействий, поэтому безопаснее. К тому же оно конструктивно менее материалоемкое, чем надводное, и, соответственно, будет иметь значительно более низкую стоимость. Встроенные продуктопроводы также обеспечат КИО «Орбита» пресной водой и позволят размещать подводные турбины для энергопитания всего комплекса (при незначительном дополнительном энергопотреблении).

Направление дальнейшей работы – исследование сечения трубы с детальным её расчётом. Будут учтены скорости подводных течений, материал- и трудоёмкость изготовления, проработана технология строительства и монтажа, а также устойчивость к вандализму (не только со стороны людей, но и морских животных) и терроризму. При этом отдельное внимание необходимо уделить изучению проблемы биообрастания для обеспечения требуемой чистоты подводной эстакады.

Литература

1. Циолковский, К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1911–1912 гг.): избранные труды / К.Э. Циолковский. – М.: АН СССР, 1962. – 536 с.: ил.
2. Кривко, О.П., Логвинов, Г.Ф. Анализ вариантов конструкции эстакады ОТС; под общ. рук. А.Э. Юницкого. – Гомель: Центр «Звёздный мир», 1989. – 118 с.: ил.
3. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
4. Honnorez, J. Mapping of a Segment of the Romanche Fracture Zone: A Morphostructural Analysis of a Major Transform Fault of the Equatorial Atlantic Ocean / J. Honnorez [et al.] // *Geology*. – 1991. – Vol. 19, No. 8. – P. 795–798.
5. Smith, C.R. The Deep Pacific Ocean Floor / C.R. Smith, A.W. Demopoulos // *Ecosystems of the World*. – 2003. – Vol. 28. – P. 179–218.
6. Data, E.C. Macapa Climate Data [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/amapa/macapa-4065/>. – Date of access: 20.06.2020.
7. Data, E.C. Pontianak Climate Data. [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://en.climate-data.org/asia/indonesia/west-kalimantan/pontianak-4810/>. – Date of access: 20.06.2020.
8. Godfrey, J. The Heat Budget of the Equatorial Western Pacific Surface Mixed Layer / J. Godfrey, E. Lindstrom //

Journal of Geophysical Research: Oceans. – 1989. – Vol. 94, No. C6. – P. 8007–8017.

9. Еловичева, Я.К. Физическая география Мирового океана: курс лекций / Я.К. Еловичева. – Минск: БГУ, 2006. – 196 с.: ил.
10. Гилл, А. Динамика атмосферы и океана / А. Гилл. – М.: Академкнига, 1986. – 550 с.: ил.
11. Martin, D.W. Three Years of Rainfall over the Indian Ocean / D.W. Martin, B.B. Hinton, B.A. Auvine // *Bulletin of the American Meteorological Society*. – 1993. – Vol. 74, No. 4. – P. 581–590.
12. Arguez, A. NOAA's 1981–2010 US Climate Normals: An Overview / A. Arguez [et al.] // *Bulletin of the American Meteorological Society*. – 2012. – Vol. 93, No. 11. – P. 1687–1697.
13. Lejars, M. Fouling Release Coatings: A Nontoxic Alternative to Biocidal Antifouling Coatings / M. Lejars, A. Margaillan, C. Bressy // *Chemical Reviews*. – 2012. – Vol. 112, No. 8. – P. 4347–4390.
14. Terlizzi, A. Environmental Impact of Antifouling Technologies: State of the Art and Perspectives / A. Terlizzi [et al.] // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. – 2001. – Vol. 11, No. 4. – P. 311–317.
15. Palraj, S. Biofouling and Corrosion Characteristics of 60/40 Brass in Mandapam Waters / S. Palraj, G. Venkatachari, G. Subramanian // *Anti-Corrosion Methods and Materials*. – 2002. – Vol. 43, No. 9. – P. 194–198.
16. Marszalek, D.S. Influence of Substrate Composition on Marine Microfouling / D.S. Marszalek, S.M. Gerchakov, L.R. Udey // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1979. – Vol. 38, No. 5. – P. 987–995.
17. Daniel, G. Copper Immobilization in Fouling Diatoms / G. Daniel, A. Chamberlain // *Botanica Marina*. – 1981. – No. 24. – P. 229–243.
18. Radar, S. Ships Movement Live Map [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://www.ships.com.ua/>. – Date of access: 25.06.2020.
19. Brochure Pioneering Spirit, in Reference [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.vulkan.com/en-us/couplings/Documents/Couplings%20Reference%20Brochure%20Pioneering%20Spirit.pdf>. – Date of access: 20.06.2020.
20. The Impact of Mega-Ships [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cspa_mega-ships.pdf. – Date of access: 20.06.2020.
21. Gordon, A.L. Thermocline and Intermediate Water Communication Between the South Atlantic and Indian Oceans / A.L. Gordon [et al.] // *Journal of Geophysical Research*. – 1992. – Vol. 97, No. C5. – P. 7223–7240.
22. Александров, А.А. Справочник по управлению кораблём / А.А. Александров. – М.: Воениздат, 1974. – 509 с.: ил.
23. Simovic, M. Floating Solutions: The New Meaning of Mobility / M. Simovic, S. Krasic, M. Nikolic // *WCFS2019*. – Singapore: Springer Singapore, 2020. – P. 411–426.
24. Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Profects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf., Maryina Gorka, 21 June 2019 / *Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky*. – Minsk: Paradox, 2019. – 240 p.
25. Badescu, V. Transatlantic Freshwater Aqueduct / V. Badescu, D. Isvoranu, R.B. Cathcart // *Water Resources Management*. – 2010. – Vol. 24, No. 8. – P. 1645–1675.
26. Nikiema, O. Numerical Modeling of the Amazon River Plume / O. Nikiema, J.L. Devenon, M. Baklouti // *Continental Shelf Research*. – 2007. – Vol. 27, No. 7. – P. 873–899.
27. Lafay, V. ECG Changes During the Experimental Human Dive HYDRA 10 (71 atm/7,200 kPa) / V. Lafay [et al.] // *Undersea & Hyperbaric Medicine*. – 1995. – Vol. 22, No. 1. – P. 51–60.
28. Boteler, D. Magnetic and Electric Fields Produced in the Sea During Geomagnetic Disturbances / D. Boteler, R. Pirjola // *Pure and Applied Geophysics*. – 2003. – Vol. 160, No. 9. – P. 1695–1716.
29. Xiao, H. Numerical Simulation and Experiments of a Probe Descending in the Sea / H. Xiao, C. Liu, J. Tao // *Ocean Engineering*. – 2006. – Vol. 33, No. 10. – P. 1343–1353.
30. Colliat, J. Anchors for Deepwater to Ultradeepwater Moorings / J. Colliat // *Offshore Techn. Conf., Houston, 6–9 May 2002 [Electronic resource]*. – Mode of access: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-14306-MS>. – Date of access: 20.06.2020.



Прохождение эстакады общепланетарного транспортного средства через горы в Южной Америке и Африке

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Бык В.В.

*Беларусь, г. Минск,
конструкторское бюро
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

Жарый С.А.

*Беларусь, г. Минск,
конструкторское бюро
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 69.001.5



Для запуска общепланетарного транспортного средства (ОТС) с поверхности Земли необходима взлётно-посадочная площадка, которой должна послужить экваториальная эстакада. Для идеального старта важно, чтобы эстакада находилась на одном уровне на протяжении всей экваториальной линии. Однако, как и при прокладке любых глобальных транспортных магистралей, на пути её возведения могут встречаться горы, впадины и целые океаны. Следовательно, требуется построить оптимальную траекторию для преодоления всех неровностей земной поверхности с учётом характеристик ОТС, что и разбирается в данной статье.

Ключевые слова:

*вертикальные переходные кривые,
общепланетарное транспортное средство (ОТС),
опоры экваториальной эстакады,
экваториальная взлётно-посадочная эстакада.*



Введение

Дороги служат связующими артериями для любой промышленной индустрии. При их возведении всегда приходится или подстраиваться под рельеф с помощью эстакад, мостов, тоннелей, или менять его посредством выемок и насыпей. Подобные работы человечество выполняет на протяжении многих тысяч лет. Такие же методы нужны для сооружения экваториальной стартовой эстакады [1]. Она станет основой для строительства, отладки, обслуживания и запуска общепланетарного транспортного средства (ОТС).

Экватор нашей планеты пересекает равнины, горы и океаны. Каждое отклонение от горизонтального уровня необходимо рассматривать индивидуально. Примеры решения основных технических проблем уже анализировались ранее [2].

Главными препятствиями при строительстве экваториальной стартовой эстакады, которые обозначены в данной работе, являются горы: Восточно-Африканское нагорье (г. Килиманджаро) в Африке и Анды (г. Чимборасо) в Южной Америке.

От траектории прохождения неровных участков зависят как высота опор, так и глубина выемок с точки зрения конструкции эстакады. Форма также влияет на условия работы линейных роторов внутри ОТС. Даже при незначительном отклонении от прямолинейной траектории на линейный

электромагнитный двигатель и магнитную подушку, удерживающую два линейных ротора, создаётся дополнительная нагрузка от центробежного ускорения, которая может быть значительно выше штатной нагрузки, приходящейся на каждый погонный метр ОТС. Описанное обстоятельство должно учитываться при проектировании.

Поскольку точных штатных параметров работы ОТС с учётом вертикальных неровностей большого радиуса (около 1000 км) пока ещё не имеется (в настоящее время идёт концептуальная и вариантная проработка инженерных решений), то авторами статьи рассмотрены несколько упрощённых вариантов прохождения эстакады с разными радиусами кривизны.

Исходные данные для проведения анализа

Для построения продольного профиля взяты высоты рельефа по экватору с ресурса Google Earth [3]. В Африке выбран участок длиной 280 км с высотой над уровнем моря 3460 м (рисунок 1). В Южной Америке – длина участка в 150 км с высотой над уровнем моря 4691 м (рисунок 2).

При проектировании железных и автомобильных дорог используются правила построения переходных

кривых [4, 5]. Однако критерии, которые при этом учитываются, не подходят для разработки экваториальной стартовой эстакады. Они подобраны для обеспечения максимальной комфортности пассажиров. В нашем случае критерии построения должны гарантировать оптимальную работу ротора при отрыве и посадке ОТС на эстакаду (хотя понятие «комфорт» только с инженерной точки зрения применимо и к работе ОТС – его линейных электродвигателей и магнитной подушки, удерживающей движущиеся с космическими скоростями линейные роторы).

Выбор траекторий прохождения гор

Рассчитывая траекторию прохождения эстакады через гористую местность, требуется определить параметры для построения радиусных и переходных кривых. Неизменными будут свойства самого ОТС в одном из возможных вариантов исполнения, которые приведены ниже. Линейная скорость движения ротора вдоль вакуумного канала – 12 км/с при весе 450 кг/м. Вес погонного метра ОТС вместе с грузом – 1150 кг/м.

Выбраны три набора параметров для построения эстакады (таблица 1).

Первые два варианта трассировки для упрощения построены без переходных кривых между участками с разными радиусами кривизны. Следовательно, прирост ускорения там не определяется и в теории равен бесконечности. При проектировании обычных дорог отсутствие переходных кривых вызывает удар при движении транспорта по ним. Пока не изучено, как такое решение (отсутствие переходных) повлияет на движение ротора внутри ОТС. Однако подобный шаг мог бы сберечь ресурсы при строительстве, хотя усложнение конструкции ОТС и его удорожание, вероятно, не только перечеркнёт предполагаемую экономию, но и сделает функционирование данного гигантского летательного аппарата нестабильным и небезопасным.

В третьем варианте радиус подобран так, что подъёмная сила от движения роторов равняется весу ОТС.

Анализ выбранных траекторий

Траектории эстакады

Построены траектории движения для всех вариантов, указанных в таблице 1. Полученные результаты представлены в таблице 2.

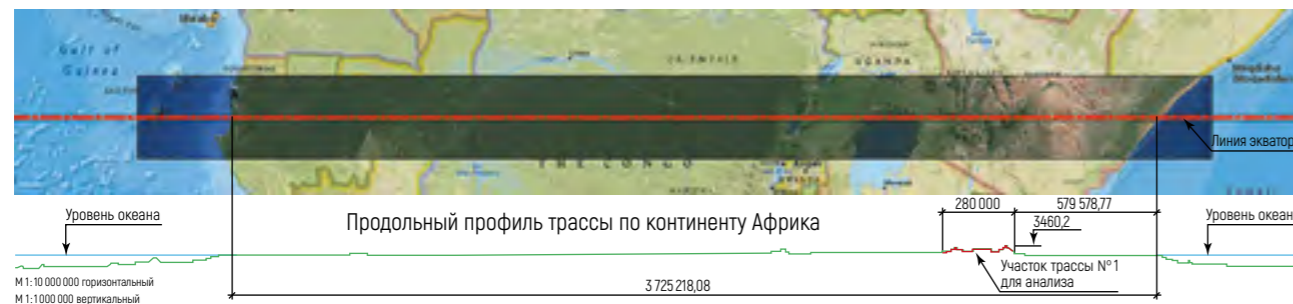


Рисунок 1 – Схема прохождения эстакады ОТС по континенту Африка

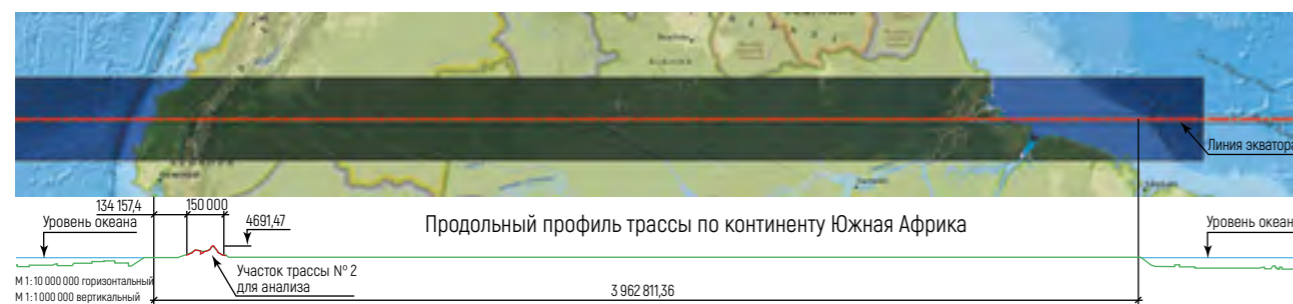


Рисунок 2 – Схема прохождения эстакады ОТС по континенту Южная Америка

Таблица 1 – Характеристики продольной траектории эстакады

Минимальный радиус кривизны, км	Прирост ускорения на переходном участке, м/с ³	Центробежное ускорение, м/с ²	Поперечная перегрузка на ротор, g	Подъёмная сила, т/м
100	-	1440	146,8	66,1
1000	-	144	14,68	6,6
5760	10	25	2,55	1,15

Таблица 2 – Результат построения эстакады

Наименование участка	Минимальный радиус кривизны, км	Объём земляных работ, млн м ³	Максимальная глубина выемки, м	Максимальная высота опоры, м
Восточно-Африканское нагорье (г. Килиманджаро), Африка (рисунок 3.1)	100	873	40	300
	1000	15 000	600	567
	5760	28 300	1174	700
Анды (г. Чимборасо), Южная Америка (рисунок 3.2)	100	1200	323	809
	1000	13 000	1242	998
	5760	27 200	1734	947

Устройство опор и выемок

Особенностью строительства экваториальной стартовой эстакады является то, что невозможно пройти горные массивы с помощью тоннелей. Обязательное условие – наличие открытой выемки для подъёма ОТС. Пример такой конструкции показан на рисунке 6.

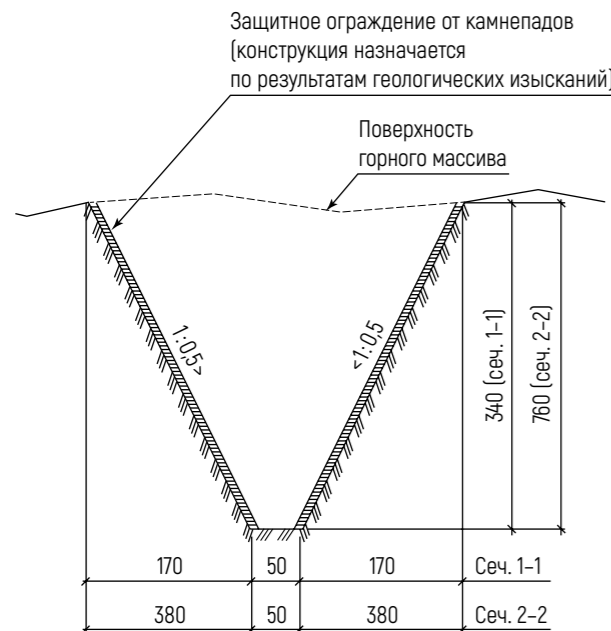


Рисунок 6 – Схема выполнения выемки (вариант) (все размеры даны в метрах)

Разработка выемок ведётся буровзрывным способом с применением энергии взрыва для отделения и рыхления горной породы. Затраты труда и материально-технических ресурсов напрямую зависят от прочности породы скального массива. Чем массив прочнее, тем тяжелее он поддаётся разработке и тем большей силы взрывного воздействия требует. В связи с отсутствием данных геологических исследований участков строительства эстакады ОТС состав горных пород принят на основании сведений из свободных источников. Согласно полученной информации [6] горные массивы по экваториальной трассе формируют следующие породы: песчаники, алевролиты, сланцы, граниты, кварциты. Наиболее сложные в разработке породы – гранит и кварцит – взяты для определения трудоёмкости. В соответствии с [7] для разработки 1 млн м³ горной породы необходимо 451 100 чел.-ч. Объём разработки скальной породы приведён ранее на рисунках 3.1, 3.2.

В соответствии с [8] расчёты общей и местной устойчивости выемки выполняются на основе исходных данных, которые включают:

- план участка строительства;
- сейсмичность участка строительства;
- инженерно-геологические и гидрогеологические условия участка с указанием областей, подверженных опасным инженерно-геологическим процессам;
- расчётные величины прочностных и деформационных свойств пород ненарушенной структуры с учётом ожидаемых изменений полученных показателей по сезонным периодам и за многолетний срок;
- положение существующих сооружений (в том числе защитных), дорог; при их наличии – значения техногенных нагрузок от них.

Для обеспечения устойчивости откосов выемок (рисунок 6) в зависимости от исходных данных, перечисленных выше, могут предусматриваться следующие мероприятия:

- изменение рельефа склона (для повышения его устойчивости за счёт уменьшения сдвигающих сил путём разгрузки верхней (активной) части оползня);
- организация стока поверхностных вод (для повышения устойчивости склонов за счёт предупреждения их эродирующего воздействия на поверхность склона, исключения их аккумуляции в понижениях рельефа и предотвращения их инфильтрации в оползневые склоны);
- регулирование стока подземных вод (для повышения устойчивости склонов за счёт предупреждения их эродирующего и разупрочняющего воздействия на грунты, снижения сопротивления сдвигу по поверхностям скольжения при смачивании, уменьшения гидростатического и фильтрационного давления);
- применение защитных сооружений в виде гибкого ограждения откосов от камнепадов (рисунок 7) или удерживающих откос конструкций.

В качестве удерживающей откос выемки конструкции предлагается применить анкерное крепление (рисунки 8, 9), обеспечивающее фиксацию неустойчивых участков грунтовых и скальных склонов и откосов. Оно представляет собой самостоятельное удерживающее сооружение с локальными упорными элементами (шайбами, плитами, балками, поясами и т. п.) с использованием сплошных металлических, железобетонных или сетчатых покрытий, а также в сочетании с подпорными стенами, гравитационными, свайными и барретными конструкциями.

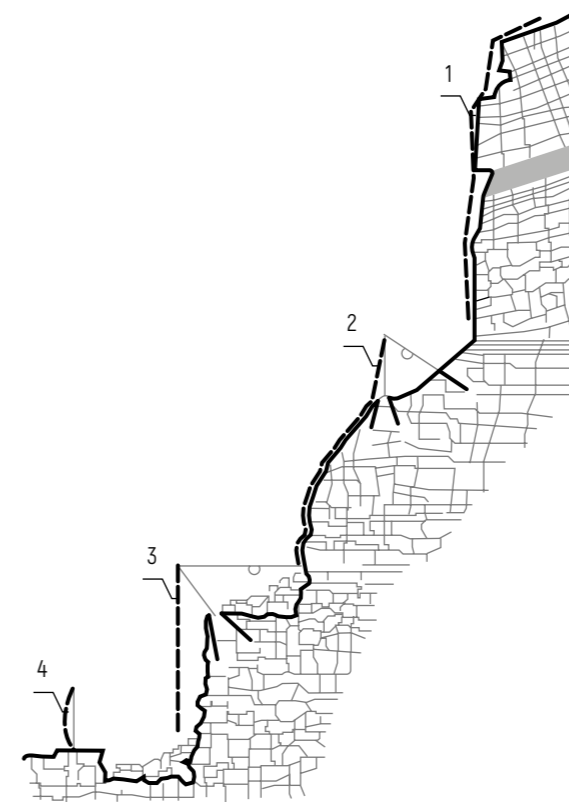


Рисунок 7 – Пример выполнения гибкого ограждения от камнепада согласно [9]: 1 – пассивная покровная сетка; 2 – гибридный барьер с покровной сеткой; 3 – гибридный барьер с подвесной сеткой; 4 – гибкий барьер

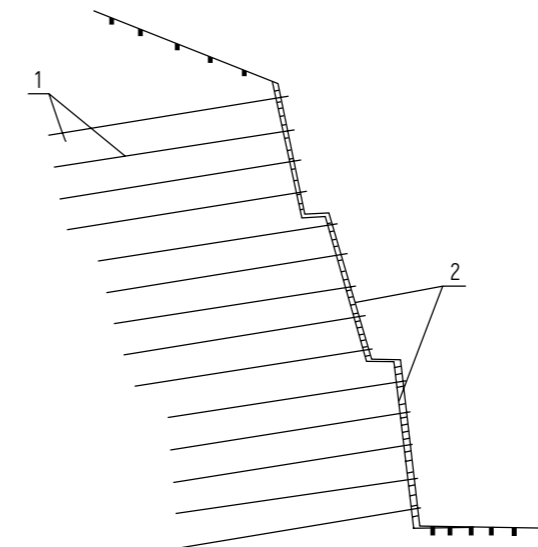


Рисунок 8 – Пример выполнения анкерного закрепления откоса: 1 – инъекционный анкер; 2 – упорная плита

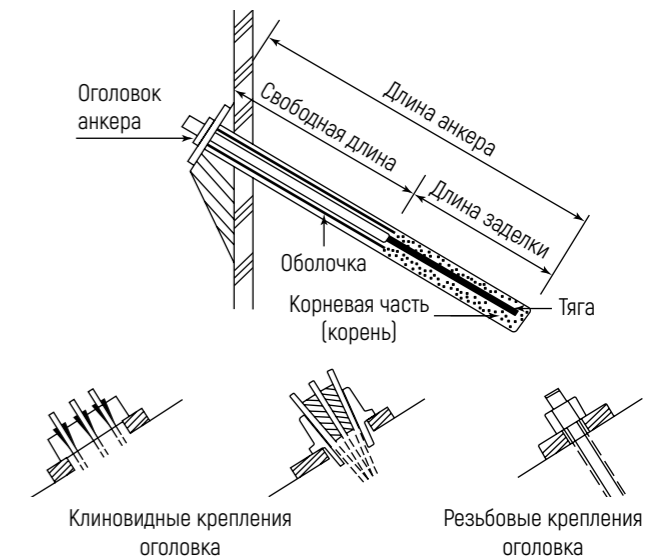


Рисунок 9 – Пример выполнения конструкции инъекционного анкера

Основным условием применения анкерных конструкций является наличие на достаточном расстоянии от защищаемой поверхности прочных грунтов, в которых располагается корневая часть анкера. В практике строительства используются грунтовые анкеры (анкерные сваи) длиной от 10–15 м до 50–60 м и более.

Опоры эстакады предлагается выполнять железобетонными, высотой около 300 м (показатель самых высоких опор мостов). Необходимую высоту опор можно добирать с помощью локальных насыпей из добытой при устройстве выемки горной породы (рисунок 10).

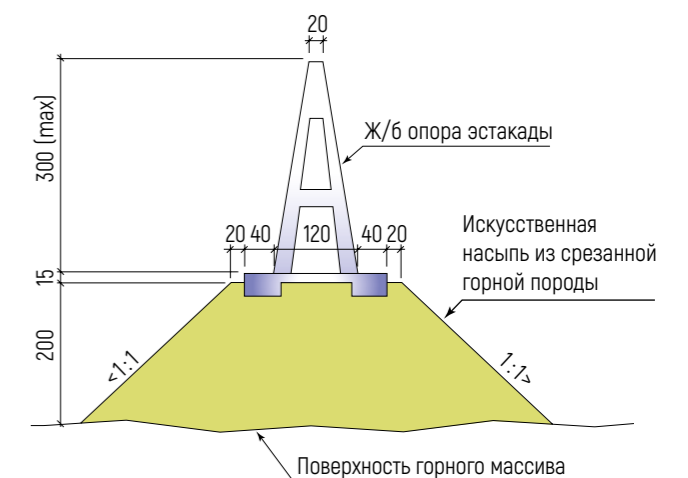


Рисунок 10 – Пример выполнения железобетонной опоры (вариант)

Выводы и дальнейшие направления исследований

При увеличении радиуса вертикальной кривизны траектории эстакады повышаются материалоемкость и высота промежуточных опор, глубина и объем выемок. Важно точно установить финальные характеристики линейного электро-двигателя и магнитной подушки ротора ОТС. Соблюдение данных условий позволит существенно снизить затраты на строительство стартовой эстакады и оптимизировать траекторию прохождения всех горных массивов.

Результаты расчётов показали, что при использовании радиуса кривизны траектории эстакады менее 5760 км подъёмная сила от центробежных сил превышает вес ОТС – 1150 кг/м. Если возникнет необходимость уменьшать радиус кривизны, то фиксаторы, удерживающие ОТС до старта, нужны более мощные, чем на равнинных участках эстакады.

Проектирование выемок и опор для экваториальной стартовой эстакады в значительной степени зависит от местности и геологических условий. К каждому такому сооружению требуется индивидуальный подход и изыскания.

Анализ подтверждает, что оптимальные радиусы вертикальных кривых эстакады, которые будет вынуждено повторять ОТС при старте и спуске, находятся в диапазоне 1000–5000 км. При этом следует очень тщательно проектировать переходные кривые между всеми смежными участками всех кривых, иначе ОТС не сможет взлететь штатно из-за вероятных резонансных явлений на данных участках.

Необходимо более основательно изучить прохождения каждого горного выступа (пика), чтобы найти приемлемые соотношения глубин выемки в нём и высот опор (всех опор, а не максимальную высоту одной из них) на смежных участках. Подобный шаг поможет минимизировать суммарную стоимость выемки и всех смежных с ней опор.

При этом скальный грунт из каждой выемки целесообразнее направить на формирование локальных насыпей для опор на смежных участках эстакады. Излишки прочных горных пород пойдут на изготовление бетона не только для опор эстакады, но и на создание инфраструктуры. В первую очередь – экваториального линейного города, где будут жить и работать около 100 млн человек, обслуживающих ОТС, экваториальную сеть TransNet, которая построена по Струнным технологиям Юницкого (СТЮ), и создаваемую на низких экваториальных орбитах космическую индустрию.

Сужение выемок внизу до 15 м (минимальная ширина безопасного коридора для ОТС во время взлёта и посадки) и выполнение их боковых стенок более крутыми (с отклонением от вертикали всего в 1 м на 100 м высоты) позволит существенно уменьшить объём выемок в скальных породах даже при увеличении глубины выемок. Дополнительное

устройство укрепляющих анкеров может оказаться гораздо дешевле добычи большого объёма грунта.

Рациональный вариант – сделать значительней глубину выемок, чтобы увеличить радиус кривизны взлётно-посадочной эстакады и снизить максимальную высоту опор до 200–300 м. Слишком высокие опоры, а их планируется достаточно много, могут оказаться дороже дополнительных земляных работ. Кроме того, необходимо оптимизировать конструктив высоких опор – их можно сделать более эстетичными и менее материалоемкими, чем традиционные мостовые опоры, показанные в анализе.

Тем не менее даже в первом приближении вопрос прохождения горных массивов в Африке и Южной Америке с инженерной точки зрения решается положительно. В последующих исследованиях потребуется осуществить комплексный технико-экономический анализ с учётом всех систем геокосмического транспортно-инфраструктурного коммуникатора, который в ближайшие десятилетия будет создан на технологической платформе ОТС.

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. Кривко, О.П., Логвинов, Г.Ф. Анализ вариантов конструкции эстакады ОТС; под общ. рук. А.Э. Юницкого. – Гомель: Центр «Звёздный мир», 1989. – 118 с.: ил.
3. Google Earth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earth.google.com>. – Дата доступа: 14.07.2020.
4. Виноградов, В.В. Расчёты и проектирование железнодорожного пути: учеб. пособие / В.В. Виноградов [и др.]; под общ. ред. В.В. Виноградова, А.М. Никонорова. – М.: Маршрут, 2003. – 486 с.
5. Альбрехт, В.Г. Бесстыковой путь / Альбрехт В.Г. [и др.]; под ред. В.Г. Альбрехта, А.Я. Когана. – М.: Транспорт, 2000. – 408 с.
6. Andean Summits [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.andeansummits.com>. – Date of access: 14.07.2020.
7. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 3. Буровзрывные работы. – М.: Стройиздат, 1986. – 95 с.
8. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Правила проектирования: СП 436.1325800.2018: внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство». – Введ. 06.06.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 71 с.
9. Руководство по проектированию и технологии устройства анкерного крепления в транспортном строительстве. – М.: ЦНИИС Минтрансстроя СССР, 1987. – 97 с.





Создание математической модели общепланетарного транспортного средства с оптимизацией положения и учётом влияния динамических факторов

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Шаршов Р.А.

*Беларусь, г. Минск,
конструкторское бюро «Расчёты строительных конструкций»
ЗАО «Струнные технологии»*

Абакумов А.А.

*Беларусь, г. Минск,
группа расчёта транспортных эстакад
конструкторского бюро «Расчёты строительных конструкций»
ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 004.942



Представлен расчёт математической модели общепланетарного транспортного средства (ОТС) с введением дополнительных факторов, которые позволят более полно оценить полётные характеристики конструкции. На первом этапе добавляется двухфакторная оптимизация: учитывается фактическая неровность земной поверхности; оценивается плоскопараллельное смещение конструкции ОТС относительно экватора для выбора приемлемого положения и учёта появляющейся дополнительной горизонтальной силы. На втором этапе принимаются во внимание динамические факторы, возникающие в зависимости от положения ОТС и влияющие на поведение конструкции при взлёте. Приведено решение и сделаны выводы о целесообразности смещения ОТС и его оптимальном положении, а также о возможности взлёта ОТС под влиянием фактических неровностей земной поверхности.

Ключевые слова:

общепланетарное транспортное средство (ОТС), конструкция ОТС, динамика, оптимизация, расчётный случай.

Handwritten mathematical notes in red ink, including the expression $5+x+k+2a+21$.

$$\frac{5+x+k+2a+21}{5+x+k+2a+21} = 1$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} = \infty$$

$$45-4a-3$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1+x+y+2a+21}{x} = \infty$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} = \infty$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} = \infty$$

$$x=0 \quad x^n$$



$$2+\dots+2a+\dots+a$$

$$\frac{1+x+y+2a+21}{1+x+y+2a+21}$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} = \infty$$

$$x=0 \quad x^n \quad \{x-12-y+n\dots\}$$

$$\frac{(1+x+y+2a)-(3a+3g+x)}{1+x+y+2a+21}$$

$$2+\dots+2a+\dots+a$$

$$2+\dots+2a+\dots+a$$

$$1+x+y+2a+21$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} = \infty$$

Введение

Статья является логическим продолжением работы, представленной на II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» 2019 г. [1].

В вышеупомянутом материале были рассмотрены основные принципы, заложенные в математическую модель общепланетарного транспортного средства (ОТС) [2]. Приведены графики взлёта и вертикальных ускорений, оптимизированы массы и скорости элементов. Рассчитаны коэффициент полезного действия системы и суммарные энергии, необходимые на взлёт и функционирование геокосмического комплекса.

Конструктив ОТС принимается в соответствии с предыдущим этапом оптимизации. При решении данной задачи авторами использованы основные параметры системы.

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;

$T_e = 86\,161,54933185 \text{ с}$ – период обращения Земли вокруг своей оси;

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

$V_1 = \sqrt{\frac{G \times M_{\text{Earth}}}{R_e + 415}} = 7660,045 \text{ м/с}$ – 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;

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

$m_{el} = \begin{pmatrix} 450 \\ 200 \\ 500 \end{pmatrix} \text{ кг}$ – погонная масса элементов ОТС

(ротор 1, ротор 2, корпус [всегда последний]);

$V_{r,0} = \begin{pmatrix} 12,55 \\ -0,1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ км/с}$ – относительная взлётная начальная

скорость роторов;

$V_{s,0} = (V_{r,0} + \omega_1 R_0) = \begin{pmatrix} 13,015 \\ 0,365 \\ 0,465 \end{pmatrix} \text{ км/с}$ – абсолютная взлёт-

ная начальная скорость роторов.

В настоящей работе рассматривается дальнейшая оптимизация конструкции ОТС с учётом динамического влияния, создаваемого фактическими неровностями земной поверхности в процессе разгона роторов и взлёта.

Оптимизация с учётом динамических факторов

Анализ целесообразности смещения ОТС относительно экватора

На пути прохождения эстакады ОТС по экватору встречаются два основных вертикальных препятствия:

- 1) горы Анды (рисунок 1);
- 2) горный участок в Кении (рисунок 2).

Конструкция анализируется в соответствии с конечно-элементной моделью.

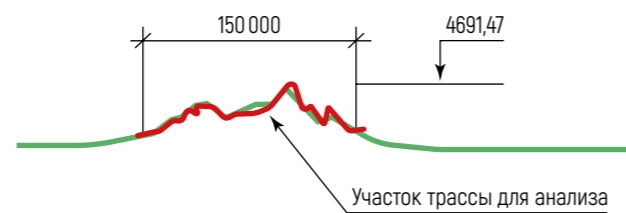


Рисунок 1 – Горы в Южной Америке (все размеры приведены в метрах)

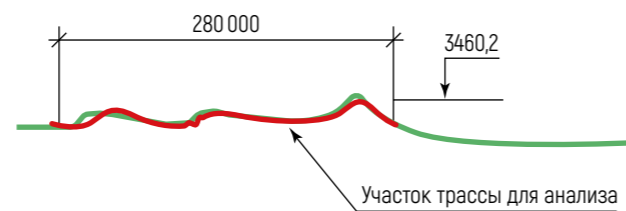


Рисунок 2 – Горы в Африке (все размеры приведены в метрах)

Смещение трассы ОТС параллельно плоскости экватора не позволяет в полной мере решить задачу оптимизации по нескольким факторам.

Первой причиной является необходимость в значительном смещении трассы ОТС, чтобы эффективно обойти вертикальные препятствия, которые создают дополнительную силу, действующую на конструкцию (рисунок 3).

Красным цветом на рисунке 3 показан экватор, голубым – кольцо ОТС при смещении. Сила F_1 , которую не может самостоятельно погасить система, действует в плоскости ОТС.

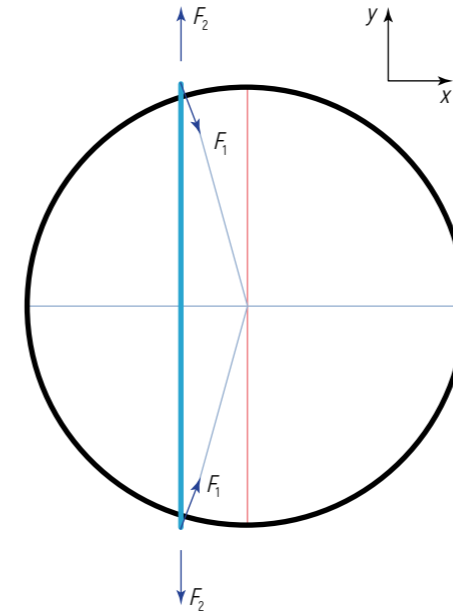


Рисунок 3 – Схема действия вертикальной подъёмной силы F_2 и дополнительной силы F_1 , возникающих при смещении конструкции ОТС относительно экватора

При подъёме конструкция стремится занять положение равновесия, сместившись в экваториальную плоскость. Однако из-за накопления инерционной составляющей при достижении плоскости экватора конструкция пересекает её и перемещается на меньшее расстояние (при начальном смещении не более чем на 50 км относительно экватора) в противоположную сторону. При таком движении ОТС через несколько подобных «качков» займёт положение равновесия. Если же смещать на величину больше 50 км, то конструкция при взлёте попадает в одну из собственных глобальных частот, входит в резонанс и начинает раскачивать сама себя, что недопустимо в связи с риском обрушения.

Вторая причина вытекает из первой. Смещение на величину до 50 км не имеет радикально никакого смысла из-за незначительного снижения величины преодолеваемых препятствий.

Исходя из анализа выше, можно сделать вывод: смещение конструкции ОТС относительно экватора нецелесообразно. Таким образом, необходимо преодолевать препятствия, которые возникают при прокладке эстакады ОТС по экватору (рисунки 1, 2).

Анализ возможных вариантов обхода вертикального препятствия

В первую очередь рассмотрены и оптимизированы определяющие принципы, заложенные в разрабатываемую методику преодоления препятствий. Ниже (рисунок 4) показана идеализированная схема обхода условной горы. На её основе получены значения усилий, возникающих в конструкции при подобных радиусах кривизны траектории.

На графике, приведённом на рисунке 4, обе оси – расстояния. Единицы измерения: метры – для абсолютно траектории; миллиметры – для относительной. Красным цветом

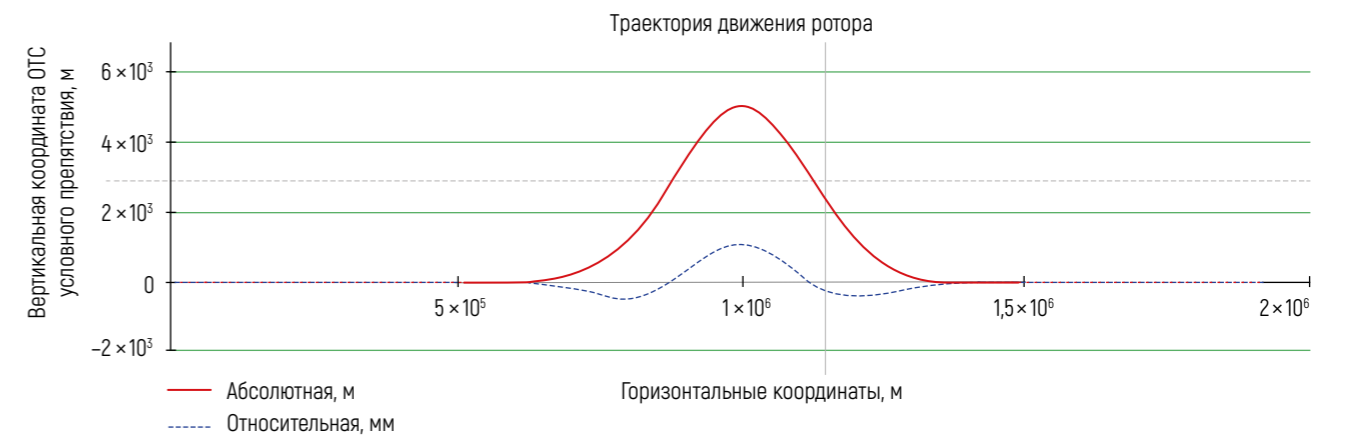


Рисунок 4 – Условное препятствие, описываемое траекторией по степенной функции

отмечены абсолютные значения прохождения препятствия, синей прерывистой линией – относительные перемещения линейного маховика внутри корпуса ОТС, увеличенные на четыре порядка для визуализации вертикального движения маховика. При такой схеме движения радиусы кривизны траектории выглядят, как показано на рисунке 5.

В рассматриваемом случае минимально допускаемый радиус кривизны составляет $2,778 \times 10^3$ км (минимальное условие радиусов). Данная величина радиуса не вызывает в системе отклика на резонансные частоты, которые находятся в крайне сжатом спектре. Спектр частот приведён на рисунках 6, 7.

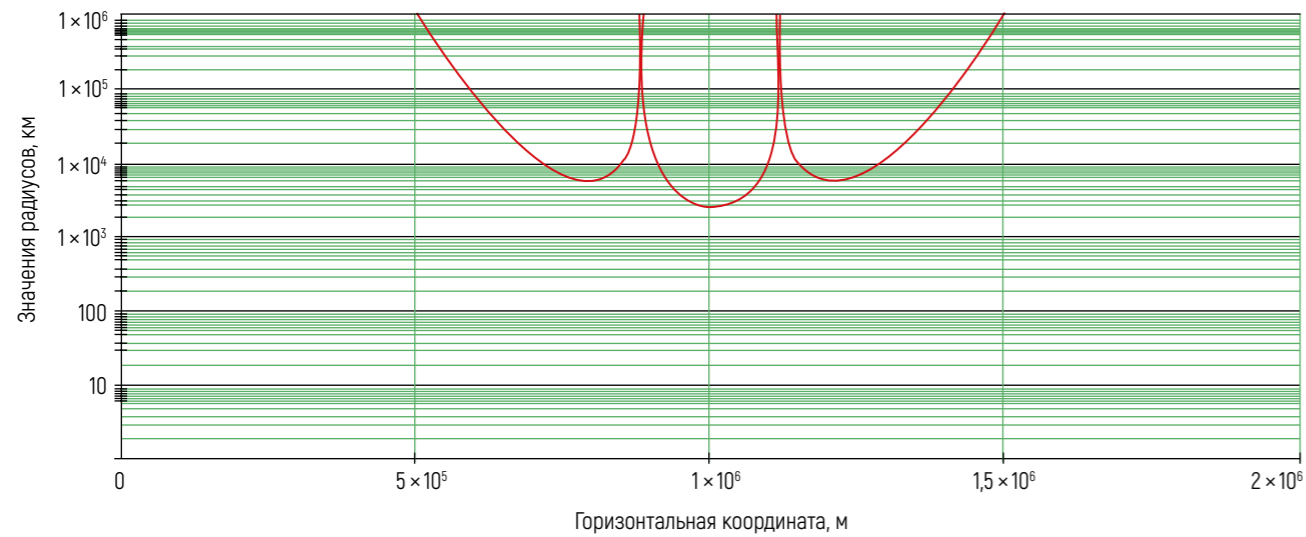


Рисунок 5 – График изменения радиусов кривизны траектории при прохождении условного препятствия

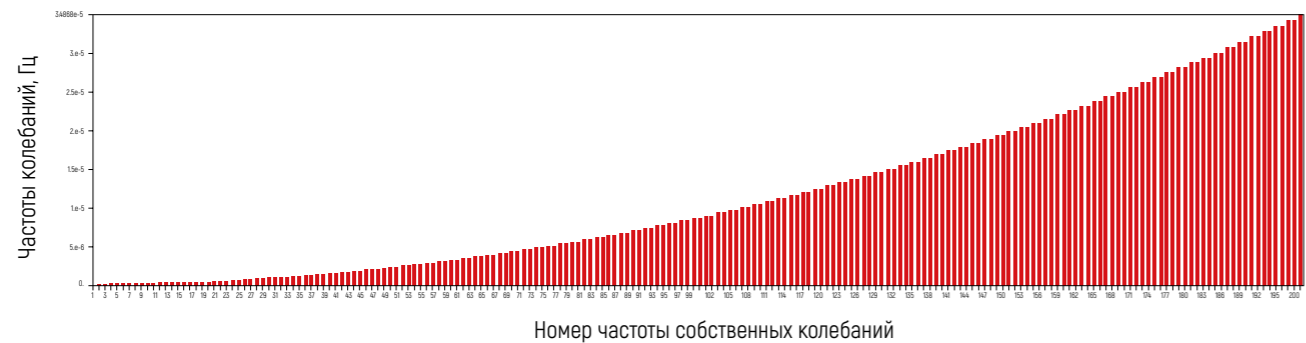


Рисунок 6 – Плотность распределения первых 200 частот конструкции (маховик на максимальной стартовой скорости)

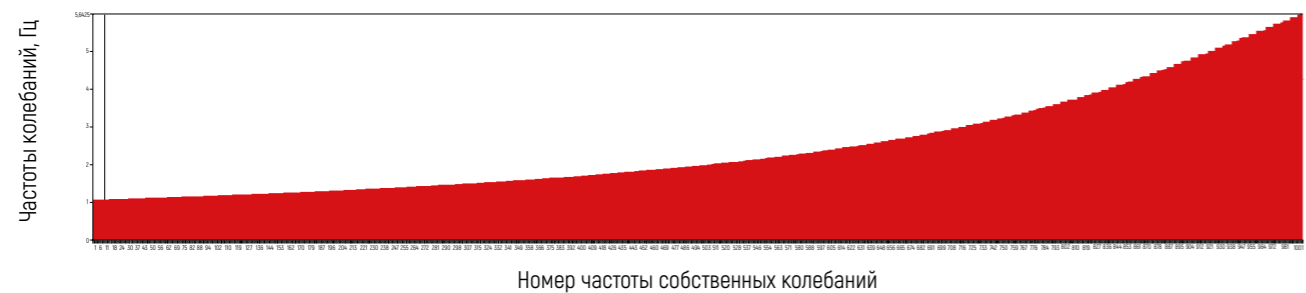


Рисунок 7 – Плотность распределения 1000 частот после 1 Гц (маховик на максимальной стартовой скорости)

Визуальное отображение формы колебаний приведено на рисунке 8.



Рисунок 8 – Визуальное отображение частоты собственных колебаний маховика. Деформации (амплитуда неровностей) увеличены в 10 000 раз

При накоплении модальной массы собственные частоты маховика суммируют количество волн, по форме которых происходят колебания. В пределах 10 000 частот не найдено ни одной формы, значительно отличающейся от приведённой выше.

Первые 20 частот отражены в таблице.

Таблица – Первые частоты собственных колебаний конструкции

Мода	Частота, Гц
1	$3,22 \times 10^{-8}$
2	$8,49 \times 10^{-8}$
3	$1,47 \times 10^{-7}$
4	$1,61 \times 10^{-7}$
5	$1,85 \times 10^{-7}$
6	$2,05 \times 10^{-7}$
7	$2,12 \times 10^{-7}$
8	$2,28 \times 10^{-7}$
9	$2,37 \times 10^{-7}$
10	$2,41 \times 10^{-7}$
11	$2,54 \times 10^{-7}$
12	$2,68 \times 10^{-7}$
13	$2,76 \times 10^{-7}$
14	$3,01 \times 10^{-7}$
15	$3,09 \times 10^{-7}$
16	$3,42 \times 10^{-7}$
17	$3,54 \times 10^{-7}$
18	4×10^{-7}
19	$4,12 \times 10^{-7}$
20	$4,66 \times 10^{-7}$



К моменту захода маховика на траекторию движения по препятствию эти частоты ещё значительно уплотняются, что негативно влияет на прохождение радиусных участков. Если радиусы прохождения траектории будут недостаточны, то график относительных колебаний ротора станет таким, как представлено на рисунке 9; график усилий – на рисунке 10.

Как можно видеть на рисунках 9, 10, минимальное отклонение радиусов или жёсткий переход на каком-либо

из участков траектории повлекут удар и попадание в одну из собственных частот. Величина сил, создаваемых при таком отклонении, достигает 1,8 МН/м, что неизбежно приведёт к разрушению корпуса и конструкции ОТС. Следовательно, точность расчёта и подбора траектории движения (вращения вокруг планеты) маховиков внутри корпуса ОТС играет первостепенную роль. При выполнении требований по радиусам график поперечных сил принимает вид, отображённый на рисунке 11.

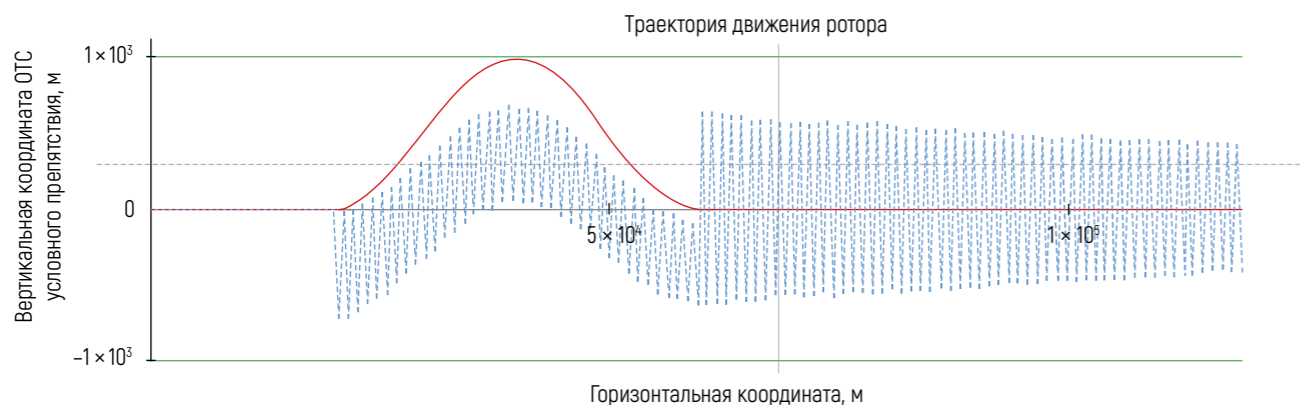


Рисунок 9 – График колебаний маховика в магнитном поле систем подвеса ОТС при невыполнении условий радиусов на переходной кривой

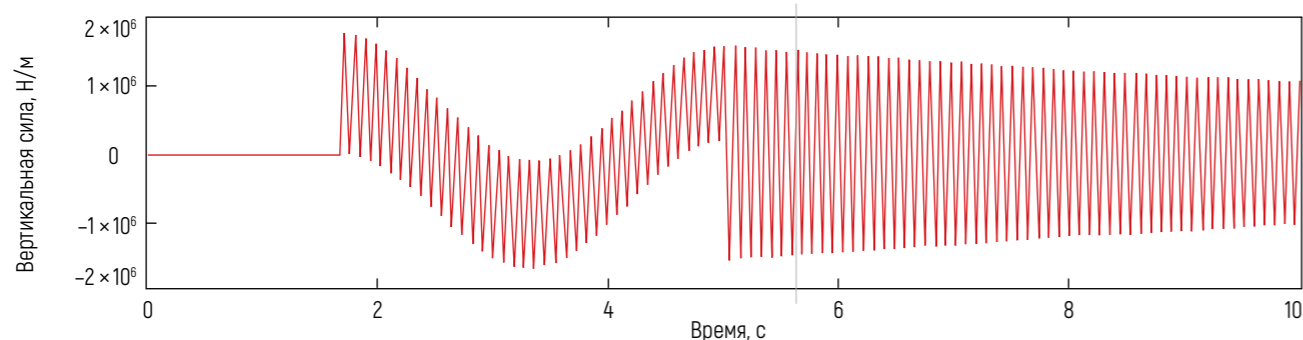


Рисунок 10 – График создаваемых усилий маховиком, если не выполнено условие радиусов на переходной кривой

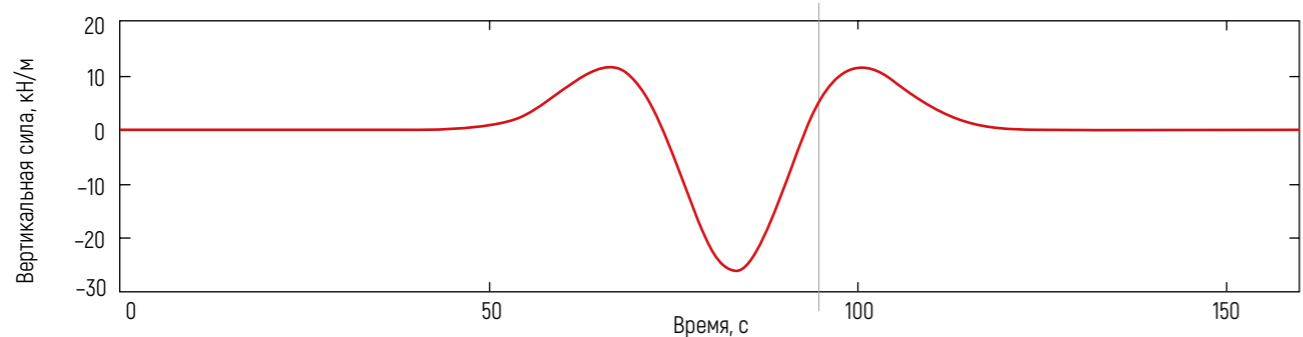


Рисунок 11 – График сил при оптимальном прохождении неровностей



Значения сил в случае оптимальной траектории не превышают 25,9 кН/м, что считается приемлемым показателем для конструкции. Вертикальные силы на данных участках будут пропорционально снижаться при увеличении радиусов кривых траектории движения маховика.

Наиболее соответствующее уравнение, описывающее траекторию движения маховика в конструкции ОТС:

$$f_{exp}(x) = H_1 \times e^{-\frac{[6(x-L_1)]^2}{L_1^2}}, \quad (1)$$

где H_1 – высота препятствия;

L_1 – полная длина неровности в плане.

Если вертикальные кривые конструкции ОТС при прохождении траектории будут удовлетворять закону, приведённому в формуле (1), то в системе не возникнут избыточные поперечные усилия и колебания маховика внутри магнитного поля.

После формирования профиля трассы появляется вопрос, связанный с процессом взлёта конструкции ОТС. На рисунках 6, 7 видно, что плотный спектр частот

наблюдается как в глобальном масштабе конструкции, так и в локальном. Пока ОТС находится на эстакаде, для общей конструкции кольца плотный спектр частот не играет важного значения при выполнении требований по радиусам. После взлёта конструкция имеет только фактическую изгибную жёсткость кольца и набранную динамическую жёсткость за счёт высокой скорости вращения маховика вокруг планеты. Фактические жёсткости были получены численными методами при помощи конечно-элементного моделирования. Жёсткость кольца при приведении её в общий вид составляет 2500 кН/м. Это чрезвычайно высокая изгибная жёсткость, учитывая малые поперечные размеры маховиков относительно размеров планеты – менее 1/10 000 000.

В момент начала подъёма структура стремится занять максимально выгодную для себя позицию – чистую круговую траекторию. Когда происходит распрямление, в системе присутствуют силы, направленные не от геометрического центра системы, а от геометрических центров кривых, вписанных в траекторию движения обхода препятствий (рисунок 12).

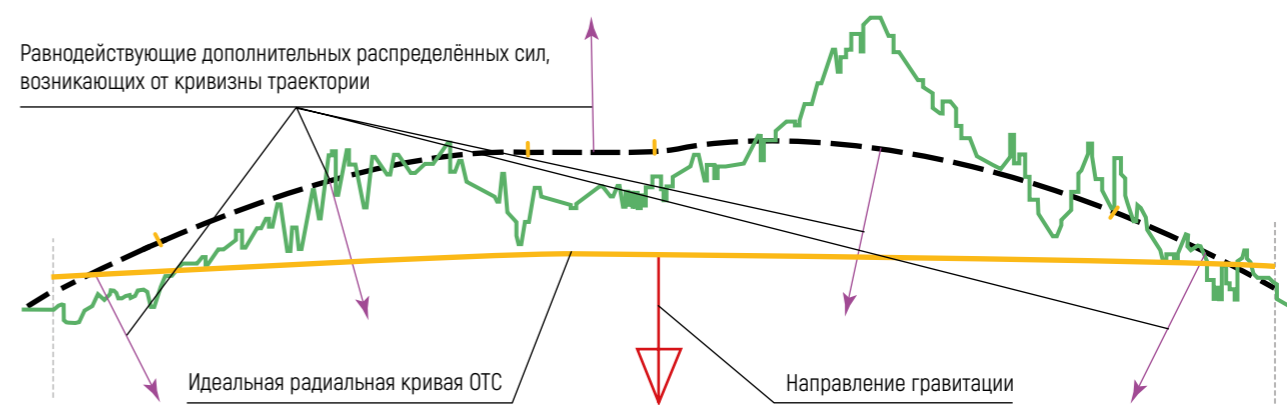


Рисунок 12 – Оптимизированная схема обхода Анд

На рисунке 12 чёрной пунктирной линией показана кривая прохождения ОТС через Анды в плоскости экватора (вариант). Как видно, равнодействующие распределённых усилий перед подъёмом ОТС разрознены и направлены каждая в свой центр. При взлёте подобное распределение создаёт локальные множественные угловые отклонения сил относительно линий действия гравитации, ориентированных к центру Земли. Описанные угловые отклонения ведут к появлению изгибающих моментов и, соответственно, к возбуждению сразу нескольких собственных частот. При космической скорости движения маховика внутри магнитного поля частоты начинают генерироваться одна за другой и накладываться друг на друга. Пример такого наложения представлен на рисунке 13.

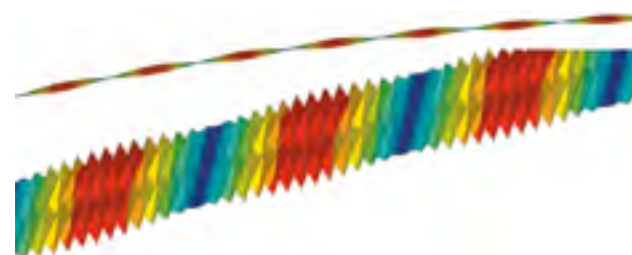


Рисунок 13 – Варианты возможного наложения частот

Решение задачи взлёта заключается в недопущении возникновения перегиба конструкции ОТС из-за momentальной нагрузки во время отрыва ОТС от эстакады. Кривизна, которая образуется в процессе подъёма, в частности, может быть уравновешена локальным сбросом балласта или соответствующей неравномерной загрузкой балласта

по длине ОТС ещё до старта. Гашение появившихся эффектов при стабилизации достигается, например, реактивной струёй из расчёта величины тяги в 0,87 кН/м с увеличением значения до 2,61 кН/м к краям кривых. В данном случае график взлёта принимает вид, отражённый на рисунке 14, полученный на основе общей теории, которая приведена в [3] и [4]. Однако опасная деформация конструкции может быть скомпенсирована и изначально увеличением радиусов кривизны ОТС на участках прохождения через горы путём выполнения глубокой выемки скальных пород в высокогорной части, а также строительства высоких опор в предгорьях. Между тем предложенные решения требуют отдельной оптимизации, выходящей за рамки настоящей работы.

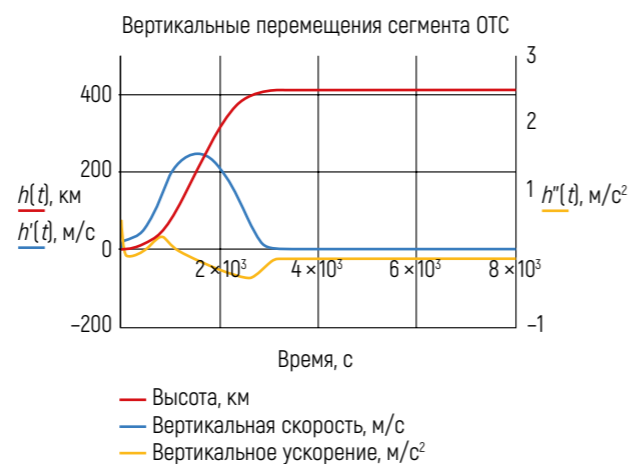


Рисунок 14 – График набора высоты, вертикальной скорости и вертикального ускорения от времени [1]



Выводы и дальнейшие направления исследования

Исходя из вышеописанного, можно сделать выводы.

1. Горы и возможные другие места, в которых необходимо делать перегибы трассы, являются преодолеваемыми препятствиями и не создают проблем при наборе космических скоростей движения маховиков. При соблюдении всех условий траектории движения маховиков и при поперечном воздействии компенсирующей силы, например посредством реактивных (турбореактивных) двигателей, обеспечивается плавный и стабильный взлёт всей конструкции ОТС на горных участках взлётно-посадочной эстакады.

2. Плоскопараллельное смещение взлётно-посадочной эстакады ОТС относительно плоскости экватора не даёт ощутимых результатов при оптимизации прохождения горных участков, но вызывает большое количество конструктивных сложностей для боковой стабилизации.

В дальнейшем планируется моделирование взлёта конструкции на основе уже известных препятствий с учётом динамических факторов, рассмотренных в данной работе, и фактического магнитного поля Земли, а также отработка стабилизации и стыковки ОТС с орбитальной кольцевой станцией, охватывающей планету в плоскости экватора.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Создание математической модели общепланетарного транспортного средства: разгон маховиков, прохождение атмосферы, выход на орбиту / А.Э. Юницкий, Р.А. Шаршов, А.А. Абакумов // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 77–83.
2. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: научное издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
3. Иванов, Д.С. Численное моделирование орбитального и углового движения космических аппаратов / Д.С. Иванов, С.П. Трофимов, М.Г. Широбоков; под общ. ред. М.Ю. Овчинникова. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. – 118 с.
4. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – Часть 2: Динамика. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1966. – 411 с.



Особенности функционирования маховичного двигателя общепланетарного транспортного средства и общие требования к нему

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Бабаян А.В.

Беларусь, г. Минск,
ООО «Астроинженерные технологии»

УДК 621



Конструкция привода ленточного маховика общепланетарного транспортного средства (ОТС) во многом схожа с устройством привода электропоезда на магнитной подушке. В обоих случаях используется гибридная система магнитного подвеса и линейного синхронного электродвигателя. Однако в силу целого ряда специфических требований и условий функционирования механизм привода ОТС намного уникальнее. ОТС имеет два независимо движущихся ленточных маховика, поэтому система магнитного подвеса и линейного электродвигателя дублируется. Для космических скоростей движения важно, чтобы ленточные маховики были изолированы в своих вакуумных каналах. Особенно сложным условием является способность корпуса и всех других линейных компонентов конструкции ОТС удлиняться в процессе полёта на 1,57 % каждые 100 км подъёма. Необходим поиск эффективных инженерно-конструкторских решений по бортовым системам энергообеспечения, рекуперации энергии, теплоотвода (охлаждение), а также по достижению электротехническими системами комплексной эффективности на уровне КПД 98–99 %. Кроме того, есть и другие специфические требования к конструкции ОТС, которые тоже разбираются в данной статье.

Ключевые слова:

линейный электродвигатель,
ленточный маховик, магнитный подвес,
общепланетарное транспортное средство (ОТС),
сверхпроводимые магниты, системы охлаждения,
энергоэффективность.



Введение

С позиций фундаментальной физики самый энергоэффективный и экологически чистый геокосмический летательный аппарат должен использовать для выхода в космос только собственные внутренние силы. Единственный вариант соблюдения данного требования – кольцевая структура, охватывающая Землю в плоскости экватора, центр масс которой совпадает с центром масс Земли и не меняет своего пространственного положения при выходе на орбиту [1]. Корпус общепланетарного транспортного средства (ОТС) инженера А.Э. Юницкого [2] представляет собой тор, опоясывающий нашу планету в экваториальной плоскости (рисунок 1). Снаружи корпуса ОТС крепятся гондолы с грузом и/или пассажирами, а внутри размещены ленточные маховики, приводимые системами магнитных подвесов и линейных электродвигателей в движение в прямом и обратном направлениях.

Конструкция линейных приводов ленточных маховиков ОТС во многом схожа с устройством приводов электропоездов на магнитной подушке. Различают три схемы использования гибридной технологии магнитного подвеса и линейного синхронного электродвигателя [3].

Известны три гибридные технологии, одна из них – электродинамический подвес (EDS) со сверхпроводящими магнитами на борту подвижного состава. Данные магниты проводят электричество даже после отключения

источника питания, однако требуют криогенного охлаждения. Подвижной состав опирается на дорожное полотно, но отталкивающая сила магнитного поля формирует зазор, исключая их контакт друг с другом. Такая система является самостабилизирующейся – при уменьшении зазора сила отталкивания магнитного поля возрастает и возвращает систему к прежнему зазору. Следовательно, технологии подвеса EDS не нужна никакая сложная электроника для обеспечения безопасного зазора, который может достигать значений в десятки миллиметров, как и не нужны бортовые аккумуляторные батареи для поддержания магнитного поля, в частности на остановках. На базе рассматриваемой технологии построены японские поезда JR-Maglev [3].

Существует ещё одна, пока не реализованная в коммерческой практике, разновидность технологии подвеса EDS – с использованием постоянных магнитов, не нуждающихся ни в электроэнергии, ни в криогенном охлаждении [3]. Постоянные магниты не обладают достаточной силой для левитации подвижного состава, однако их специальное размещение в так называемый массив Хальбаха позволяет сформировать гораздо более сильное магнитное поле, направленное не в обе, а в одну от массива сторону.

Известна также технология электромагнитного подвеса (EMS) с электромагнитами на борту подвижного состава, с помощью которых он подвешивается снизу

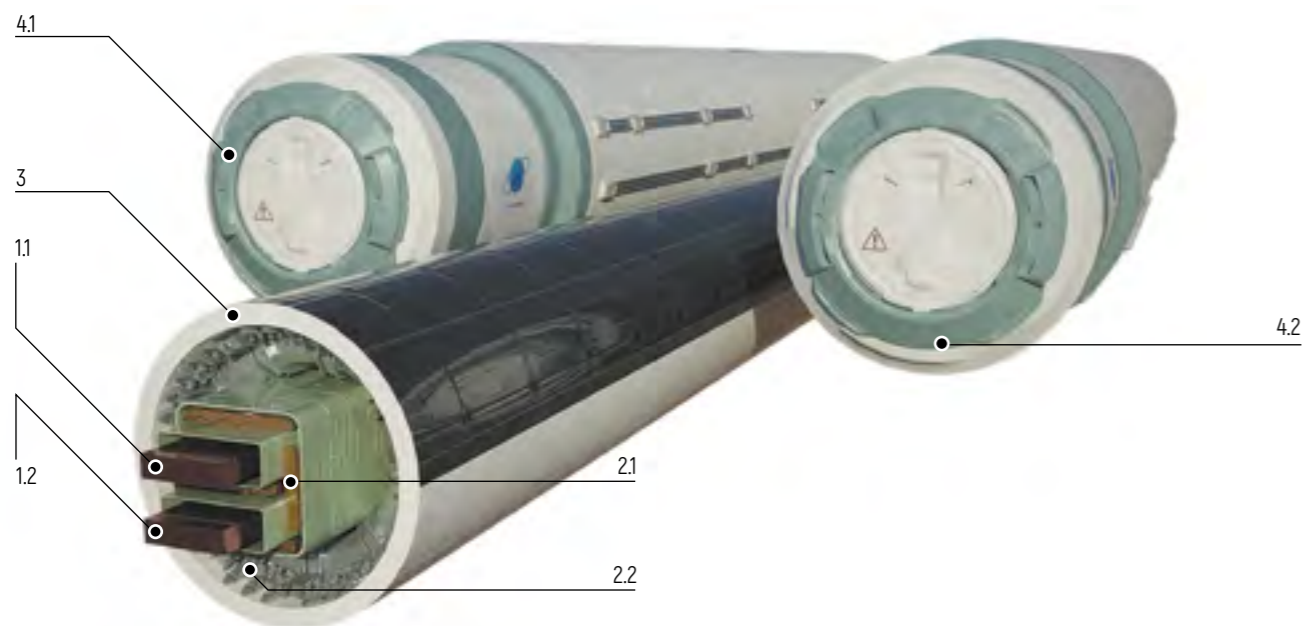
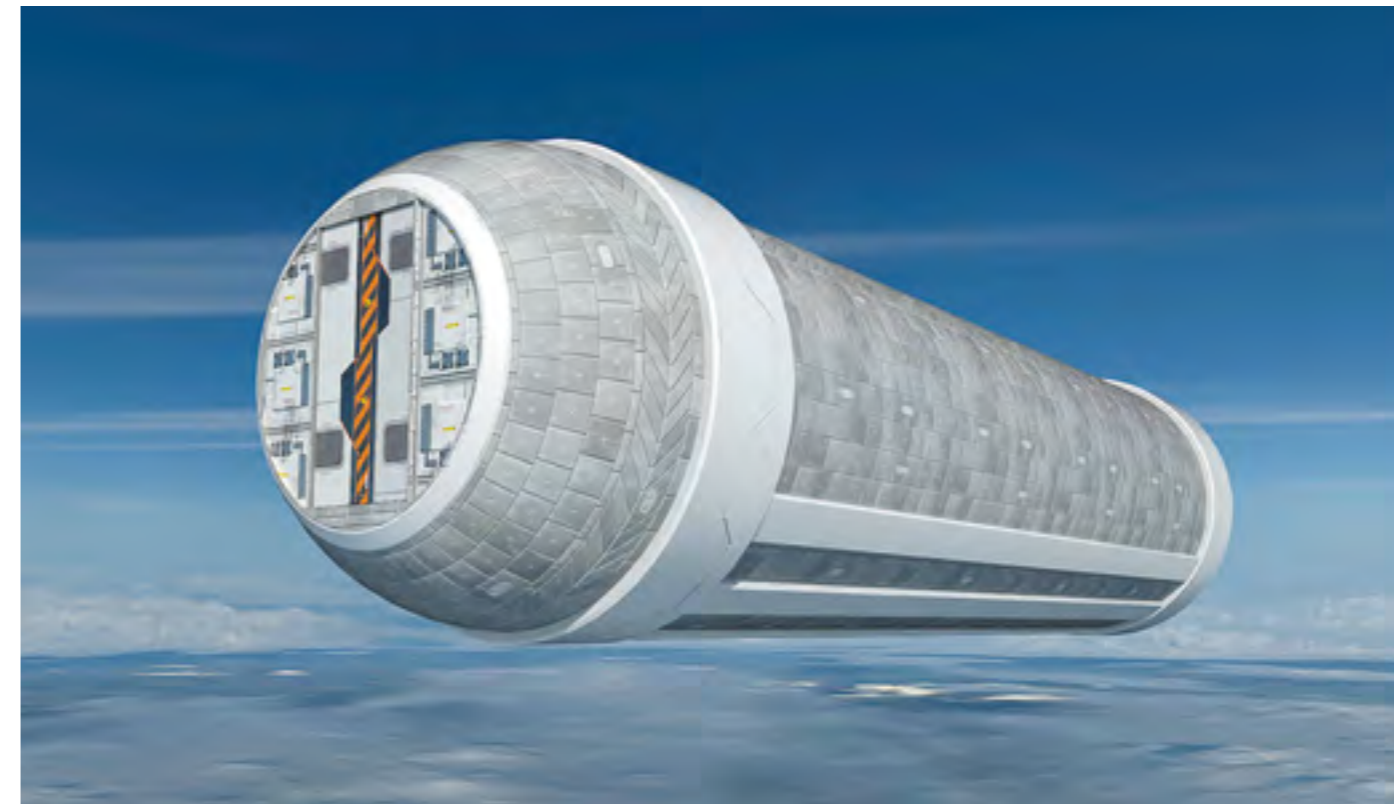


Рисунок 1 – Конструкция ОТС: 1.1 и 1.2 – ленточные маховики; 2.1 и 2.2 – системы магнитного подвеса и линейного электродвигателя; 3 – корпус; 4.1 и 4.2 – контейнеры с грузом [2]



к краям Т-образного дорожного полотна [3]. Недостатком анализируемой конструкции является то, что она не стабильна – при увеличении зазора сила притяжения падает, и без внешнего управляющего воздействия, создающего требуемую большую силу притяжения, система не может самостоятельно вернуться к необходимому зазору. Технология подвеса EMS нуждается в мощных бортовых аккумуляторных батареях на период остановок, чтобы обеспечить непрерывное питание электромагнитов. На базе данного решения построены поезда Transrapid, в частности Shanghai Maglev [3].

Системы линейного электродвигателя в поездах на магнитной подушке по технологиям EDS и EMS принципиально схожи – это синхронный линейный электродвигатель, потому что он допускает наличие относительно большого зазора, что обеспечивает КПД на уровне 95 % и выше. Дорожное полотно представляет собой обычный развёрнутый в линию статор, а опорные магниты обеих систем магнитного подвеса, размещённые на борту подвижного состава, одновременно работают в качестве якоря указанного линейного синхронного электродвигателя. Перед нами так называемая гибридная схема магнитного подвеса и линейного электродвигателя с улучшенными весогабаритными и энергоэксплуатационными характеристиками.

Однако в силу целого ряда особых требований и условий конструкция систем левитации и привода ленточного маховика ОТС будет гораздо более сложной и уникальной, чем у поездов на магнитной подушке.

Специфические особенности маховичного движителя ОТС и требования к нему

В случае с ОТС система магнитного подвеса, как и привод поезда на магнитной подушке, призвана исключить контакт движущегося ленточного маховика с линейными компонентами конструкции ОТС, прежде всего со стенками вакуумного канала. При этом конструкция геокосмического транспортного средства длиной 40 000 км и массой около 40 млн тонн накладывает некоторые специфические требования.

Рассмотрим схематично фазы геокосмического полёта ОТС с экватора Земли на низкую экваториальную орбиту [3]. В ходе предстартового этапа геокосмического полёта, находясь на взлётно-посадочной эстакаде, ленточный маховик разгоняется до скоростей 10–12 км/с, превышающих первую космическую скорость (7,9 км/с). Созданная вращением вокруг планеты ленточного маховика подъёмная

сила направлена от её центра, т. е. вертикально вверх в каждой точке экватора, и должна превзойти силу гравитационного притяжения. Подобное превышение подъёмной силы (для упрощения приведено далее к каждому погонному метру длины ОТС) зависит от многих факторов: высоты дальнейшего подъёма (чем выше размещена орбита, тем большим должно быть превышение), КПД электроприводов ленточных маховиков и других предстоящих потерь энергии во время полёта (в частности, аэродинамического сопротивления на атмосферном участке движения и энергетических потерь, связанных со сбросом балласта и прочих изменений общей полётной массы). Указанные факторы наряду с другими условиями более подробно рассмотрены ниже. Для исключения произвольного подъёма корпуса необходимо зафиксировать на эстакаде по всей своей длине специальными замками.

На первой фазе полёта (после одновременного отрыва замков по всей длине эстакады) ОТС начнёт подъём на заданную высоту с закреплёнными на его корпусе гондолами, заполненными пассажирами и грузом. При этом диаметр тороидального корпуса ОТС будет увеличиваться в размерах – от начальных значений, равных экваториальному диаметру Земли, до конечных, равных диаметру околоземной орбиты, куда совершается полёт. Так ОТС доставит грузы на высоту, соответствующую размещению низкой круговой околоземной орбиты.

Непрерывным условием, при котором груз можно считать доставленным на круговую орбиту, является его движение вокруг планеты с первой космической скоростью, так как только в данном случае он становится искусственным спутником Земли и может быть там оставлен в свободном орбитальном полёте (состоянии невесомости). Именно поэтому в ходе второго этапа полёта ОТС ленточный маховик начинает тормозиться его линейным двигателем, перешедшим в режим генерации. Корпус ОТС с закреплёнными на нём грузами в то же время получает импульс в сторону движения маховика, плавно увеличивая скорость своего вращения вокруг планеты, пока не достигнет на заданной высоте первой космической скорости для указанной орбиты.

Первая и вторая фазы геокосмического полёта осуществляются одновременно по специальной программе согласно маршрутному заданию, которое составляется на каждый полёт с учётом весовой загрузки, внешних условий на атмосферном участке пути (температура воздуха, ветер, осадки и др.) и иных факторов. Возвращение ОТС на Землю выполняется в обратном порядке.

Ещё один (второй) ленточный маховик нужен для эффективной передачи импульса и момента импульса между ленточными маховиками и корпусом с грузами. Торможение первого маховика происходит благодаря его линейному двигателю, перешедшему в режим генератора.

В подобном случае высвобождающуюся энергию можно не сбрасывать в окружающую среду, а использовать для разгона второго ленточного маховика. Его ускорение в противоположном направлении обеспечит не только эффективную рекуперацию энергии, но и передаст двойной импульс на корпус ОТС с грузами. Таким образом будет достигнута максимальная эффективность и, как следствие, высокий общий КПД ОТС при совершении геокосмического полёта с Земли в околоземное космическое пространство с получением орбитальной скорости, равной первой космической скорости.

Масса двух ленточных маховиков должна быть достаточной, чтобы при начальных (полученных ещё на Земле) скоростях в 10–12 км/с, не намного превышающих первую космическую скорость, внутри ОТС возник необходимый запас энергии, импульса и момента импульса, требуемый для выхода на орбиту только за счёт внутренних сил замкнутой системы, без какого-либо силового взаимодействия с окружающей средой.

Учитывая космические скорости движения ленточных маховиков и недопустимость их трения о воздушную среду во время полёта ОТС в нижних плотных слоях атмосферы, они должны быть изолированы внутри вакуумных каналов с безопасным расстоянием до стенок.

Особенности функционирования, связанные с удлинением всех линейных элементов конструкции ОТС (корпус, система магнитной левитации, линейный электродвигатель и др.) на 1,57 % каждые 100 км подъёма над поверхностью Земли, налагают ещё одно существенное требование – конструктивно обеспечить возможность удлинения геокосмического транспортного средства до 6,5 % (для случая подъёма на околоземную орбиту высотой около 400 км). Принципиальным подходом к выполнению данного требования является линейная компоновка всей конструкции и систем ОТС с использованием сегментов двух видов: основных функциональных, стабильной длины (первый вид), которые с определённым шагом будут разделены специальными удлиняемыми модулями (второй вид), несущими кроме этого коммуникационные линии всех бортовых систем ОТС, включая линии энергетики и связи.

Наибольшую сложность для решения вопроса удлинения вызывают корпус ОТС, вакуумные камеры, системы магнитной левитации и линейного электропривода, а также ленточные маховики, являющиеся линейно-непрерывными по своей конструкции элементами и имеющие растягивающую силовую нагрузку. Значит, их удлинение обеспечивается или на основе упругих конструкций (сильфоны, плоские и тарельчатые пружины и др.), или благодаря подвижным сочленениям. Вместе с тем ленточные маховики могут быть

собраны без использования специальных удлиняемых сегментов и увеличиваться в своих линейных размерах только за счёт упругих свойств специальных материалов, в том числе сверхпроводящих композитов и постоянных магнитов. Что касается систем магнитного подвеса и линейного электродвигателя, то их сегментирование не является особо сложным, так как разделение на модули будет аналогично движению нескольких подвижных составов по общему круговому маршруту.

Принимая во внимание такие важные для любого летательного аппарата требования, как лёгкость и надёжность конструкции, наиболее подходящей системой магнитного подвеса и линейного электродвигателя для привода ленточных маховиков выступает технология самостабилизирующегося электродинамического подвеса EDS с использованием охлаждаемых до криогенных температур сверхпроводящих магнитов. Вместе с тем, учитывая, что приводимые в движение ленточные маховики движутся со скоростями, превышающими первую космическую скорость, и не могут применяться для размещения сложных систем, а прямая коммутация с ними невозможна, сверхпроводящие магниты с системой их криогенного охлаждения должны быть расположены на стороне корпуса ОТС, где размещены все без исключения бортовые функциональные устройства.

Исходя из гигантской кинетической энергии, заключённой в гиперскоростных ленточных маховиках массой в миллионы тонн, даже несмотря на заложенную в конструкцию ОТС самую высокую с позиций фундаментальной физики энергоэффективность, будут иметь место потери в электротехнических системах ОТС. Следовательно, важно обеспечить максимально возможную для современных электротехнических систем энергоэффективность с КПД, достигающим 99 % [4]. Подобное решение позволит довести до минимума удельные энергетические затраты, отнесённые к единице груза, и, соответственно, повысить энергоэффективность функционирования геокосмической транспортной системы, а также снизить себестоимость перевозок по маршруту Земля – Орбита – Земля. Тем не менее необходимо предусмотреть систему продуктивного теплоотвода, так как неизбежны потери в электротехнических устройствах ОТС.

Потери в электротехнике вызваны в значительной степени перемагничиванием ферромагнетиков в переменном магнитном поле и складываются из потерь на гистерезис и вихревые токи Фуко.

Потери на гистерезис обусловлены необратимыми процессами перемагничивания, связанными с перестройкой доменной структуры вещества из-за отставания изменения намагниченности от изменения магнитного поля.



Именно поэтому только часть энергии, переданной внешним полем при намагничивании, возвращается при обратном процессе размагничивания, а невозвращённая часть магнитной энергии превращается в теплоту и теряется. Для уменьшения потерь на гистерезис следует использовать магнитомягкие материалы с минимальной величиной коэрцитивной силы.

Вихревые токи возникают в замкнутом проводящем контуре за счёт электродвижущей силы (ЭДС) самоиндукции. Для снижения потерь на вихревые токи подойдёт материал с повышенным сопротивлением, что достигается сборкой намагничиваемого элемента из тонких, изолированных одна от другой пластин, а также путём применения материалов с высокими показателями удельного сопротивления. При этом тепловыделение в ленточных маховиках должно быть полностью исключено ввиду невозможности их охлаждения при космических скоростях движения в окружении вакуума.

Величину тепловых потерь можно определить следующим образом. На круговую орбиту с первой космической скоростью необходимо вывести корпус ОТС с пассажирами и грузом. На взлётно-посадочной эстакаде, т. е. на поверхности планеты, корпус ОТС имеет скорость движения, равную линейной окружной скорости экватора, – 465 м/с, а на круговой орбите, например на высоте 400 км, – первую космическую скорость, равную 7725 м/с. К каждому килограмму массы, выведенному на данную орбиту, нужно подвести в процессе полёта кинетическую энергию в $29,7 \times 10^6$ Дж, или 8,26 кВт·ч. Тогда тепловые потери в количестве 5 % составят 0,413 кВт·ч/кг. В рассматриваемом примере погонная масса корпуса (с системами левитации, электроприводом с системой охлаждения, пассажирами и грузом, др.) составляет 500 кг/м, поэтому тепловыделение за время выхода ОТС в космос достигнет 206 кВт·ч/м. Для всего корпуса, имеющего массу 20 млн тонн, суммарное тепловыделение будет равняться $8,26 \times 10^9$ кВт·ч. Количество данной энергии огромно, поэтому потери в системе электропривода ленточных маховиков необходимо снижать.

В числе возможных технических решений по теплоотводу рассматриваются различные варианты, однако наиболее перспективными видятся следующие два. Первый способ – охлаждение жидким водородом, в пользу которого также говорит потребность ОТС в ёмком источнике дополнительной энергии, так как в отличие от поезда на магнитной подушке у ОТС в полёте нет внешних источников, откуда можно забирать и куда можно отдавать электрическую энергию. Значит, после охлаждения электрооборудования водород будет использован в качестве источника энергии в бортовых электростанциях.

Кроме того, система теплоотведения может быть дополнена водяным охлаждением с последующим выбросом пара за борт. Второй вариант возможен потому, что ОТС всё равно будет брать в полёт балластную воду для её сброса в верхних слоях атмосферы, где системы магнитного подвеса и линейного электродвигателя как раз осуществляют активный переток энергий между ленточными маховиками, что и сопровождается появлением основных тепловых потерь в геокосмическом полёте. Верхние слои атмосферы нуждаются в такого рода выбросах, поскольку водяной пар способствует восстановлению озонового слоя планеты, что предусмотрено программой «ЭкоМир» [5].

Для увеличения теплоёмкости балластная вода может быть взята на борт в виде переохлаждённого льда (–200 °С). Нагрев каждого килограмма льда до 100 °С с двумя фазовыми переходами («лёд – жидкость» и «жидкость – пар») с последующим испарением израсходует 0,95 кВт·ч/кг энергии. Тогда для охлаждения ОТС необходимо 217 кг льда на каждый его погонный метр, что практически равно его грузоподъёмности (250 кг/м). Следовательно, в чистом виде такое решение неприемлемо. Жидкого водорода, охлаждённого до –257 °С и нагретого до тех же 100 °С, потребуется меньше, но ненамного – 146 кг/м. Однако с учётом его низкой плотности и большой массы криогенных систем хранения и применения водородная система охлаждения будет ещё массивнее водяной и превысит грузоподъёмность ОТС.

Из данного положения есть два выхода:

- повысить КПД электропривода ОТС до 98–99 %, т. е. снизить тепловыделение в 2,5–5 раз, что пропорционально уменьшит массу теплоносителя и системы охлаждения в целом;
- использовать в качестве охладителя атмосферный воздух по мере подъёма ОТС: до высоты 50 км и даже более – до 100 км. С высотой плотность воздуха и его температура снижаются. Например, на расстоянии 10 км от Земли плотность равна $0,414 \text{ кг/м}^3$, а на высоте 50 км она уменьшается до $0,001 \text{ кг/м}^3$ при температурном диапазоне –75... –20 °С. Схема охлаждения забортным воздухом требует такого режима подъёма ОТС, при котором основная окружная скорость корпуса, вплоть до 7,5 км/с, будет получена на атмосферном участке в течение примерно одного часа. Данное условие обеспечит приемлемое для пассажиров ускорение разгона – около 2 м/с^2 , т. е. на уровне ускорений при взлёте современных аэробусов. Именно поэтому вертикальная скорость подъёма ОТС должна сохраняться невысокой – до 100 км/ч. По мере набора линейной (окружной) скорости геокосмический летательный аппарат начнёт подниматься в менее плотные слои атмосферы,

что снизит аэродинамическое сопротивление при гиперзвуковых скоростях. К тому же у корпуса ОТС будет отсутствовать лобовое сопротивление, а боковая поверхность, выполненная соответствующим образом, станет линейным радиатором систем охлаждения. При необходимости разрежённый атмосферный воздух с помощью специальных гиперскоростных заборников может подаваться на борт ОТС для использования в системах охлаждения.

Есть ещё одна особенность тепловыделения во время выхода на орбиту гигантского летательного аппарата и функционирования его маховичного движителя. Объём выделяемой тепловой энергии непосредственно связан с потерями кинетической энергии и, соответственно, импульса и момента количества движения кольцевых элементов ОТС, охватывающих планету в плоскости экватора. При этом если общая кинетическая энергия всех линейных элементов ОТС равна кинетической энергии тела такой же массы, движущегося с первой космической скоростью, то ОТС будет находиться на данной круговой орбите в устойчивом равновесном состоянии. Если общая энергия будет уменьшаться, то ОТС станет снижаться, возможно, до падения обратно на планету. В случае её увеличения ОТС начнёт набирать высоту, вплоть до чрезмерного растяжения и разрушения.

Следовательно, во время подъёма ОТС в космос и обратного возвращения на Землю должен соблюдаться штатный баланс указанных характеристик линейных компонентов – корпуса, систем магнитного подвеса и электропривода, а также обоих ленточных маховиков. В свете сказанного все перечисленные элементы и являются на самом деле общим маховичным движителем ОТС, так как каждый из них имеет переменную во времени и не равную нулю абсолютную скорость движения относительно земного шара.

В данном случае возможны три варианта компенсации потерь энергии.

Вариант 1. Стартовый избыток кинетической энергии, импульса и момента импульса, достаточный для компенсации всех полётных потерь, в том числе с учётом изменения массы корпуса, связанной с функционированием систем охлаждения и сбросом (либо присоединением) балласта. Например, при чрезмерно быстром уменьшении суммарной массы ОТС (такое возможно при интенсивном сбросе за борт теплоносителя из системы охлаждения) нештатно увеличится скорость его подъёма, что может быть компенсировано забором на борт воздуха из атмосферы и его сжатия для повышения плотности или забором только конденсированной влаги, содержащейся в воздухе.

Вариант 2. Выработка дополнительной электрической энергии на борту во время полёта. Основным требованием к бортовой электростанции в подобном условии станет минимизация тепловыделения, так как охлаждение ОТС и без того является основной проблемой его функционирования. Значит, использование тепловых электростанций, включая работающих на водороде, возможно только, если их КПД намного превышает 50 %. Проблема усугубляется ещё и тем, что кроме водородного топлива на борт ОТС в рассматриваемом случае важно будет брать и окислитель – кислород. При этом необходимая масса кислорода значительно (в восемь раз) превышает массу водородного топлива. Хотя для компенсации указанных выше потерь энергии, равных 206 кВт·ч/м, понадобится запастись на борту (из расчёта на каждый метр его длины) водородом – 8,85 кг/м, кислородом – 70,8 кг/м, когда КПД бортовой электростанции составит 70 %. Однако если кислород во время подъёма в космос будет забираться из атмосферы, то грузоподъёмность ОТС при прочих равных условиях увеличится на 2,8 млн тонн. Данное положение значительно улучшит технико-экономические характеристики ОТС (в частности, для выполнения такого же объёма геокосмических перевозок, равного 2,8 млн тонн, существующей ракетно-космической отрасли планеты нужна не одна тысяча лет). Вместе с тем точно такой же объём грузов и только за счёт повышения эффективности одной из систем ОТС будет доставлен в космос за один рейс – примерно за один час. Целесообразно также использовать компактные бортовые атомные электростанции, так как в процессе их работы не расходуются много топлива, и масса подобных энергетических установок будет на несколько порядков меньше, чем тепловых (с учётом массы топлива и окислителя).

Вариант 3. Использование разности электрических потенциалов в ионосфере по высоте атмосферы и вдоль экватора. Например, разность потенциалов между ионосферой и земной поверхностью составляет 200–300 кВ. Земля и ионосфера выполняют роль обкладок конденсатора, который заряжается грозowymi облаками. Разность потенциалов и приводит к возникновению электрического поля атмосферы. При этом основные электрические явления – поляризация облаков и их взаимодействие с Землёй – происходят в тропосфере, т. е. в непосредственной близости к земной поверхности. Градиент потенциала электрического поля планеты по высоте атмосферы равен около 150 В/м вблизи земной поверхности и падает экспоненциально с увеличением высоты до 1 В/м и ниже (на высоте 30 км). В горизонтальном направлении также

существуют градиенты потенциалов, в частности между грозовыми облаками, однако они нестабильны и трудно прогнозируемы. Между Землёй и ионосферой течёт постоянный ток, дающий выходную мощность почти 400 МВт. Получаемая мощность генерируется солнечным излучением. Электрическая энергия, которая хранится и запасается в земной атмосфере, равна примерно 150 ГДж. Часть накопленной энергии и может быть взята для нужд ОТС во время полёта сквозь атмосферу [6].

Экваториальная полоса Земли во многих местах пересекается горными хребтами, выступающими на несколько километров над уровнем океана. Самые высокие препятствия на пути экваториальной стартовой эстакады ОТС – Восточно-Африканское нагорье в Африке (г. Килиманджаро. Высота над уровнем моря – 3460 м) и Анды в Южной Америке (г. Чимборасо. Высота над уровнем моря – 4691 м) [7].

Следовательно, экваториальной стартовой эстакаде и, соответственно, размещённому на ней в предстартовом состоянии ОТС необходимо обеспечить синусоидальный экваториальный профиль движения ленточных маховиков с большими радиусами кривизны, ориентировочно 1000–2000 км, независимо от того, выпуклая эта кривая или вогнутая. В противном случае высокие центробежные ускорения существенно увеличат стартовую нагрузку на магнитную систему левитации того ленточного маховика, который движется со скоростью около 10 км/с. При проектировании профиля экваториальной взлётно-посадочной эстакады в обязательном порядке важно предусмотреть переходные кривые между выпуклыми и вогнутыми кривыми с очень плавным изменением кривизны, а также с переходом радиуса через значение «бесконечность» (через прямой участок), чтобы исключить ударные нагрузки и резонансные явления в линейных элементах ОТС.

Следует проработать вариант конструкции ОТС и взлётно-посадочной экваториальной эстакады с механизмом «швартовых», которые позволят обеспечить жёсткое управление движением ОТС на отрезке времени от момента своего нахождения на ложементе взлётно-посадочной экваториальной эстакады и до начала отрыва (или касания при обратной посадке) своим корпусом самой выступающей части экваториальной эстакады. После этого корпус ОТС через определённое время приобретёт идеально округлую форму, «отшвартуется» и отправится уже в свободный полёт. Важно, чтобы процесс перехода синусоидальной формы линейного летательного аппарата в прямолинейную (точнее, в круг большого диаметра, превышающий размер планеты) не сопровождался значительными поперечными ускорениями, продольными и поперечными динамическими колебаниями, тем более резонансными явлениями.



В заключение необходимо отметить, что ОТС (в отличие от поезда на магнитной подушке) является летательным аппаратом. Причём самонесущим, опирающимся на самого себя, а не на воздух, как самолёт, или реактивную струю, выбрасываемую в окружающую среду, как ракета. Именно поэтому для ОТС, как и для любого летательного аппарата, критически важными считаются условия минимального собственного веса и высочайшей надёжности всей конструкции, а также каждой из его функциональных систем в отдельности.

Выводы

Все выявленные авторами специфические особенности конструкции ОТС требуют самых тщательных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). При этом поиск новых специфических особенностей конструкции и их конструкторско-технологическую проработку необходимо вести на постоянной основе.

Учитывая уникальность разрабатываемой астроинженерной технологии и труднооценимый уровень ответственности за принимаемые конструкторско-технологические решения, особое значение приобретают опытно-экспериментальные работы с созданием уже на начальных фазах

НИОКР малых прототипов ОТС. Вместе с тем проработанность конструкции и надёжность функционирования прототипов ОТС должны соответствовать уровню, присущему серийно выпускаемой продукции. Для этого предлагается параллельно НИОКР реализовать инвестиционный проект производства кинетических накопителей энергии с линейными маховиками различных диаметров. Сначала важно освоить накопители диаметрами в десятки и сотни метров, затем – километры и десятки километров, с тем чтобы, отработывая конструкцию и увеличивая её надёжность, постепенно наращивать рабочие скорости вращения линейных маховиков до значений первой космической скорости.

В настоящее же время быстрорастущий рынок кинетических накопителей представлен только небольшими системами с маховиками, вращающимися на оси, которые в силу своей малой энергоёмкости способны обеспечить лишь выравнивание перепадов сетевого напряжения, а также краткосрочное резервное электропитание. Кинетические накопители с ленточными маховиками по типу ОТС позволяют создавать кинетические накопители больших энергий, а значит, смогут выравнивать суточные перепады энергопотребления и гарантировать рост нетто мощностей действующих энергосистем отдельных регионов и даже стран.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.
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. Поезда на магнитной подушке – транспорт, способный изменить мир [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/>. – Дата доступа: 22.08.2020.
4. Электродвигатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor/>. – Дата доступа: 22.08.2020.
5. Программа «ЭкоМир» [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://ecospace.org/images/programm.pdf>. – Дата доступа: 11.09.2020.
6. Хрусталёв, Е. Атмосферное электричество // Энергетика и промышленность России. – 2017. – 1-15 мая, № 09 [317]. – С. 38.
7. Google Earth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earth.google.com>. – Дата доступа: 14.07.2020.



Использование водорода в космосе: прошлое, настоящее, будущее

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Василевич В.В.

*Беларусь, г. Минск,
управление перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»*

Лукша В.Л.

*Беларусь, г. Минск,
энерготехнологическое бюро
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 538.913



Привлекательность водорода как универсального энергоносителя определяется экологической чистотой, гибкостью и эффективностью процессов преобразования энергии с его участием. Технологии разномасштабного производства водорода достаточно хорошо освоены и имеют практически неограниченную сырьевую базу. Однако низкая плотность газообразного водорода, низкая температура его ожижения, а также высокая взрывоопасность в сочетании с негативным воздействием на свойства конструкционных материалов ставят на первый план проблемы разработки эффективных и безопасных систем хранения водорода, а технология использования и устройство систем преобразования внутренней энергии водорода в электрическую отходят на второй. Описаны следующие физические методы хранения водорода: в газообразном состоянии под давлением; в жидком состоянии; в виде гидридов; в микросферах; в капиллярных структурах. Рассмотрен вопрос актуальности потребления водородной энергии применительно к общепланетарному транспортному средству (ОТС); представлены основные свойства водорода.

Ключевые слова:

водород, гидрид, микросфера, топливо, хладагент, хранение водорода, энергия.



H₂

Hydrogen
ENERGY
Fuel cell

Hydrogen
ENERGY
Fuel cell

H₂

H₂

H₂

H₂

H₂

Hydrogen
ENERGY
Fuel cell

Hydrogen
ENERGY
Fuel cell

Hydrogen
ENERGY
Fuel cell

Введение

Общепланетарное транспортное средство (ОТС) инженера А.Э. Юницкого – геокосмическая транспортно-инфраструктурная система многоразового использования для безракетного освоения ближнего космоса с целью создания и функционирования околоземной космической индустрии. Уже первый запуск ОТС позволит сформировать базовый транспортно-инфраструктурный и энергоинформационный комплекс как фундамент для основания на заданной высоте космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита») [1].

ОТС обеспечит доставку людей и грузов с Земли к модулям КИО «Орбита». С КИО «Орбита» космические аппараты смогут стартовать к объектам Солнечной системы, например на Луну и Марс. Самым затратным этапом в освоении космического пространства является выведение грузов на околоземную орбиту. ОТС способно решить данную проблему с минимальными энергозатратами. Один рейс ОТС заменит миллион запусков тяжёлых ракет типа американских «Спейс шаттлов» [1].

При создании математической модели общепланетарного транспортного средства [2] рассматривались необходимые параметры ОТС общепланетного масштаба: функция скорости; силы, действующие на ОТС при взлёте; затраты электроэнергии на разгон ротора на Земле. Для стабильного полёта и фиксации на заданной орбите

применялись различные методики и варианты. Наиболее оптимальным с точки зрения исполнимости и энергоэффективности стал вариант с последовательным преобразованием кинетической энергии первого маховика в энергию второго.

Энергия, полученная в результате рекуперативного торможения ленточного маховика № 1, будет идти на разгон ленточного маховика № 2 в обратном направлении, однако её недостаточно для стабилизации полёта из-за потерь энергии в системе рекуперации. Дополнительное количество энергии может быть выработано благодаря сжиганию на борту ОТС водорода (как наиболее энергоёмкого носителя) в топливных элементах. В процессе преобразования линейными двигателями кинетической энергии ленточного маховика № 1 в электрическую, а также во время обратного преобразования электрической энергии в кинетическую ленточного маховика № 2 система понесёт потери в количестве 1,148 ГДж на каждый метр длины ОТС [2]. Удельная теплота сгорания водорода – примерно 140 МДж/кг. Если принимать КПД водородного топливного элемента около 50 %, то на каждый метр длины ОТС потребуется сжечь 16,4 кг водорода, на что понадобится расходовать 131,2 кг кислорода. Они входят в состав балласта, который будет загружен в грузовые отсеки ОТС.

Для обеспечения ОТС необходимым количеством водорода важно решить задачу хранения данного элемента, его использования и получения.



В статье представлен обзор различных систем хранения водорода (в том числе перспективных), проводится их сравнение по состоянию на сегодняшний день и оценивается возможность задействования на ОТС и КИО «Орбита». Рассматриваются также вопросы применения водорода на борту ОТС и в модулях КИО «Орбита», заправки космических транспортных средств, получения водорода в космосе и транспортировки его на Землю в качестве экологически чистого источника энергии.

Хранение водорода на борту ОТС и в модулях КИО «Орбита»

Системы хранения водорода имеют отличительные особенности, связанные с тем, что водород при нормальных условиях характеризуется очень низкой плотностью (0,0898 кг/м³) и, соответственно, занимает большой объём. Для того чтобы увеличить плотность и уменьшить заполняемый объём, водород сжижают, понижая температуру до криогенных значений, повышают давление, используют гидриды, многие из которых активны на воздухе или в присутствии воды. К системам хранения предъявляются высокие требования по обеспечению надёжности и безопасности.

Для ОТС перспективными могут быть системы хранения водорода: в газообразном виде в резервуарах высокого

давления; в жидком состоянии; в виде гидридов; в микросферах; в криогенных сосудах; в капиллярных структурах.

Свойства систем хранения водорода определяют следующие параметры: объёмная плотность (кг/м³) – отношение массы водорода к его объёму; гравиметрическая плотность (масс. %) – процент массы водорода к массе системы хранения; рабочее давление (МПа); рабочая температура (°С); безопасность хранения.

Хранение газообразного водорода под давлением

Технология хранения водорода под давлением используется давно, и она хорошо отработана. Плюс данной технологии – отсутствие энергетических затрат на отбор газа.

При атмосферном давлении и комнатной температуре килограмм водорода в свободном состоянии занимает 11,12 м³. Для уменьшения объёма водород должен быть сжат. В соответствии с уравнением состояния идеального газа (1), чем больше давление газа, тем меньше занимаемый им объём:

$$PV = nRT, \quad (1)$$

где P – давление водорода;
 V – объём водорода;
 n – количество водорода (моль);
 T – температура;
 R – газовая постоянная.

Хранение газообразного водорода во многом подобно хранению природного газа. В случае с водородом специальные требования предъявляются к используемым материалам: они должны быть в малой степени подвержены охрупчиванию под воздействием водорода. В одном обычном стальном баллоне объёмом 40 л, заполненном водородом под давлением 15 МПа, содержится всего 540 г водорода. Плотность упаковки равна 13,31 кг/м³. Применение специальных баллонов позволяет увеличить данное значение. Изменение давления до 40 МПа повышает содержание водорода в 40-литровом баллоне до 1440 г. Созданы системы хранения водорода в титановых баллонах, работающих при таком давлении [3].

Самые лучшие характеристики имеют композитные баллоны, состоящие из внутреннего герметизирующего слоя плотного полимера с обмоткой из углеродного волокна, поверх которой размещается слой стеклоткани, пропитанной эпоксидной смолой. Из композитных материалов, упрочнённых углеродными волокнами, разработаны резервуары, выдерживающие до 70 МПа (62,1 кг/м³). Срок службы подобных баллонов достигает 15 лет.



Хранение жидкого водорода

Преимущество хранения жидкого водорода в отличие от газообразного – большая объёмная плотность (70,811 кг/м³). Однако к материалам предъявляются жёсткие требования по холодостойкости (-253 °С), также необходима эффективная изоляция, постоянное охлаждение. Перед заполнением жидким водородом сосуды важно предварительно охладить, что приводит к существенному расходу водорода. Ещё одна проблема – потери на испарение. Испаряющийся водород должен использоваться в топливных элементах или собираться в металлическом гидриде.

Ожижение водорода – энергоёмкий процесс. Резервуары для хранения жидкого водорода более сложные по сравнению с сосудах, предназначенными для хранения других криогенных жидких веществ. Система должна быть оснащена предохранительными клапанами, а резервуары – специальными устройствами загрузки и выгрузки жидкого водорода. Повышенные требования предписываются к системам теплоизоляции. Полностью избежать потерь на испарение не удастся, какой бы ни была оптимальной теплоизоляция.

Хранение водорода в жидком виде на борту ОТС и в модулях КИО «Орбита» имеет особенность, связанную с возможностью обеспечить низкие температуры, используя холод конструкций, расположенных на теневой стороне космических объектов.

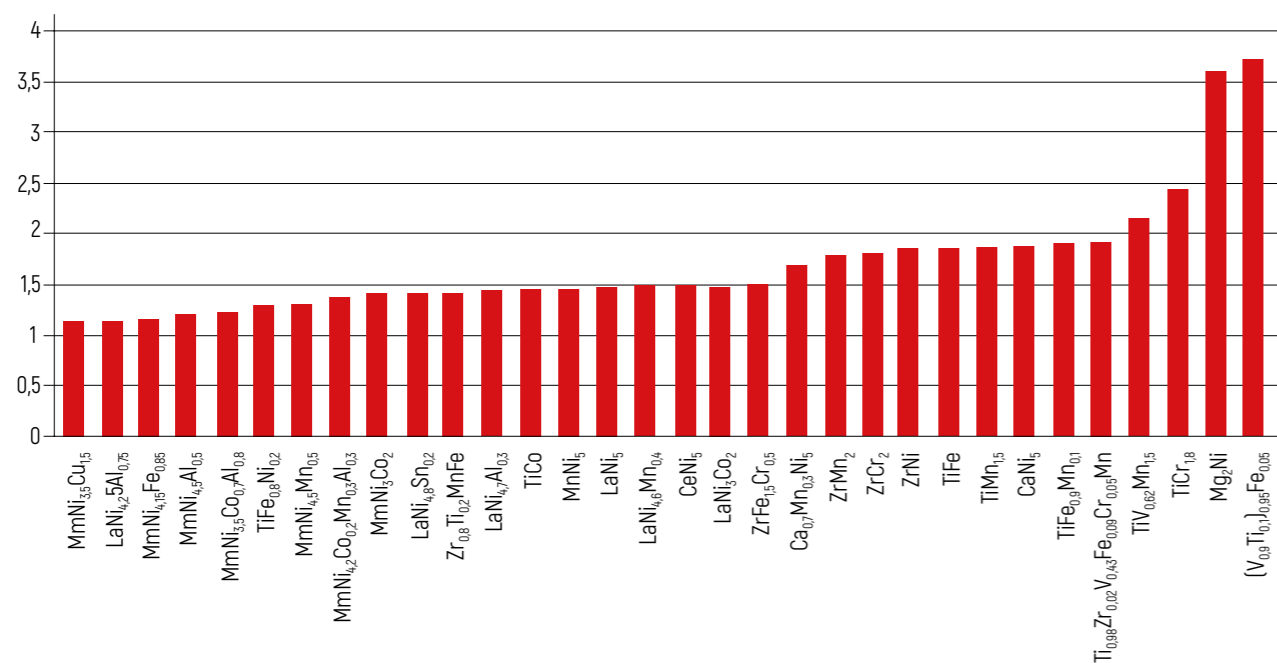


Рисунок 1 – Водородная ёмкость гидридов интерметаллидов (масс. % H₂) [4]

Хранение водорода в виде гидридов

Гидриды – соединения водорода с металлами и интерметаллидами (интерметаллическими соединениями). Хранение водорода в гидридной форме обладает положительными моментами, в частности нет необходимости создавать ёмкости, имеющие сложную технологию изготовления и работающие под высоким давлением или при низких криогенных температурах.

При выборе систем хранения водорода на базе гидридов нужно обратить внимание на следующие характеристики: температуру диссоциации (20 °С), давление диссоциации, теплоотдачу при образовании гидрида, обратимость процессов сорбции/десорбции, быстроту процессов гидрирования/дегидрирования, цикличность, стоимость, наличие инфраструктуры для заправки, безопасность в период эксплуатации. Исследования и разработки ведутся с несколькими типами гидридов [4]:

- простые (бинарные) гидриды металлов, например гидрид магния MgH₂. Исследовать его начали около 40 лет назад. Отличается высокой объёмной (109 кг H₂/м³) и массовой (7,6 масс. % H₂) плотностью;
- гидриды интерметаллических соединений, например Ti₂Ni, LaNi₅, CeNi₄Zr. Интерметаллид – химическое соединение из двух или более металлов (рисунок 1);
- комплексные гидриды лёгких металлов. К ним относятся алюмогидриды (LiAlH₄), борогидриды (Mg(BH₄)₂),

гидриды на базе амидов металлов (неорганические соединения, содержащие ионы NH₂, являются производными аммиака, у которого атом водорода замещён на атом металла, например LiNH₂).

На рисунке 2 представлены показатели хранения водорода в различных гидридах. Приведена объёмная и гравиметрическая плотность. Для сравнения даны показатели для жидкого и газообразного водорода под давлением, хранения энергии в Li-ion батареях.

Гидриды имеют лучшие параметры по гравиметрической и объёмной плотности водорода, а также превышают показатели для жидкого и газообразного водорода под давлением (рисунок 2). В частности, содержание H₂ в KBH₄ составляет 83 кг/м³ и 7,4 масс. %; в NaBH₄ – 112 кг/м³ и 10,5 масс. %; в NH₃BH₃ – 145 кг/м³ и 19,5 масс. %.

Более высокая гравиметрическая и объёмная плотность водорода позволяет уменьшить объём и массу систем хранения. Отсутствуют требования к системам, работающим под давлением или при низких криогенных температурах. Нет затрат на сжижение и сжатие водорода.

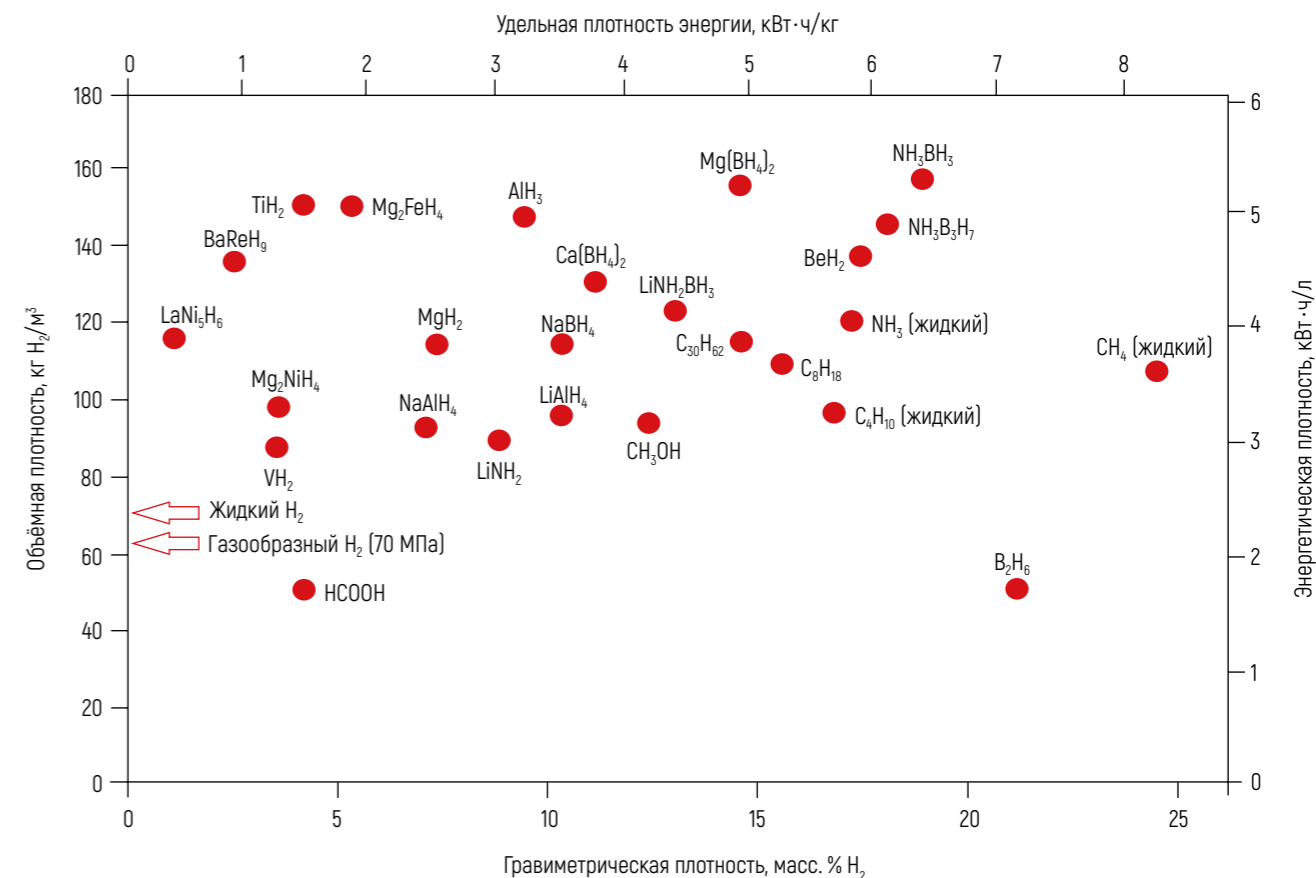


Рисунок 2 – Объёмная и гравиметрическая плотность систем хранения водорода [4]



Использование гидридов менее опасно. Разрушение баллона высокого давления несёт гораздо большую угрозу, чем повреждение сосуда с гидридом водорода.

Абсорбционные свойства интерметаллидов приведены в таблице 1.

Для гидридов характерно протекание процессов спонтанного гидролиза/окисления на воздухе, а для наиболее активных – самовоспламенение. Недостатком многих гидридов является возможность образования токсичных соединений, например борводородов из боргидридов. Такие гидриды нежелательно использовать в системах хранения водорода.

Извлекать водород из гидридов можно двумя методами: гидролизом, при котором происходит разложение гидрида и образуются новые соединения; диссоциацией – разделением молекулярных комплексов на несколько молекулярных элементов.

С помощью гидролиза получается больше водорода из гидрида, однако этот процесс необратим [5].

Хранение водорода в инкапсулированном состоянии в микросферах

Разрабатывается способ хранения водорода в стеклянных микросферах. Диаметр микросферы составляет 5–200 мкм. Стенки этих ёмкостей содержат множество пор поперечником от 10 до 1000 ангстрем, толщина стенок – 0,5–5 мкм. Микросферы под давлением и при температуре 200–400 °С заполняются водородом, который диффундирует через стенки сосуда, а после охлаждения остаётся там под давлением. При нагревании микросфер до 200–400 °С происходит выделение водорода из микросфер.

В системе хранения с применением микросфер гравиметрическая плотность водорода достигает 11–12 масс. %. Теоретически возможно давление водорода в микросферах



около 85–100 МПа. Потери водорода диффузией через стенки микросфер составляют 0,5 % в сутки. Ведутся разработки более прочных стеклянных микросфер с металлическим покрытием внешней поверхности диаметром 50–1000 мкм и толщиной стенки 0,6–7 мкм. Такое покрытие снизит диффузионные потери водорода в десятки раз.

Методы хранения водорода в инкапсулированном состоянии находятся на начальной стадии изучения. В экспериментах достигнуто значение 2,2 масс. %, давление до 10 МПа не приводит к разрушению микросфер.

Данный способ потенциально безопасный, водород может храниться при комнатной температуре достаточно длительное время. Недостатки метода – необходимость нагрева микросфер в режиме заправки и отбора водорода, что требует дополнительных энергозатрат.

Таблица 1 – Свойства абсорбции/десорбции водорода некоторыми интерметаллидами

Материал	$T_{абс}/T_{дес}$, °С	$P_{абс}/P_{дес}$, МПа	$t_{абс}/t_{дес}$, мин	Стабильность, циклы	Максимальная масса H ₂ , %
La _{0,9} Ce _{0,05} Nd	100	0,5–1/0,024	6,6/6,6	20	0,95
Zr(Cr _{0,8} Mo) ₂	120	3/0,1	6,6/6,6	40	0,99
Ml _{0,85} Ca _{0,15} Ni ₅	25	3/1	60/60	100	1,1
LaNi _{4,8} Sn _{0,2}	80	4/0,3–0,4	60/60	100	1,16
Ti _{0,9} Zr _{0,15} Mn _{1,6}	25	1/0,1	60/60	100	1,3
MmNi _{4,6} Al _{0,4}	25	3/2,5	4/5	11	1,3
Ti ₁ CrMn	23	3,3/0,1	1/5	1000	1,8
Ti _{43,5} V ₄₉ Fe _{7,5}	20/300	10/1	20/25	50	3,9

Хранение водорода в капиллярных структурах

Перспективной системой хранения водорода являются углеродные нанотрубки. Они могут накапливать водород в своей структуре и обладают высокой сорбционной способностью (таблица 2). Водород абсорбируется в углеродной структуре между углеродными нанотрубками. Однослойные углеродные нанотрубки, параллельно упакованные в треугольную решётку, наиболее приемлемы для создания систем хранения водорода. Расстояние между трубками составляет 0,337 нм. Такая упаковка нанотрубок образует значительное количество полостей в углеродной структуре и увеличивает сорбционные свойства материала. Размер появившихся полостей соизмерим с размером молекулы водорода.

Таблица 2 – Характеристики сорбции водорода углеродными нанотрубками [6]

Давление водорода, МПа	Температура, °С	Гравиметрическая плотность, масс. %
0,04	-140	5–10
0,1	26	6,5–7
5–10	-196... +27	3,5
7,18	-193	8,25
10–12	27	4,2

Для увеличения абсорбции создают высокое давление водорода, обеспечивающее проникновение его молекул в углеродную структуру.

Нагревание полученной углеродной структуры приводит к десорбции водорода. Важной задачей при разработке систем хранения на основе углеродных нанотрубок является повышение водород-углеродного соотношения [4].

Сравнение систем хранения водорода

В таблице 3 сведены параметры различных систем хранения водорода.

Таблица 3 – Параметры систем хранения водорода

Метод хранения водорода	Давление хранения, МПа	Температура хранения, °С	Объёмная плотность, кг/м ³	Гравиметрическая плотность, масс. %	Доступность технологии
Газообразный	70	0	62,1	7–9	Доступно
Жидкий	0,1	-253	70,81	7–12	Доступно
Гидрид LiBH ₄ + SiO ₂	5	20	145	19,5	В разработке
Микросферы	10,3	20	7–10	11–12	В разработке
Капилляры	0,2	20	8–21	5	В разработке

Анализ рассмотренных систем хранения показывает, что представленные методы имеют свои преимущества и недостатки. В сильно сжатом газообразном виде плотность упаковки является недостаточной, однако система хранения дешевле и загрузка/выгрузка не требует дополнительного оборудования. При хранении водорода в жидком виде плотность упаковки значительно выше, хотя стоимость и сложность оборудования для хранения, а также загрузки/выгрузки и испарения очень большая. В случае применения гидридов не возникает серьёзной опасности, однако системы хранения не поддерживают многократную перезагрузку водородом. Не разработан оптимальный способ хранения водорода, совмещающий в себе высокую плотность упаковки и безопасность, а также поддерживающий многократную перезаправку. Из доступных на сегодняшний день решений хранения водорода лучшими показателями для ОТС обладает система хранения водорода в жидком виде в криогенных сосудах.

Получение водорода в модулях КИО «Орбита»

Электролиз воды

Применение солнечных панелей на модулях КИО «Орбита» позволит иметь необходимый источник электрической энергии. Использование воды (в том числе морской) на борту ОТС с последующим её электролизом в модулях КИО «Орбита» сможет удовлетворить потребности астроинженерной транспортной системы в кислороде и водороде.

Для разложения воды достаточно тока, обеспечивающегося напряжением свыше 1,23 В. Чистая вода практически не проводит электрический ток, поэтому в неё добавляют гидроксид калия (KOH) или гидроксид натрия (NaOH) в качестве электролита.

Эффективность водородного генератора определяется отношением энергии, необходимой для получения килограмма водорода, к теплоте сгорания водорода 142 МДж/кг. Чем меньше данное отношение, тем выше КПД генератора.

Электролизёр со 100-процентной эффективностью будет потреблять 39,4 кВт·ч (142 МДж/кг) на получение килограмма водорода.

КПД обычного щелочного электролизёра – около 70 %. Электролизёры с протонообменной мембраной более эффективные, но и более дорогие (они используют платиновые катализаторы). При значительных объёмах производства водорода КПД электролизёра составляет 80–86 %.

Установка солнечных панелей в космосе для получения электрической энергии имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества: постоянное присутствие Солнца; более высокая плотность электромагнитного потока; отсутствие атмосферных помех; независимость от погоды. Недостатки: ускоренная деградация панелей (происходит под влиянием жёсткого радиационного излучения); необходимость многократного дублирования электрических сетей; повышенные требования к механической защите (серьёзные повреждения панелям способны нанести даже микрометеориты).

Электролиз морской воды характеризуется некоторыми сложностями. Атомы хлора (NaCl) создают серьёзную проблему при данном процессе, поскольку вызывают коррозию анода. Морскую воду можно очистить, однако это потребует дополнительной энергии.

Команда из Стэнфордского университета разработала конструкцию электродов, устойчивых к морской воде [7]. Особенность электродов, которые устойчивы к коррозии в ходе электролитического разложения воды, кроется в их структуре. Учёные сформировали на поверхности никеля губчатый слой, обработали его серой (никель при этом покрылся слоем сульфида никеля), а потом нанесли

покрытие из сплава никеля с железом. Полученные отрицательно заряженные сульфатные и карбонатные молекулы в слое катализатора отталкивают отрицательно заряженные атомы хлора и обеспечивают работу электрода без коррозии.

Испытания показали, что данная слоистая структура с микроскопическими порами внутри выдерживает воздействие агрессивных ионов хлора на протяжении тысячи часов и способна пропускать достаточно высокие токи. Этот приём позволяет получать водород путём электролиза солёной воды с такой же эффективностью, как и с помощью промышленного устройства, работающего на пресной воде.

Фотокаталитическое разложение воды

Одним из перспективных методов получения водорода из воды является фотокаталитическое разложение водно-метанольного раствора с применением полупроводниковых фотокатализаторов N-La/TiO₂ [3]. Подобный способ имеет высокую актуальность; разрабатываются и исследуются чувствительные к видимому свету фотокатализаторы как на молекулярном, так и нанометровом уровнях.

Метод будет особенно интересен для реализации в модулях КИО «Орбита». На орбите интенсивность солнечного света существенно выше, так как в атмосфере Земли достаточно большая часть света поглощается или отражается по пути к поверхности.

Практически все существующие фотокатализаторы не могут работать в неочищенной морской воде, они быстро приходят в негодность из-за высокой концентрации солей и наличия в воде материалов биологического происхождения.



Получение сжиженного водорода

Газообразный водород (даже в сильно сжатом состоянии) занимает значительный объём. С целью более плотной упаковки водорода следует его сжижать, для чего необходимо снизить температуру водорода до $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В условиях космоса целесообразно применять пассивные методы сжижения газов с минимальным использованием силовых динамических агрегатов. Для охлаждения водорода подойдёт холод конструкций, расположенных на теневой стороне модулей КИО «Орбита». С помощью листового алюминия нужно организовать затенение различных элементов криогенной установки не только от Солнца, но и от Земли, а также друг от друга (известно, что на поверхности космических объектов, находящихся в тени Земли, температура опускается до $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Дальнейшее охлаждение и получение жидкого водорода возможно в многоступенчатом холодильном цикле простого дросселирования с предварительным азотным охлаждением, адсорбционной низкотемпературной очисткой сжижаемого газа и двухступенчатой орто-пара-конверсией.

Водород тройной точки

Литр жидкого водорода весит всего 0,07 кг. При $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ его объёмная плотность составляет 70,811 кг/м³. Можно добиться более высокой объёмной плотности – перевести жидкий водород в состояние, граничащее с тройной точкой. Тройная точка – точка пересечения кривых фазового равновесия на плоской диаграмме состояния вещества, соответствующая устойчивому равновесию трёх фаз (твёрдое, жидкое и газообразное агрегатное состояние).



Условия тройной точки для равновесного водорода: температура $-259,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давление 7042 Па (0,0695 атм). При температурах несколько выше температуры тройной точки возможно получение смеси твёрдого водорода с жидким. Данная смесь представляет собой суспензию, которая называется шугообразным водородом. Водород в таком состоянии имеет максимальную объёмную плотность, на 15 % выше плотности жидкого водорода – 81,6 кг/м³.

Использование водорода и кислорода на борту ОТС и в модулях КИО «Орбита»

Водород может являться источником энергии на борту ОТС при выходе на орбиту, а также для систем стабилизации орбиты ОТС и модулей КИО «Орбита».

Перед стартом ОТС специальные криогенные баки заправляются жидкими водородом и кислородом. Проходя по системе охлаждения магнитных систем двигателей, H₂ и O₂ переходят в газообразную форму. Затем они подаются в низкотемпературные топливные элементы, где генерируется электроэнергия для питания разгонных линейных двигателей. При КПД топливных элементов порядка 50 % один килограмм водорода позволяет вырабатывать около 71 МДж (19,7 кВт·ч) энергии. В результате работы топливных элементов синтезируется вода.

После выхода на околоземную орбиту вода может быть использована для нужд космического ожерелья или разложена на H₂ и O₂ с помощью электролиза или фотокаталитического способа. Возможно применение кислорода в системах жизнеобеспечения ОТС и модулей КИО «Орбита». Полученные в результате электролиза

кислород и водород сжижаются и поступают в криогенные баки.

В дальнейшем жидкие водород и кислород подойдут для выработки энергии в топливных элементах при спуске ОТС с орбиты. Имеющие криогенные температуры, они также могут расходоваться в качестве высокоэффективного хладагента в системах ОТС и модулей КИО «Орбита».

Произведённые на борту модулей КИО «Орбита» жидкие водород и кислород можно транспортировать на Землю на борту ОТС и использовать для выработки экологически чистой энергии (например, в топливных элементах).

Применение водорода для заправки космических транспортных средств

На преодоление гравитации небесных тел и разгон космических транспортных средств до космических скоростей требуется значительное количество энергии и расходование рабочего тела. Космический аппарат должен иметь на борту запас рабочего тела, отбрасывание которого меняет импульс транспортного средства.

Двухкомпонентное топливо – жидкие водород и кислород – обеспечит космическое транспортное средство энергией и рабочим телом для движения в космическом пространстве. Оба элемента можно получить в процессе электролиза воды, используя энергию Солнца. Вывод на околоземную орбиту узлов и материалов, предназначенных для сборки космического аппарата, осуществляется при помощи ОТС. Последующая сборка выполняется на борту КИО «Орбита», которое должно быть оборудовано орбитальными заправочными комплексами для снабжения водородом и кислородом космических транспортных средств.

Двухкомпонентное топливо водород-кислород втрое легче смеси керосина с кислородом, что делает его более приемлемым в свете борьбы за снижение массы космического аппарата, будь то пилотируемый корабль или спутник. Смесь водорода с кислородом, применяемая при старте с околоземной орбиты, значительно эффективнее по сравнению с другими парами «топливо – окислитель».

Выводы и дальнейшие направления исследования

В статье рассмотрены различные системы хранения водорода, в том числе перспективные; представлены вопросы получения и использования водорода на борту ОТС и в модулях КИО «Орбита».

Наиболее оптимальным на сегодняшний день способом хранения водорода на ОТС и КИО «Орбита» является хранение в жидком виде при криогенных температурах. Данное решение обеспечит низкие температуры с помощью холода конструкций, расположенных на теневой стороне космических объектов.

Применение водорода позволит решить проблемы компенсации потерь энергии в ОТС в процессе выхода на орбиту и при его спуске на Землю если и не полностью, то хотя бы частично. При этом должны быть найдены более эффективные методы хранения жидких водорода и кислорода, потому что в рассмотренных примерах их общая масса совместно с системами хранения и сжигания превысит грузоподъёмность ОТС (250 кг на погонный метр его длины). С таким дополнительным грузом гигантский летательный аппарат просто не взлетит с планеты. Действенным средством снижения стартовой массы ОТС станет уменьшение потребности в дополнительной электрической энергии на борту и, соответственно, в загружаемой массе H_2 и O_2 . Подобного результата можно добиться путём максимального повышения КПД линейных электродвигателей маховиков при использовании эффекта сверхпроводимости, а также благодаря оптимизации режимов выхода ОТС на орбиту, чтобы поднять его общий КПД, например, до 99 %.



Жидкие водород и кислород, имеющие криогенные температуры, могут дополнительно задействоваться как высокоэффективный хладагент в системах ОТС и модулей КИО «Орбита» для отвода избытка тепла (к примеру, от линейных электродвигателей).

Водород применим и в качестве рабочего тела при корректировке орбиты ОТС и модулей КИО «Орбита». Возможно получение H_2 и O_2 в модулях КИО «Орбита» посредством электролиза, источником необходимой энергии послужат солнечные панели. Добытый в модулях КИО «Орбита» кислород пойдёт на обеспечение жизнедеятельности космических объектов, а водород будет транспортироваться на Землю для выработки экологически чистой энергии.

Водород может быть частью двухкомпонентного топлива. Жидкие водород и кислород снабдят космические транспортные средства энергией и рабочим телом для движения в космическом пространстве.

Для решения вопроса получения и использования водорода на космических объектах необходимо в дальнейшем оценить потребность в водороде и кислороде для нужд ОТС, КИО «Орбита», космических транспортных средств, а также определить эффективность работы электролизёров, которые будут функционировать на энергии от солнечных батарей, установленных на модулях 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. Создание математической модели общепланетарного транспортного средства: разгон маховиков, прохождение атмосферы, выход на орбиту / А.Э. Юницкий, Р.А. Шаршов, А.А. Абакумов // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 77–83.
3. Dubnova, L. Photocatalytic Decomposition of Methanol-Water Solution over N-La/TiO₂ Photocatalysts [Electronic resource] / L. Dubnova [et al.] // ScienceDirect. – 2018. – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433218331659>. – Date of access: 05.08.2020.
4. Фатеев, В.Н. Проблемы аккумуляции и хранения водорода / В.Н. Фатеев [и др.] // Chemical Problems. – 2018. – № 4 (16). – С. 453–483.
5. Khovavko, A. Carbonaceous Nanomaterials: Production and Application. R&D of Gas Institute of NAS of Ukraine [Electronic resource] / A. Khovavko // ResearchGate. – 2018. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/328097329_Carbonaceous_nanomaterials_production_and_application_RD_of_gas_institute_of_NAS_of_Ukraine. – Date of access: 05.08.2020.
6. Lamari Darkrim, F. Review of Hydrogen Storage by Adsorption in Carbon Nanotubes [Electronic resource] / F. Lamari Darkrim, P. Malbrunot, G.P. Tartaglia // ScienceDirect. – 2002. – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319901001033>. – Date of access: 05.08.2020.
7. Yu, L. Non-Noble Metal-Nitride Based Electrocatalysts for High-Performance Alkaline Seawater Electrolysis [Electronic resource] / L. Yu [et al.] // Nature Communications. – 2019. – Mode of access: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-13092-7>. – Date of access: 05.08.2020.



Влияние понижения атмосферного давления внутри жилых космических объектов

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Зяц В.С.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

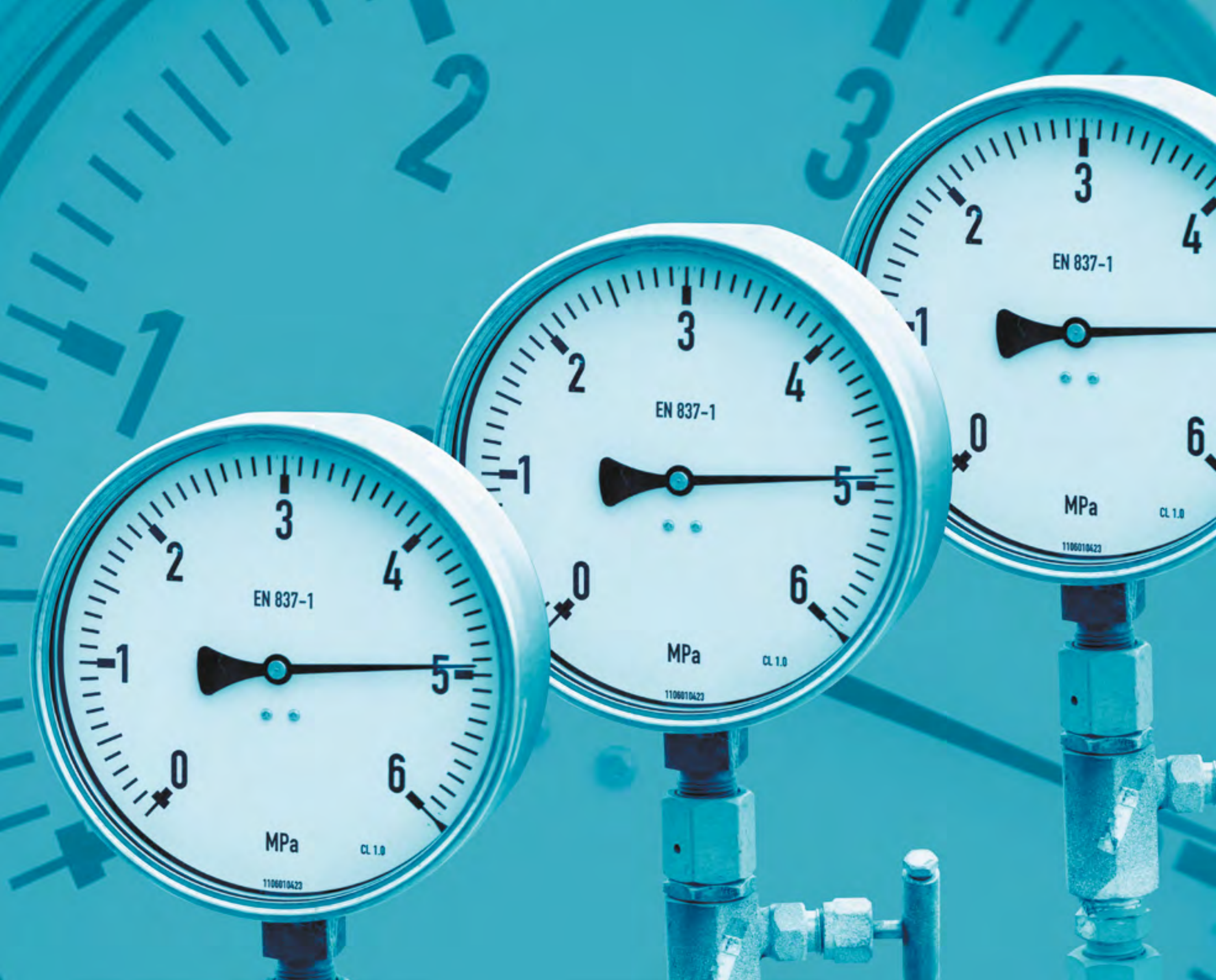
УДК 629.78



Один из главных вопросов при создании обитаемых космических объектов – уменьшение веса и, соответственно, стоимости несущих конструкций. Возможным решением данной задачи является снижение внутреннего атмосферного давления. В настоящей статье рассматривается влияние пониженного давления на капитальные затраты космического дома, а также на состояние здоровья человека и других организмов (имеется ввиду риск возникновения гипоксии). Изучаются методы профилактики гипоксии (за счёт искусственного повышения объёма кислорода и оптимизации содержания других газов в воздушной среде ЭкоКосмоДома) и исключения риска самовозгорания.

Ключевые слова:

гипоксия, физиология человека и животных, пониженное давление, состав атмосферы, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

В последние десятилетия ведётся активная научная работа по освоению космоса [1]. При проектировании и создании обитаемых объектов, особенно космического поселения, возникает множество сложных вопросов на стыке различных научных дисциплин. Важной задачей является минимизация материалоёмкости и, соответственно, стоимости при обеспечении достойных условий экомфортного обитания. Одно из возможных решений – снижение атмосферного давления внутри космического объекта. В данном случае учитываются прямые зависимости прочностных параметров оболочки от удерживаемого внутри неё давления. Например, снижение в два раза атмосферного давления уменьшит вдвое нагрузку на несущую оболочку ЭКД – с 10 т/м² до 5 т/м² [2]. В свою очередь это позволит сократить материалоёмкость космического сооружения и, как следствие, поможет сэкономить миллиарды долларов, предназначенных при ином раскладе на выпуск и доставку на орбиту высокопрочных материалов, а также на проведение строительно-монтажных работ в космосе [2].

Вместе с тем следует учитывать, что при пониженном атмосферном давлении у живых организмов проявляются нарушения в работе целого ряда систем. У человека и животных возникает гипоксия, усиливается частота дыхания и обнаруживаются сопутствующие данному состоянию физиологические изменения [3, 4]. На рост растений, наоборот, пониженное давление оказывает положительное воздействие [5, 6]. В случае если человек и животные длительное время находятся в условиях пониженного давления, негативные факторы могут быть частично компенсированы посредством приспособления самого организма. Кроме того, комфорт пребывания возможно обеспечить повышенным содержанием кислорода. Однако подобное технологическое решение ограничит использование горючих материалов и предъявит к ним особые требования (например, к древесине).

Цель данной статьи – изучение последствий пониженного давления для живых существ и конструкций сооружений, а также изыскание путей увеличения содержания кислорода в атмосфере космического дома.

В соответствии с вышесказанным перед авторами были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть максимально возможное понижение давления в автономной биосфере ЭКД как варианта космического поселения на орбите Земли [2] без существенного ухудшения нормальной жизнедеятельности человека и всех живых организмов;

- изучить влияние повышения содержания кислорода в атмосфере на самовозгорание материалов;
- определить необходимое процентное соотношение остальных газовых составляющих атмосферы при пониженном давлении (аргона, азота, углекислого газа и др.);
- исследовать воздействие на организмы одновременного изменения указанных параметров (понижения давления, увеличения концентрации кислорода и т. д.);
- проработать возможности ускорения приспособления организмов к выбранным условиям;
- просчитать влияние понижения давления на несущие конструкции ЭКД.

В данной статье раскрыты особенности жизнедеятельности живых организмов в условиях гипобарии и гипоксии. Отражены возможные решения состояний, возникших у обитателей космических объектов при снижении атмосферного давления. Дана оценка использования гипобарии (с учётом проанализированных побочных эффектов). Предложены варианты устранения описываемых проблем.

В ходе изучения научной литературы и выполнения соответствующих расчётов рассмотрены положительные и отрицательные результаты понижения атмосферного давления (с учётом требований жизнеобеспечения человека и затрат на реализацию).

Влияние пониженного давления на состояние живых организмов

При проектировании космического объекта главными критериями при выборе материалов, необходимых для его строительства, и особенно наружной части, являются их низкая удельная стоимость и высокая удельная прочность [1]. В случае габаритных обитаемых космических сооружений, отличающихся высокой материалоёмкостью и существенной стоимостью, экономия приобретает особо важное значение [7, 8]. Для решения данной задачи на примере ЭКД рассматривается вариант пониженного в два раза давления внутри этой конструкции.

Нормальное атмосферное давление на планете Земля, при котором человек комфортно себя чувствует и его организму не причиняется ущерб, составляет 1 атм, или 101 кПа. Усреднённый газовый состав воздушной среды планеты Земля приведён в таблице [9].

При понижении атмосферного давления происходит уменьшение парциального давления необходимого для дыхания кислорода, что отражено в уравнении (1) [10]. В связи с особенностями физиологии человека это, в свою

Таблица – Химический состав воздуха у поверхности Земли

Газ	Объёмная концентрация, %	Парциальное давление, кПа
Азот	78,1	79,1
Кислород	20,9	21,2
Аргон	0,934	0,946
Углекислый газ	0,0314	0,032
Неон	0,00182	0,00184
Гелий	0,000524	0,000531
Метан	0,0002	0,000203
Криптон	0,000114	0,000116
Водород	0,00005	0,000051
Оксид азота (I)	0,00005	0,000051
Ксенон	0,0000087	0,000009

очередь, является главной составляющей протекания нормального газообмена в альвеолах лёгких:

$$p_i = \frac{p_a n}{100}, \quad (1)$$

где p_i – парциальное давление газа, кПа;

n – содержание газа, объёмный %;

p_a – атмосферное давление, кПа.

Газы, находящиеся в полых органах, при быстром уменьшении барометрического давления начинают резко расширяться [11]. В жидких средах организма они образуют пузырьки различного размера, которые постепенно сдавливают нервные окончания тканей и вызывают болевые ощущения, обычно наиболее ярко ощутимые в мышцах и суставах. В результате скопления свободного газа внутри и вокруг кровеносных сосудов иногда могут возникать сбои в кровоснабжении почти всех участков тела [3].

При появлении более серьёзной гипоксии нарушается работа сердца: наблюдаются тахикардия и пульсация артерий (сонной, височной), происходит изменение электрокардиограммы [11]. Кроме того, начинаются серьёзные проблемы с моторной и секреторной функциями желудочно-кишечного тракта, изменяется периферический состав крови. Основной причиной описанных симптомов является недостаток парциального давления кислорода в лёгочных альвеолах [12].

Несмотря на опасность резкого снижения давления, в постоянно низком давлении (до 47,5 кПа) человек может

существовать и поддерживать активную жизнедеятельность [13]. Примером может служить проживание людей в высокогорных районах со значительно пониженным атмосферным давлением и соответствующим этому давлению парциальным давлением кислорода. Нормальное функционирование организмов в таких условиях возможно благодаря адаптации.

Таким образом, для оценки допустимости жизни и работы человека при низком давлении необходимо изучить механизмы адаптации организма. Главные признаки приспособления – увеличение количества гемоглобина и, соответственно, эритроцитов в крови [14]. Количество эритроцитов растёт из-за того, что начинает усиливаться процесс кроветворения, в крови наблюдается большое количество ретикулоцитов (молодые, незрелые эритроциты). При нахождении человека в условиях низкого давления у него активируется гипервентиляция, вследствие такого усиления возникают газовый алкалоз и гипокапния, но благодаря акклиматизации проявляются изменения в кислотно-щелочном равновесии, а именно: смещение реакции среды в кислую сторону. Объём вдыхаемого воздуха увеличивается [13].

В течение нескольких недель после помещения в гипобарическую среду вентиляция лёгких обычно усиливается. Данный процесс происходит в организме в силу того, что почки компенсируют сильный алкалоз путём выделения ионов бикарбоната (HCO_3^-), что приводит к увеличению содержания в крови H^+ [13]. Кроме того, в организме наблюдаются следующие явления: pH цереброспинальной жидкости, которая окружает центр дыхательного контроля в костном мозге, возвращается к нормальному уровню, несмотря на устойчивый алкалоз сыворотки; повышается чувствительность каротидного гломуса к гипоксии; усиливается ответная реакция центра дыхательного контроля на содержание CO_2 [11, 14].

Ввиду того, что содержание кислорода в крови начало возрастать из-за работы адаптационных механизмов, органы и ткани (главным образом мышечная) постепенно нормализуют свою работу [15].

Адаптацию можно приблизить различными способами: искусственно ускорить концентрацию количества эритроцитов путём инъекций в организм сыворотки животных, которые долгое время находились в атмосфере с пониженным атмосферным давлением; также можно вводить малые дозы мышьяка и железа. Рекомендуются принимать в пищу кислые продукты (например, фосфорнокислый аммоний, лимонную кислоту в сахарном сиропе) [16].

При снижении давления и повышении содержания кислорода возрастает риск воспламенения горючих материалов. Однако существуют научные данные об успешном

опыте насыщения атмосферы пилотируемого спутника кислородом до 60 % [1, 17, 18].

Таким образом, исходя из обзора научной литературы видно, что понижение давления в два раза позволяет снизить материалоемкость и стоимость космических обитаемых сооружений, однако этот процесс может вызвать дисфункцию экосистемы и входящих в неё живых организмов, включая человека, если не предпринять необходимых компенсационных мер, связанных с восстановлением необходимого парциального давления кислорода и иных параметров воздушной среды.

Способы компенсации негативного влияния пониженного давления на состояние живых организмов

При рассмотрении влияния пониженного давления на несущие конструкции космического дома следует учитывать диаметр объекта, а также материал, из которого они созданы. При диаметре цилиндрической части космического дома в 200 м уменьшение давления на 0,5 атм снизит общее усилие разрыва несущей конструкции на 157 000 тонн, 500 м – на 981 000 тонн. При использовании высокопрочных материалов, имеющих цену до 100 USD/kg (углепластик, кевлар и др.), массу несущей оболочки ЭКД диаметром 200 м можно сократить на 3500 тонн, 500 м – на 45 000 тонн. Экономия на затратах по доставке на орбиту высокопрочных материалов с помощью ракет-носителей (стоимость доставки порядка 10 млн USD/t) для космического дома диаметром 200 м составит 35 млрд USD, 500 м – 450 млрд USD, а с помощью, например, общепланетарного транспортного средства (ОТС) [2] – соответственно, 3,5 млн USD и 45 млн USD (при снижении стоимости транспортировки на орбиту до 1000 USD/t). Исходя из приведённых расчётов, понижение давления позволит уменьшить стоимость материалов и их доставки для строительства ЭКД. Однако в ЭКД будет присутствовать большое количество живых организмов, находящихся в зависимости от факторов окружающей среды. Значит, следует оценить влияние такого давления на человека, животных и растения.

При изменении соотношения газов в атмосферном воздухе космического объекта требуется учитывать четыре из них – азот, кислород, аргон, углекислый газ. Они имеют наибольшую массовую долю в газовой смеси и оказывают влияние на жизнедеятельность всех живых организмов экосистемы.

При уменьшении давления в два раза (до 50,7 кПа), соответственно, станет снижаться и парциальное давление

всех газов. Основное негативное влияние на организм человека и животных будет оказывать низкое парциальное давление кислорода и, как следствие, развитие симптомов, описанных в обзоре научной литературы. Для сохранения парциального давления кислорода, как и при нормальном атмосферном давлении, необходимо увеличить его объёмную долю до 41,9 % согласно уравнению [1].

Помимо кислорода в газовую среду должен входить углекислый газ в объёмной доле 0,063 %, исходя из уравнения [1]. Его парциальное давление должно быть таким же, как и при нормальных условиях на Земле, так как CO₂ влияет на дыхательный центр в мозге и участвует в акте дыхания.

Оставшиеся 58 % следует заполнить инертными или почти инертными (например, азот) газами [18]. Это нужно в связи с их лёгкостью и в условиях низкого давления неспособностью оказывать негативное влияние на живые организмы [18]. Наиболее приближенное к земным условиям – использование смеси аргона и азота. Содержание азота может быть уменьшено ввиду его неучастия в жизненно важных процессах в организме человека, животных и растений [14].

На адаптацию к пониженному давлению, начиная с 0,7 атм (530 мм рт. ст.), требуется от трёх дней. Во избежание негативных последствий, вызванных перепадом давления, разработаны методы перехода человека из нормальной атмосферы в атмосферу с избыточным содержанием кислорода и низким давлением [11, 15]. Механизм данных методов заключается в десатурации – удалении растворённого в крови и тканях азота: человеку необходимо несколько часов дышать чистым кислородом при нормальном давлении или можно очень медленно снижать общее давление [19].

На растения давление до 0,5 атм (380 мм рт. ст.) оказывает положительный эффект: исследования подтвердили, что при низком давлении сокращается интенсивность темного дыхания, что благоприятно для продукционного процесса [6, 20]. Рост побега и корня растений, выращенных в гипобарических условиях (50 кПа), превышает рост растений, находящихся в условиях нормального атмосферного давления [5].

У животных, использующих в качестве механизма оксигенации органов и тканей гемоглобин, потребность в кислороде такая же, как и у человека [7]. Низшие животные (членистоногие, моллюски и др.) находятся в меньшей зависимости от содержания кислорода, чем высшие [8]. Они потребляют кислород минимально в связи с примитивностью строения всех систем органов и частичным поглощением кислорода через кожные покровы.

Повышение концентрации кислорода до 40 % решает проблему гипоксии и возникающих вследствие этого нарушений сердечно-сосудистой и центральной нервной систем.

Однако появляется проблема самовозгорания материалов в такой атмосфере. При 23,5-процентной концентрации кислорода нет никаких рисков самовоспламенения горючих материалов [21]. При большем содержании, согласно рекомендациям по работе в замкнутых пространствах [21], происходит перенасыщение кислородом и создаётся высокая опасность воспламенения.

Например, в соответствии с требованиями обеспечения пожаробезопасности в воздушном пространстве корабля «Союз» [17] допускается содержание кислорода около 40 %. Опасность возгорания на космическом корабле представляют электронные приборы, кабели, различные технические устройства. При повышенной концентрации кислорода следует применять огнестойкие материалы, а если и разрешены горючие компоненты, то в небольших количествах после тщательного анализа. С помощью покрытий или пропиток горючие материалы изолируют от контакта с кислородом невоспламеняемыми и/или с низкой теплопроводностью продуктами, чтобы понизить температуру в случае возгорания [1]. Необходимо учесть, что в условиях ЭкоКосмоДома не удастся избежать их полного отсутствия или создать совершенную их изоляцию из-за наличия растительности, в том числе сухой. Решением данной задачи может стать разработка перечня разрешённых материалов и покрытий, а также правил эксплуатации.

Целесообразность использования пониженного давления в ЭкоКосмоДоме при оценке стоимости доставки его компонентов ракетами и ОТС

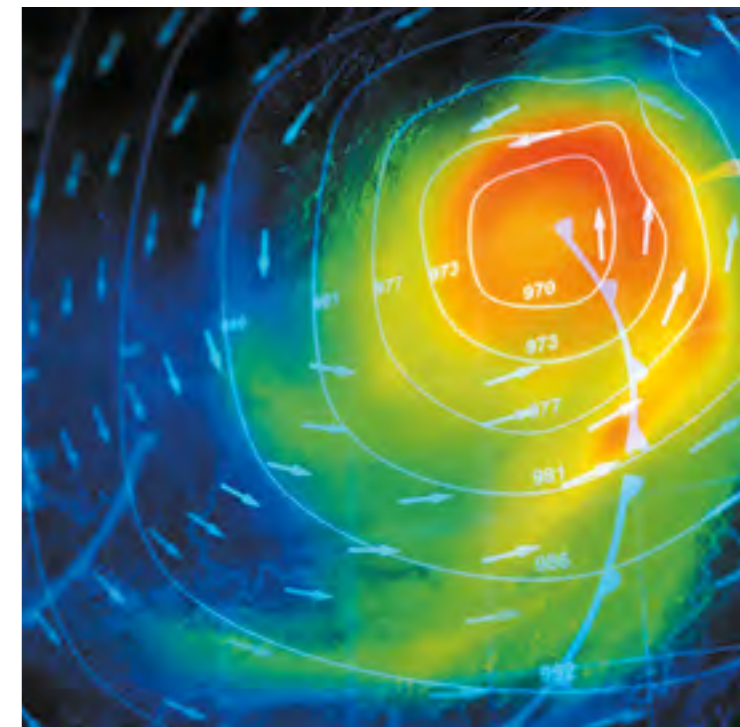
Общий вес ЭКД на поселение в 5000 человек оценивается в 400 000 тонн, в том числе:

- 7000 тонн – несущая оболочка;
- 90 000 тонн – противометеоритная и противорадиационная защита;
- 160 000 тонн – плодородная почва;
- 70 000 тонн – вода;
- 5000 тонн – воздух.

Таким образом, несущая оболочка является самой лёгкой частью ЭКД, её вес составляет около 1,75 %, поэтому даже двукратная экономия на материалоемкости несущей оболочки даст общую выгоду на уровне всего 0,875 %. Ещё 0,625 % веса (2500 тонн) уменьшит потребности в воздухе. Возникает вопрос: стоит ли ради такой незначительной прибыли создавать среду с пониженным давлением и повышенным содержанием кислорода, что увеличивает риск

возгорания и потребует выполнения целого ряда дополнительных противопожарных мер [2]? Если космическую индустрию будет формировать неракетный транспорт на основе «космического колеса», можно не экономить на снижении давления внутри космического дома и предусматривать на орбите условия по газовому составу атмосферы и давлению, идентичные земным. При комбинированной доставке, когда на первых этапах транспортировка на орбиту осуществляется ракетами-носителями, а затем основная масса грузов для ЭКД (радиационная и противометеоритная защита, плодородная почва, вода пресная и морская для водоемов, воздух, растения и животные и др., общей массой около 500 000 тонн на один дом) доставляется ОТС, то стоимость каждого космического дома может быть уменьшена на порядок и более не столько за счёт использования пониженного атмосферного давления, сколько благодаря эффективному транспортному решению по компонентам, доля которых очень существенна, но вес которых сократить невозможно.

Например, объём воздуха в цилиндрическом ЭКД внутренним диаметром 200 м (при внутренней длине около 500 м) – 15,7 млн м³, масса воздуха при обычных давлении и плотности будет равна 18 800 тонн, а при сниженном в два раза – 9400 тонн. Если эту массу транспортировать на орбиту с Земли ракетами, то стоимость доставки составит почти 190 млрд USD и 94 млрд USD соответственно,



а если ОТС – то 19 млрд USD и 9,4 млн USD соответственно. Объём воздуха в цилиндрическом ЭКД внутренним диаметром 500 м (при внутренней длине около 1000 м) – 196 млн м³; масса воздуха при нормальных показателях давления и плотности – 236 000 тонн, при сниженном – 118 000 тонн. Тогда стоимость доставки ракетами составит 2,36 трлн USD и 1,18 трлн USD соответственно, а если ОТС – то 236 млн USD и 118 млн USD соответственно.

Отличия физиологии человека, животных и растений обуславливают и различия в их приспособлении к низкому атмосферному давлению.

Для растений снижение давления оказывает положительный эффект на рост и развитие вегетативной массы. Однако не имеется исследований о влиянии гипобарии и повышения уровня кислорода на синтез алкалоидов, флавоноидов и других биологически активных веществ.

На человеке и животных (в связи с их активным газообменом с окружающей средой) сказывается любое изменение внешних условий. Именно поэтому гипобария и, как следствие, низкое парциальное давление кислорода негативно влияют на общее состояние организма, в частности на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы. Решение данной проблемы – увеличение содержания кислорода во вдыхаемом воздухе до 40 % и постепенная адаптация посредством десатурации.

Всё это требует значительных затрат. Значит, стоит оценить плюсы и минусы таких изменений, которые проявляются в уменьшении нагрузки на несущие конструкции ЭКД.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Если рассматривать влияние низкого давления на живые организмы, то человек и высшие животные находятся под наибольшим негативным воздействием в связи со сложной организацией газообмена между тканями и окружающей средой. Однако человек и животные могут быть постепенно адаптированы; при необходимости ускоренного приспособления возможно увеличение содержания кислорода в атмосфере.

Существующая вероятность спонтанного возгорания материалов при повышенной концентрации кислорода более 30 % – важный факт, требующий всестороннего рассмотрения, а также усиленного контроля, которого в условиях ЭКД добиться крайне сложно. Таким образом, нужно критично оценить целесообразность снижения давления и получаемые от этого выгоды.

Опираясь на расчёты настоящей статьи, можно заключить следующее. Если воздух для ЭКД доставлять



на орбиту с использованием ракет, то транспортная экономия на снижении давления для дома диаметром 200 м составит 95 млрд USD, для 500 м – 1,18 трлн USD. Выгода существенна. Если воздух доставлять на орбиту посредством ОТС, то экономия на транспортировке для малого дома – 9,5 млн USD, для большого дома – 118 млн USD. Прибыль будет незначительной (по сравнению со стоимостью укомплектованного ЭКД). Аналогичные выводы можно сделать относительно строительства ЭКД с помощью ОТС. Значит, важно создать в ЭКД комфортное для большинства людей давление в 760 мм рт. ст. или на уровне горных районов на планете – порядка 700 мм рт. ст. В дальнейшем при изучении влияния пониженного давления в атмосфере ЭКД следует провести исследования на группах организмов, которые потенциально будут входить в замкнутую экосистему; сформировать и протестировать среду для дыхания, выбранную исходя из обзора литературных источников; разработать методы контроля за самовоспламеняемыми материалами и способы их защиты.

Возможен также комбинированный вариант ЭКД, выполненный в виде «матрёшки»: малый цилиндрический дом (диаметр – 200–300 м), в котором живут люди при атмосферном давлении, расположен по оси внутри большого цилиндрического дома диаметром 400–500 м, где размещена вся флора и фауна в атмосфере с давлением 380 мм рт. ст. Подобное космическое поселение не будет иметь вышеописанных недостатков.

Здесь люди станут жить в привычной земной атмосфере, куда они могут попасть без скафандров и барокамер. Остальная часть биосферы с растительным и животным миром будет находиться в промежутке между цилиндрами. Это вдвое разгрузит несущие оболочки обеих составляющих ЭКД, так как давление внутри и снаружи будет отличаться на 380 мм рт. ст., т. е. нагрузка составит 5 т/м². При этом не возникнет опасность самовозгорания горючих материалов внутри дома, заселённого людьми, а сельскохозяйственная продуктивность в смежном доме возрастет благодаря пониженному давлению. Кроме того, значительно повысится противометеоритная и противорадиационная защита (примерно на порядок), так как агрессивная космическая среда не сможет преодолеть три серьёзных препятствия – силовую защиту, толстый слой почвы в обоих домах, а также воздушную среду между ними толщиной около 100 м.

Литература

1. Harper, L. *Space Biology: The Past, The Present, The Future* / L. Harper // *Microreviews in Cell and Molecular Biology*. – 2020. – Vol. 7, No. 2. – P. 5–16.
2. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание* / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с., ил.
3. Голубев, В.Н. *Повышение адаптационной способности организма человека к гипоксической гипоксии* / В.Н. Голубев [и др.] // *Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта*. – 2017. – № 5. – С. 50–57.
4. Зарубина, И.В. *Молекулярные механизмы индивидуальной устойчивости к гипоксии* / И.В. Зарубина // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 29–51.
5. Tang, Y. *Effects of Long-Term Low Atmospheric Pressure on Gas Exchange and Growth of Lettuce* / Y. Tang [et al.] // *Advances in Space Research*. – 2010. – Vol. 46, No. 6. – P. 751–760.
6. Wolverton, C. *An Update on Plant Space Biology* / C. Wolverton, J.Z. Kiss // *Gravitational and Space Research*. – 2011. – Vol. 22, No. 2. – P. 13–21.
7. Bolonkin, A. *Non-Rocket Space Launch and Flight* / A. Bolonkin. – Kidlington, Oxford: Elsevier, 2010. – P. 375.
8. Launius, R.D. *Space Stations: Base Camps to the Stars* / R.D. Launius // *Proceedings of the Thirty-Eighth History Symposia of the International Academy of Astronautics*,

Vancouver, British Columbia, Canada, 2004. – San Diego: Univelt, Inc., 2011. – P. 421–445.

9. Gribbin, J. *Science: A History 1543–2001* / J. Gribbin. – London: Penguin Books, 2003. – 646 p.
10. Черненко, Н.Г. *Особенности проявления метеопатических реакций у лиц молодого возраста в условиях колебания атмосферного давления* / Н.Г. Черненко [и др.]. – Харьков: ХНМУ, 2017. – 145 с.
11. Садыкова, Г.С. *Роль гипофизарно-тиреоидной системы при формировании адаптивных реакций человека в горах* / Г.С. Садыкова, Г.С. Джунусова // *Медико-физиологические проблемы экологии человека: материалы VII всерос. конф., Ульяновск, 19–22 сент. 2018 г.* – Ульяновск: УлГУ, 2018. – С. 252–315.
12. Goodwin, T.J. *Oxidative Stress and Space Biology: An Organ-based Approach* / T.J. Goodwin. – Basel: MDPI, 2018. – 162 p.
13. Самуйленкова, В.Н. *Основные аспекты влияния атмосферного давления на организм* / В.Н. Самуйленкова // *XXXVIII междунар. научные чтения (памяти И.В. Курчатова): материалы междунар. науч.-практ. конф., Москва, 16 нояб. 2018 г.* – М.: Европейский фонд инновационного развития, 2018. – С. 100–103.
14. Юшкова, О.В. *Основы физиологии человека* / О.В. Юшкова. – М.: Litres, 2017. – 489 с.
15. Paul, A.L. *The Biology of Low Atmospheric Pressure Implications for Exploration Mission Design and Advanced Life Support* / A.L. Paul, R.J. Ferl // *Gravitational and Space Research*. – 2007. – Vol. 19, No. 2. – P. 3–19.
16. Хромов, С.П. *Метеорология и климатология* / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М.: МГУ, 2001. – 528 с.
17. Минин, И.В. *Управление атмосферой замкнутых пространств* / И.В. Минин [и др.] // *Горный журнал*. – 2019. – № 1. – С. 102–134.
18. Zschoch, C. *Systems for Life Support* / C. Zschoch. – Neufahrn bei Freising: BoD, 2020. – 34 p.
19. Moore, D. *Biological and Medical Research in Space: An Overview of Life Sciences Research in Microgravity* / D. Moore [et al.]. – Berlin: Springer Science & Business Media, 2012. – 569 с.
20. Zhou, M. *Dissecting Low Atmospheric Pressure Stress: Transcriptome Responses to the Components of Hypobaric in Arabidopsis* / M. Zhou [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – P. 528–542.
21. Николаева, А.Г. *Использование адаптации к гипоксии в медицине и спорте* / А.Г. Николаева. – Витебск: ВГМУ, 2015. – 151 с.



Локализация объектов промышленного назначения на круговой экваториальной околоземной орбите

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Кушниренко А.В.

*Беларусь, г. Минск,
планово-экономический отдел ЗАО «Струнные технологии»*

Кулик Е.Н.

*Татарстан, Верхнеуслонский район, с. Набережные Моркваши,
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра общего менеджмента Казанского федерального университета /
Институт управления, экономики и финансов*

УДК 338



Вопрос локализации новых промышленных объектов или переноса текущих технологических процессов на круговую экваториальную околоземную орбиту потребует от производственных компаний принятия долгосрочных стратегических решений. Их реализация затронет все стороны многих бизнесов. В статье раскрываются особенности авторского методического подхода, который позволяет выбирать наиболее рациональное направление в области размещения технологических процессов на околоземном пространстве ближнего космоса. Предлагаемая методика основана на использовании мультипликаторов, охватывающих диверсифицированные элементы бизнеса, скомпилированные оптимальным образом. Данный методологический подход способствует формированию сбалансированной по составу, объёму и связям модели, отвечающей принципам рациональности. Новая методика экономического обоснования локализации бизнес-систем (объектов промышленного назначения) на орбите разработана в рамках проекта создания космического индустриального ожерелья «Орбита» (КИО «Орбита»).

Ключевые слова:

космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита»), космическая индустриализация, экономическая модель, мультипликаторы, устойчивое развитие, пеносталь, композитные материалы, кристаллы, микросхемы.



10110101001011
001001101

Введение

Результаты научных исследований в области использования потенциала планеты Земля, роста потребления природных ресурсов и продовольствия, а также формирование современных потребительских моделей поведения, новых вызовов, приносящих человечеству в XXI в. глобальные проблемы, неизбежно приводят к вопросу о дальнейшем развитии экономики и промышленности в целом [1].

Давно очевидно, что территории, которые могли бы соответствовать критериям устойчивого развития [2], укрепляя «иммунную систему планеты» [3], всё больше будут занимать промышленные предприятия с новыми технологиями. Именно поэтому ведётся поиск альтернативных способов реализации промышленных систем.

В современном мире рассматриваются различные подходы в преодолении обозначенной проблемы. Ряд исследователей [4, 5] отмечают, что тенденции глобализации в современной деловой среде приняли общемировые масштабы и диктуют более интенсивные решения. Таким вариантом может стать проект создания промышленно-космического кластера на космическом промышленном ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») [3].

Поскольку размещение производства на круговой экваториальной околоземной орбите потребует введения долгосрочных стратегических мер (их значимость и важность трудно переоценить, а степень инновационности существенна), авторами разработана и предложена методика определения экономической оптимальности и рациональности бизнес-системы. Данный методологический подход является одним из инструментов принятия взвешенного стратегического решения. Основная задача метода – установление наиболее сбалансированного набора элементов бизнеса для формирования оптимальной системы КИО «Орбита» в целях обеспечения технологических и экономических преимуществ при переносе производственных процессов в космос (например, благодаря приобретению дополнительных неисчерпаемых промышленных ресурсов, таких как невесомость, глубокий вакуум, минеральное и энергетическое сырьё, энергия и бесконечное пространство).

При разработке методики за основу принята широко используемая в стратегическом менеджменте концепция применения мультипликаторов, совмещённая с их взвешенной оценкой [6]. Предлагаемая модель исходит из тех мультипликаторов, которые характеризуют как экономическую деятельность, так и физические процессы. Рассматриваемые мультипликаторы дополнены средневзвешенной оценкой показателей с ориентацией

на перспективы размещения производственных мощностей на КИО «Орбита».

Важное значение при создании новой методики придавалось теоретическому изучению существующих в современной науке концепций в области индустриализации космоса, а также современных методов сбора, обработки и анализа данных, используемых в предлагаемой модели.

Именно это позволило авторам провести апробацию модели по данным 12 компаний с учётом специфики их деятельности, профиля и особенностей и, как следствие, с уверенностью говорить об универсальности применения предложенной модели в частности и методологического подхода в целом. Однако, с точки зрения авторов, наибольший научный и практический интерес представляют расчёты и выводы, проведённые в области проекта КИО «Орбита».

Обзор литературы

Пристальное внимание мирового учёного сообщества направлено сегодня на исследования перспектив и возможностей индустриализации космоса. Значительное количество публикаций на данную тему появилось в 1980–1990-е годы. Вместе с тем и сейчас вопросы мирной экспансии космического пространства становятся всё более актуальными. Учёные и практики описывают космос как пространство с неисчерпаемым источником ресурсов и энергии. Так, М. Сонтер рассматривает особенности проектов по добыче полезных ископаемых на астероидах, а также предлагает методику экономической оценки и расчёт чистой приведённой стоимости (NPV) указанного проекта [7]. Другие эксперты изучают проекты совместного использования возможностей орбитального пространства для компаний, находящихся на Земле. Например, М. Джассавалла в своей публикации анализирует экономические отношения, направленные на создание спутниковой связи в орбитальном пространстве [8]. Российские исследователи также проявляли к вопросу индустриализации космоса особый интерес. В.Ю. Ключников утверждает, что конечная цель индустриализации – перенос в космос ракетно-космической промышленности и, вероятно, других отраслей [9].

Поскольку индустриализация космоса прежде всего связана с уровнем развития земной индустрии, несомненно важную роль имеет определение перспектив Индустрии 4.0 [10] и 3D-печати [11], транспортных технологий [3], цифровых коммуникационных технологий [8]. По оценкам Г. Шу, Р. Андерла, Ю. Гауземайера, М. Хомпеля, В. Вальстера



и других современных исследователей, потенциал Индустрии 4.0 оценивается в объёме 100–150 млрд евро [10].

Все данные предпосылки позволили выделить компании, на которые стоит обратить внимание при принятии управленческих решений, основанных на проведении серьёзных оценочных расчётов.

Ключевым фактором выработки подобных решений является используемая технология выпуска продукции и потребность в приобретении дополнительных неисчерпаемых промышленных ресурсов. В числе таких ресурсов учёные и практики выделяют невесомость, глубокий вакуум, минеральное и энергетическое сырьё, энергию и бесконечное пространство [12]. Примером технологии может служить производство пенопласта и композитных материалов, которые в жидком состоянии расслаиваются на Земле из-за гравитации [3].

Кроме этого, к ним следует отнести выпуск кремниевых пластин, выращивание монокристаллов, производство микросхем и полупроводников [13], микропроцессоров, а также биотехнологии. В частности, в данном исследовании авторами рассмотрены такие производители, как Rubicon Technology, Inc. [14], TSMC [15], AMD [16], Bayer Group [17]. Перечисленные компании имеют ещё одну общую специфику – исключительное отношение к окружающей среде (где реализуются технологические операции),

близкой к невесомости и вакууму, особые требования к чистоте и герметичности окружающего пространства. Каждая из упомянутых здесь корпораций стремится к минимизации выбросов CO₂ в атмосферу.

Второй принцип при выборе компаний для анализа – их ориентация на четвёртую промышленную революцию и развитие технологий и инноваций, повышающих экономическую эффективность выпуска конечной продукции с минимальным участием человека. По данным консалтинговой организации McKinsey & Company, выделяются корпорации-маяки, внедряющие различные аспекты Индустрии 4.0 [18]. В подобном ракурсе авторами изучены в общей сложности 16 компаний [18]. Рассматриваемый сектор представлен следующими производителями: BMW [19], Johnson & Johnson [20], Procter & Gamble [21], Bosch Automotive [22].

Следующий фактор, который учитывался при выборе компаний для анализа, – ориентация на глобальное лидерство на рынке и общий высокий уровень капитализации, что свидетельствует о значительном доверии инвесторов, владеющих акциями компаний. Согласно публикациям журнала Fortune Global 500, в 2017 г. общая капитализация корпораций списка S&P 500 достигла своего максимума и превысила 20 трлн USD [23]. Обозначенному критерию соответствуют Walmart Inc. [24], General Motors [25], BP Group [26], Samsung Electronics Co., Ltd. [27].

На этапе сбора информации по трём вышеуказанным аспектам формирования групп компаний были выбраны только те, которые раскрывают сведения о своём финансовом положении и ежегодно публикуют данные на корпоративном сайте. При анализе использовалась отчётность, находящаяся в публичном доступе [14–22]. Информация собиралась и обрабатывалась в тот промежуток времени, когда проводилась апробация методики и модели.

Проведённые таким образом исследования позволили авторам подтвердить вышеизложенные тенденции современного индустриального развития, сформулировать эмпирические доказательства наличия потенциально готовых к такому развитию компаний-представителей по указанным выше направлениям, что усиливает актуальность и реалистичность проекта создания индустриального кластера на КИО «Орбита».

По результатам выполненной работы можно сделать вывод о большой перспективности, которую открывает индустриализация космоса; при этом высокий уровень внедрения Индустрии 4.0 и предложенная площадка размещения объектов индустриализации на КИО «Орбита» –

две равнонаправленные предпосылки к устойчивому развитию нашей технократической цивилизации в своём родном доме – на планете Земля [3].

Описание методики

В ходе концептуальной проработки информации о технологических сферах авторами предложены восемь показателей, по которым проведено ранжирование трёх групп компаний с точки зрения рациональности и оптимальности для размещения бизнес-процессов на КИО «Орбита». При формировании показателей учитывался как общераспространённый подход к экономической оценке [28], так и физические аспекты в деятельности коммерческих организаций, которые оказывают влияние на конечные результаты, отражённые в отчётности. Помимо этого, принималась во внимание всесторонняя оценка деятельности данных компаний, а также возможность получения информации для расчёта мультипликаторов из публичной отчётности. Описание разработанных показателей приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание показателей с уровнем корреляции значений

Область оценки компании с точки зрения локализации на КИО «Орбита»	Формула для оценки	Корреляция	
		Параметры	Козф.*
Первая группа показателей			
Оценка индустриального потенциала	EBITDA / (CAPEX – Buildings & Land and Land improvements)	Между EBITDA и CAPEX	1
Оценка технологического потенциала	Revenue / (Inventories – Finished goods)	Между Revenue и Inventories	0,99
Оценка операционного потенциала	Gross profit / (General and administrative + Sales and marketing expenses)	Между Gross profit и Sales and marketing	0,98
Оценка экономического потенциала	EVA / Total assets	Между EBIT и EVA	0,98
Вторая группа показателей			
Оценка вклада труда персонала	Work active / Personal	Между количеством персонала и Work active	0,31
Оценка транспортных расходов при производстве продукции	Gross profit / Transportation cost from GPV	Между предполагаемыми затратами на транспортировку с КИО «Орбита» и Gross profit	0,74
Оценка рыночного потенциала	Value market / Revenue	Между годовым объёмом рынка и Revenue	0,71
Оценка энергетической потребности	Power consumption (MWh) / Revenue	Между потребляемой мощностью на выпуск продукции и Revenue	0,4

* Коэффициент корреляции, полученный по итогам оценки данных по 12 выбранным компаниям.

Деление на две группы показателей связано с подходом к оценке и используемым источником информации. Так, для первой группы показателей применялись только сведения из отчётности самой компании. Об этом свидетельствует высокий уровень коэффициента корреляции. При оценке второй группы показателей учитывались как данные, представленные непосредственно компанией, так и полученные из других источников (например, сведения о размере рынка, потребляемой энергетической мощности).

Коэффициент корреляции [29] определён путём сопоставления указанных в таблице параметров между собой по общему списку коммерческих структур, участвующих в анализе. К примеру, коэффициент корреляции 1 при оценке индустриального потенциала (таблица 1) показывает, что у всех 12 компаний корреляция между показателем EBITDA и CAPEX полностью положительная.

Представим более подробно причины сформированных в таблице 2 мультипликаторов для оценки перспектив размещения технологического процесса на КИО «Орбита».

Таблица 2 – Описание показателей и указание основных источников информации для их оценки [28]

Формула для оценки	Описание предложенной зависимости	Указание источника из отчёта компании	Краткое рабочее название показателя
1	2	3	4
Первая группа показателей			
EBITDA / (CAPEX – Buildings & Land and Land improvements)	Для обеспечения развития компания инвестирует. Объём инвестиций характеризует уровень CAPEX. В отчёте по Cash flows содержится информация об инвестициях в активы (Purchases of assets). При вычитании из инвестиций в активы инвестиции в здания, сооружения и землю имеют инвестиции в оборудование и прочие активы. Чем выше EBITDA и меньше требуемых инвестиций в оборудование, тем больше мультипликатор и уровень отдачи инвестиций от технологического процесса. Снижение зависимости от инвестиций в здания и сооружения даёт возможность рассматривать размещение технологического процесса на КИО «Орбита»	Consolidated statements of operations Consolidated statements of cash flows Приложение Property and equipment	Индустриальный
Revenue / (Inventories – Finished goods)	Уровень запасов поддерживает необходимый объём выручки. При этом компания в отчёте детализирует уровень запасов по стадиям технологического процесса. Чем выше выручка и ниже уровень запасов, которые требуются для поддержания выпуска готовой продукции, тем меньше производственный цикл. При этом, если уровень запасов меньше, выручка выше, следовательно, цепочка поставок и зависимость от поставщиков ниже. Чем слабее зависимость от поставщиков, тем больше вероятность рассматривать размещение технологического процесса на КИО «Орбита»	Consolidated statements of operations Consolidated balance sheets Приложение Inventories	Технологический
Gross profit / (General and administrative + Sales and marketing expenses)	Gross profit учитывает прибыль компании по выпуску и реализации продукции. Если для ведения этих операций требуется меньше общих и административных расходов, затрат на маркетинг и продажу, значит, процессы в компании выстроены эффективным образом. Соответственно, потенциал переноса такого производства на КИО «Орбита» выше, чем у компаний, которые имеют раздутые административные и общие расходы и при этом не обеспечивают должного уровня Gross profit	Consolidated statements of operations	Операционный

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
EVA / Total assets	Показатель EVA представляет собой прибыль коммерческой организации от текущей деятельности за вычетом налогов, уменьшенную на величину платы за весь инвестированный в компанию капитал. Соотношение данного показателя к общей величине активов, приведённого к единому знаменателю валюты (USD), демонстрирует большую отдачу на инвестированный капитал по отношению ко всем активам. Если эта отдача выше, следовательно, компания имеет бизнес-модель, позволяющую ей вести экономическую деятельность более эффективно. Значит, выше вероятность рассматривать размещение технологического процесса на КИО «Орбита»	Consolidated statements of operations Уровень WACC Consolidated balance sheets	Экономический
Вторая группа показателей			
Work active / Personal	К понятию Work active авторы данного исследования отнесли все неденежные активы компании, запасы, позволяющие ей вести операционную деятельность. То есть всё то, что характеризует активы коммерческой организации, непосредственно участвующие в выпуске. Чем меньше количество персонала требуется для обеспечения поддержания Work active, тем выше вероятность рассматривать размещение технологического процесса на КИО «Орбита»	Consolidated balance sheets Данные о численности персонала из отчёта компании	Персональный
Gross profit / Transportation cost from GPV	При оценке стоимости транспортировки груза компании был принят следующий подход. Определён вес выпускаемой продукции. Одним из авторов в публикации [3] указана стоимость транспортировки 1 кг груза (менее 10 USD). Представлена условная ситуация, когда вся организация размещает своё производство на КИО «Орбита» и транспортирует на Землю полученный продукт. Данные соотнесены с валовой прибылью компании, чтобы подчеркнуть возможность покрытия расходов на транспортировку. Соответственно, чем ниже затраты на условную транспортировку груза с КИО «Орбита» по отношению к валовой прибыли, тем выше вероятность рассматривать размещение технологического процесса на КИО «Орбита»	Consolidated statements of operations Данные об объёме выпуска в натуральном выражении Средний вес одной единицы продукции	Транспортный
Value market / Revenue	Соотношение общего размера рынка в денежном выражении по оценкам экспертов и доли выручки коммерческой организации от общего размера рынка демонстрирует рыночный потенциал коммерческой организации. Чем он выше, тем для компании более привлекательным становится решение о размещении производства на КИО «Орбита». Дается оценка мирового рынка	Consolidated statements of operations Данные о размере рынка в денежном выражении (по мнению экспертов)	Рыночный

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Power consumption (MWh) / Revenue	Соотношение используемой мощности для обеспечения деятельности коммерческой организации по выпуску продукции и общего размера выручки демонстрирует зависимость предприятия от потребления энергии. Чем выше энергозатраты на единицу продукции, тем компания больше заинтересована в рассмотрении альтернативных источников энергии и как части альтернативного источника – энергии Солнца на орбите	Consolidated statements of operations Данные об объёме потребления энергии из отчёта компании	Энергетический

Результаты анализа

На основе предложенных восьми показателей в таблице 2 проведена оценка 12 компаний. Результаты оценки представлены в таблицах 3–5.

Из таблицы 3 видно, что наибольшие перспективы размещения технологических процессов на околоземном пространстве имеют компании TSMC и AMD, в том числе благодаря значению показателей 2, 3 и 6 (преимущественные показатели выделены зелёным цветом). Данные корпорации входят в число мировых лидеров в области производства полупроводниковых изделий и микропроцессоров. Rubicon Technology, Inc. хотя и является ведущим производителем монокристаллов, но получившиеся значения показателей (в частности, показатели 3, 6, 8) свидетельствуют на текущий момент о меньшей доле вероятности перспектив для размещения её технологических процессов на околоземной орбите.



Таблица 3 – Значения показателей по четырём компаниям с ориентацией на ресурсы космоса (2018 г.)

	Rubicon Technology, Inc.	TSMC	AMD	Bayer Group
Первая группа показателей				
Показатель 1 – Индустриальный	0,675x	2,58x	4,114x	7,12x
Показатель 2 – Технологический	2,166x	11,224x	13,268x	3,301x
Показатель 3 – Операционный	0,006x	18,964x	4,354x	1,437x
Показатель 4 – Экономический	0,016x	0,152x	0,095x	0,022x
Вторая группа показателей				
Показатель 5 – Персонал	0,097x	1,166x	0,184x	1,069x
Показатель 6 – Транспортный	0,004x	241,341x	188,958x	109,736x
Показатель 7 – Рыночный	0,03x	0,07x	0,15x	0,04x
Показатель 8 – Энергетический	0,04x	38,14x	53,51x	4,94x

Таблица 4 демонстрирует, что распределение полученных результатов менее равномерное. Это может свидетельствовать о потенциальных перспективах размещения для каждой из четырёх представленных компаний на круговой экваториальной околоземной орбите, однако не для всего бизнеса, а для части технологических процессов. Например, для Bosh Automotive высока вероятность размещения на орбите в части доступа к энергетическим ресурсам (показатель 8) и уровню развития

технологических процессов (показатель 2). Для BMW такой операцией может стать более качественная 3D-печать в невесомости и вакууме ответственных автомобильных деталей и узлов (показатель 2), а также обеспечение потребности в энергетических ресурсах для повышения энергоэффективности технологических операций (показатель 8).

Из таблицы 5 видно, что Walmart Inc. в силу своей специфики бизнеса с меньшей вероятностью подходит для размещения операционной деятельности в ближнем

Таблица 4 – Значения показателей по четырём компаниям с ориентацией на Индустрию 4.0 (2018 г.)

	BMW	Johnson & Johnson	Procter & Gamble	Bosch Automotive
Первая группа показателей				
Показатель 1 – Индустриальный	1,596x	12,824x	5,96x	3,015x
Показатель 2 – Технологический	21,177x	25,312x	34,754x	12,884x
Показатель 3 – Операционный	2,109x	2,417x	1,702x	1,749x
Показатель 4 – Экономический	0,003x	0,127x	0,082x	0,004x
Вторая группа показателей				
Показатель 5 – Персонал	0,808x	0,862x	1,05x	0,157x
Показатель 6 – Транспортный	0,496x	54,599x	0,116x	4,322x
Показатель 7 – Рыночный	0,12x	0,05x	0,15x	0,1x
Показатель 8 – Энергетический	15,76x	23,48x	3,33x	10,86x

Таблица 5 – Значения показателей по четырём компаниям с ориентацией на лидерство в отрасли (2018 г.)

	Walmart Inc.	General Motors	BP Group	Samsung Electronics Co., Ltd.
Первая группа показателей				
Показатель 1 – Индустриальный	10,356x	2,693x	10,852x	3,433x
Показатель 2 – Технологический	11,428x	34,405x	21,605x	12,099x
Показатель 3 – Операционный	1,192x	1,203x	1,373x	2,122x
Показатель 4 – Экономический	0,071x	0,016x	0,036x	0,117x
Вторая группа показателей				
Показатель 5 – Персонал	0,082x	0,899x	3,357x	0,986x
Показатель 6 – Транспортный	0,196x	0,258x	0,634x	1,618x
Показатель 7 – Рыночный	0,04x	0,21x	0,01x	0,19x
Показатель 8 – Энергетический	35,74x	16,34x	0,78x	5,76x

космосе в одном из технологических кластеров КИО «Орбита» (показатели 2, 3, 6), чем, например, Bayer Group (таблица 3). Однако высокая зависимость от энергозатрат (показатель 8) для реализации продукции позволяет сделать вывод о возможности предложить дополнительные мощности по производству энергии на базе КИО «Орбита» как вид сервиса. Таблица 5 также отражает, что технологические операции в Samsung Electronics Co., Ltd. могут быть подвергнуты анализу с точки зрения переноса их на околоземную

орбиту (показатель 2) при улучшении таких показателей деятельности, как соотношение EBITDA к уровню CAPEX, скорректированного на инвестиции в здания и сооружения (показатель 1).

При разработке методики были присвоены весовые коэффициенты каждому показателю (таблица 6). Данные значения принимались исходя из их влияния на конечный результат и уровня корреляции между определяющими параметрами.

Таблица 6 – Весовые коэффициенты, принятые в модели оценки

Область оценки компании с точки зрения локализации на КИО «Орбита»	Формула для оценки	Корреляция		Весовые коэффициенты
		Параметры	Козф.*	
Первая группа показателей				
Оценка индустриального потенциала	EBITDA / (CAPEX – Buildings & Land and Land improvements)	Между EBITDA и CAPEX	1	0,2
Оценка технологического потенциала	Revenue / (Inventories – Finished goods)	Между Revenue и Inventories	0,99	0,1
Оценка операционного потенциала	Gross profit / (General and administrative + Sales and marketing expensive)	Между Gross profit и Sales and marketing expenses	0,98	0,2
Оценка экономического потенциала	EVA / Total assets	Между EBIT и EVA	0,98	0,1
Вторая группа показателей				
Оценка вклада труда персонала	Work active / Personal	Между количеством персонала и Work active	0,31	0,15
Оценка транспортных расходов при производстве продукции	Gross profit / Transportation cost from GPV	Между предполагаемыми затратами на транспортировку с КИО «Орбита» и Gross profit	0,74	0,05
Оценка рыночного потенциала	Value market / Revenue	Между годовым объёмом рынка и Revenue	0,71	0,1
Оценка энергетической потребности	Power consumption (MWh) / Revenue	Между потребляемой мощностью на выпуск продукции и выручкой	0,4	0,1

* Коэффициент корреляции, полученный по итогам оценки данных по 12 выбранным компаниям.



Используя формулу средневзвешенной оценки, вычисляем сумму показателей с учётом весовых коэффициентов (1):

$$\Sigma = K_1 \times M_1 + K_2 \times M_2 + \dots K_n \times M_n, \quad (1)$$

где K_1 – значение весового коэффициента;
 M_1 – значение мультипликатора.

Чем выше итоговое значение, тем больше вероятность размещения индустриальной технологической сферы коммерческой организации на КИО «Орбита». Сумма итоговых значений для 12 рассматриваемых компаний представлена в таблице 7.

Итоговое значение оценки демонстрирует вероятность принятия решений для размещения бизнес-процессов на КИО «Орбита». В первой половине списка находятся компании – яркие представители технологической специфики с потребностью в приобретении дополнительных неисчерпаемых ресурсов: невесомости, вакуума, энергии. В частности, это TSMC, AMD, а также корпорации с ориентацией на Индустрию 4.0 – Johnson & Johnson и Bayer Group.

Выводы и дальнейшее направление исследования

Таким образом, предлагаемая методика направлена на помощь компаниям в принятии оптимального решения при выборе стратегии о локализации объектов промышленного назначения на КИО «Орбита». Учитывая экономические факторы в сочетании с действующим уровнем технологического развития и техническими выгодами, получаемыми от размещения производства в космосе, описываемая методика позволяет минимизировать риски и определять оптимальный набор элементов и связей формируемой бизнес-модели.

Поскольку при разработке долгосрочной стратегии развития глобальные корпорации в скором времени будут всё больше уделять внимание вопросам перспектив локализации технологий на околоземной орбите и рассматривать возможность размещения индустриальных объектов вблизи дополнительных неисчерпаемых ресурсов космоса, становится очевидным высокая практическая значимость использования предлагаемого метода оценки оптимальности формируемой бизнес-системы.

Будущие исследования в данной области обуславливают дальнейшую работу в следующих направлениях:

- анализ показателей (не только за 2018 г., но и за более длительный промежуток времени) по расширенному числу потенциально целевых компаний с возможностью размещения на КИО «Орбита»;
- поиск новых мультипликаторов, позволяющих принять решение о перспективах развёртывания производства на КИО «Орбита» с построением интегральной модели;
- гипотетический расчёт расположения производства (в том числе в сравнении с размещением производств на Земле) на низкой околоземной орбите в индустриальном кластере КИО «Орбита» с недорогими геокосмическими перевозками посредством общепланетарного транспортного средства (ОТС) и доставки продукции до конкретного земного потребителя с использованием наземной системы TransNet [3];
- разработка метода проверки гипотез о перспективах размещения технологий в индустриальном кластере КИО «Орбита». Причём критическим параметром для переноса индустриальных производств на орбиту станет себестоимость геокосмических перевозок по маршруту Земля – Орбита – Земля. Например, при современных ценах (свыше миллиона долларов за тонну) на орбите сейчас ведутся только научные и исследовательские проекты, финансируемые государственными программами, а также функционируют спутники космической связи. Чем дешевле окажутся геокосмические перевозки (целевой ориентир – 10 000 USD за тонну и ниже), тем быстрее и масштабнее будет создана альтернативная экологически опасной земной промышленности безопасная космическая индустрия [3].

Литература

1. *World Population to 2300 [Electronic resource] / United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. – 2004. – Mode of access: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org/development/desa/pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2002_world_population_to_2300.pdf. – Data of access: 20.04.2020.*
2. *The Sustainable Development Goals Report 2017 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/thesustainabledevelopmentgoalsreport2017.pdf>. – Data of access: 20.04.2020.*

3. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.*
4. Pennings, E. *International Relocation: Firm and Industry Determinants / E. Pennings, L. Sleuwaegen // Economics Letters. – 2000. – Vol. 67, No. 2. – P. 179–186.*
5. Pedersini, R. *Relocation of Production and Industrial Relations [Electronic resource] / R. Pedersini // EIROnline: TN0511101S. – 2006. – Mode of access: https://www.academia.edu/3246942/Relocation_of_production_and_industrial_relations. – Data of access: 20.04.2020.*
6. Richardson, H.W. *Input-Output and Economic Base Multipliers: Looking backward and Forward / H.W. Richardson // Journal of Regional Science. – 1985. – Vol. 25, No. 4. – P. 607–661.*
7. Sonter, M. *Near Earth Objects as Resources for Space Industrialization / M. Sonter // Solar System Development Journal. – 2001. – Vol. 1, No. 1. – P. 1–31.*
8. Jussawalla, M. *The Economic Implications of Satellite Technology and the Industrialization of Space / M. Jussawalla // Telecommunications Policy. – 1984. – Vol. 8, No. 3. – P. 237–248.*
9. Ключников, В.Ю. *Индустриализация как стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства / В.Ю. Ключников // Воздушно-космическая сфера. – 2018. – № 2 (95). – С. 14–21.*
10. Шу, Г. *Индекс зрелости Индустрии 4.0 [Электронный ресурс] / Г. Шу [и др.] – Munich: Herbert Utz Verlag, 2017. – Режим доступа: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB-1.pdf. – Дата доступа: 20.04.2020.*
11. Dunn, J.J. *3D Printing in Space: Enabling New Markets and Accelerating the Growth of Orbital Infrastructure / J.J. Dunn [et al.] // Proc. Space Manufacturing. – 2010. – Vol. 14. – P. 29–31.*
12. Wuenschel, H.F. *Materials Processing in Zero Gravity / H.F. Wuenschel // Astronautical Research 1972: Proceedings of the 23rd Congress of the International Astronautical Federation Vienna, 8–15 October 1972. – Dordrecht: Springer, 1973. – P. 295–307.*
13. Avila, M. *Design and Manufacturing for Cleanability in High Performance Cutting [Electronic resource] / M. Avila, C. Reich-Weiser, D. Dornfeld, S. McMains // Department of Mechanical Engineering University of California. – 2006. – Mode of access: <https://mcmains.me.berkeley.edu/pubs/CIRP06paper63cleanability.pdf>. – Data of access: 20.04.2020.*

Таблица 7 – Значения показателей по 12 компаниям с учётом весовых коэффициентов (2018 г.)

Название компании	Первая группа показателей				Вторая группа показателей				Итоговое значение
	Показатель 1 – Индустриальный	Показатель 2 – Технологический	Показатель 3 – Операционный	Показатель 4 – Экономический	Показатель 5 – Персонал	Показатель 6 – Транспортный	Показатель 7 – Рыночный	Показатель 8 – Энергетический	
TSMC	2,58x	11,224x	18,964x	0,152x	1,166x	241,341x	0,069x	38,142x	21,509x
AMD	4,114x	13,268x	4,354x	0,095x	0,184x	188,958x	0,146x	53,512x	17,871x
Johnson & Johnson	12,824x	25,312x	2,417x	0,127x	0,862x	54,599x	0,053x	23,482x	10,805x
Bayer Group	7,12x	3,301x	1,437x	0,022x	1,069x	109,736x	0,042x	4,942x	8,189x
Walmart Inc.	10,356x	11,428x	1,192x	0,071x	0,082x	0,196x	0,035x	35,739x	7,059x
General Motors	2,693x	34,405x	1,203x	0,016x	0,899x	0,258x	0,211x	16,339x	6,024x
Procter & Gamble	5,96x	34,754x	1,702x	0,082x	1,05x	0,116x	0,15x	3,328x	5,527x
BP Group	10,852x	21,605x	1,373x	0,036x	3,357x	0,634x	0,01x	0,781x	5,224x
BMW	1,596x	21,177x	2,109x	0,003x	0,808x	0,496x	0,121x	15,761x	4,593x
Bosch Automotive	3,015x	12,884x	1,749x	0,004x	0,157x	4,322x	0,1x	10,864x	3,578x
Samsung Electronics Co., Ltd.	3,433x	12,099x	2,122x	0,117x	0,986x	1,618x	0,19x	5,755x	3,156x
Rubicon Technology, Inc.	0,675x	2,166x	0,006x	0,016x	0,097x	0,004x	0,034x	0,043x	0,377x

14. Annual Report [Section 13 and 15(d), not S-K Item 405] Acc-no: 0001213900-19-004650 (34 Act) Rubicon Technology, Inc. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://xbrlfinancialwidget.com/default.aspx?CIKNum=1410172&view=All>. – Data of access: 20.04.2020.
15. TSMC Annual Report, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.tsmc.com/english/investorRelations/annual_reports.htm. – Data of access: 20.04.2020.
16. Advanced Micro Devices, Inc. Annual Report on Form 10-K, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ir.amd.com/financial-information/quarterly-results>. – Data of access: 20.04.2020.
17. Bayer's Annual Report for Fiscal, 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bayer.com/en/integrated-annual-reports.aspx>. – Data of access: 20.04.2020.
18. Четвёртая промышленная революция. Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Четвёртая_промышленная%20революция.pdf. – Дата доступа: 20.04.2020.
19. The BMW Annual Report, 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0306824EN/bmw-group-annual-report-2019?language=en>. – Data of access: 20.04.2020.
20. Johnson & Johnson's Annual Report on Form 10-K, 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/200406/000020040619000009/form10-k20181230.htm>. – Data of access: 20.04.2020.
21. P&G Explore Annual Report, 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: www.pg.com/annualreport2019. – Data of access: 20.04.2020.
22. Bosch. Annual Report Smart Moves for an Online Version of the Annual Report, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: annual-report.bosch.com. – Data of access: 20.04.2020.
23. Market Capitalization-Weighted Indexes: An Accident of History [Electronic resource] / By J. Weniger. – 2018. – Mode of access: <https://www.wisdomtree.com/-/media/us-media-files/documents/resource-library/market-insights/weniger-commentary/market-capitalization-weighted-indexes-an-accident-of-history.pdf>. – Data of access: 20.04.2020.
24. Walmart Annual Report Accelerating Innovation, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: https://s2.q4cdn.com/056532643/files/doc_financials/2018/annual/WMT-2018_Annual-Report.pdf. – Data of access: 20.04.2020.
25. Annual Report of General Motors Company on Form 10-K, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/g/NYSE_GM_2018.pdf. – Data of access: 20.04.2020.
26. BP Annual Report and Form 20-F, 2019 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/investors/bp-annual-report-and-form-20f-2019.pdf>. – Data of access: 20.04.2020.
27. Consolidated Financial Statements of Samsung Electronics Co., Ltd. and Its Subsidiaries Index to Financial Statements, 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/ir/docs/2018_con_quarter04_soi.pdf. – Data of access: 20.04.2020.
28. Damodaran, A. Damodaran on Valuation: Security Analysis for Investment and Corporate Finance. – John Wiley & Sons, 2016. – 324 p.
29. Rodgers, J.L. Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient / J.L. Rodgers, W.A. Nicewander // The American Statistician. – 1988. – Vol. 42, No. 1. – P. 59–66.





Появление технологий Индустрии 4.0 как ключевых драйверов инноваций в цепях поставок для геокосмических систем

Акбари М.

Вьетнам, г. Хошимин,
доктор наук по логистике,
Мельбурнский королевский технологический университет (RMIT)

УДК 004



Глобальные логистические цепи столкнулись с трудностями при введении инновационных технологий, влияющих на современные методы производства и способы оплаты в эпоху Индустрии 4.0, которая будет разрастаться и перейдёт в область геокосмических перевозок. Исследование, проведённое Deloitte в 2018 г., позволило сделать вывод, что новые технологии ведут к огромным изменениям и улучшениям в глобальной цепи поставок. Несмотря на то что многие инновации находятся на ранней стадии разработок и внедрения в экономически развитых и развивающихся странах, именно цифровые технологии окажут ускоряющее влияние на экономику (в ближайшем будущем ожидается их дальнейшая востребованность). Они также могут стать основой для формирования инновационных отраслей промышленности, которые перенесутся в космическое пространство, где не будут негативно сказываться на экологии. Цель статьи – проанализировать опыт современных специалистов-практиков по цепочкам поставок, чтобы определить текущий уровень внедрения ключевых технологий Индустрии 4.0 и сделать прогнозы относительно ожидаемого воздействия ИТ-сферы на процессы производства и уровень будущих инвестиций в данное направление, а также способы использования этих перспективных технологий в геокосмических перевозках.

Ключевые слова:

Индустрия 4.0, инновационные технологии, инновационные цепи поставок, цифровая трансформация, управление цепями поставок.



Введение

Современные цепочки поставок подразумевают деловые партнёрские отношения и связи, совместную работу, продвижение инноваций, принятие решений на основе больших данных, а также перемещение и отслеживание поставок в реальном времени, что станет наиболее важной частью трансформации производственной отрасли в сторону геокосмической индустриализации. Всесторонний опрос, недавно приведённый Deloitte [1], показал, что новые технологии и инновации в цепочках поставок оказывают влияние на качество процесса и стимулируют эволюционное развитие глобальной логистики. Согласно прогнозу А. Лайалла, П. Мерсье, С. Гстеттнера [2] ожидается существенный сбой в нынешнем принципе работы, так как будут созданы саморегулирующиеся и отлаженные системы, способные управлять целостными рабочими процессами практически без взаимодействия с человеком.

С середины 1990-х годов управление цепями поставок признано приоритетной задачей среди специалистов-практиков [3–5]. Термин «цепь поставок» определяется как однонаправленное движение товаров и услуг, нацеленное на конечного потребителя [6–8]. Следовательно, управление данным процессом жизненно важно для всех предприятий. Кроме того, практика менеджмента цепей поставок часто связана с устойчивостью, сложностью продуктов и услуг, измерениями эффективности производительности [9–11].

Цифровые технологии – один из основных механизмов, влияющих на инновации, а также на модернизацию операционных систем и цепочек поставок [12]. Участники цепочки поставок должны быть информированы о наличии новых технологий, чтобы не отставать от постоянно растущего спроса клиентов, которым требуются более быстрые, дешёвые и индивидуальные условия поставок конечного продукта [1, 13]. Любая кризисная ситуация (экономические спады или эпидемии, как, например, COVID-19) способна остановить развитие компаний, не умеющих адаптироваться к сложившимся изменениям [14]. Однако такое положение может стать эпохой появления новых возможностей для улучшения существующей цепочки поставок в направлении изменения способов производства, перемещения и оплаты товаров и/или услуг [15]. Подобные трансформационные технологии помогут революционизировать существующие цепочки поставок в более умные и лучше связанные экосистемы, что приведёт к гибким рабочим условиям и увеличению обмена информацией.

В настоящей работе рассматриваются текущие показатели внедрения новых технологий Индустрии 4.0, а также анализируется точка зрения специалистов, занимающихся



цепями поставок и наблюдающих за влиянием инноваций на будущее глобальных цепей поставок, включая создание геокосмической отрасли. Полученные сведения позволят профессионалам и исследователям формировать новые идеи, определять возможности, проблемы и преимущества предстоящих изменений в данной области.

В статье также представлена информация о понятии «Индустрия 4.0», доступных новых технологиях; описаны перспективы развития цепей поставок и использования ИТ-достижений в геокосмических перевозках и производствах.

Понятие «Индустрия 4.0»

Информационные технологии в результате технических революций (рисунок 1) значительно продвинулись за последние три десятилетия [16]. Внедрение в операционную и производственную среду взаимосвязанных сетей, осуществляющих управление процессами без прямого вмешательства человека, называется «Индустрия 4.0» [17]. Данный термин широко применяется для обозначения четвёртой промышленной революции, подразумевающей цифровое преобразование технологических систем для поддержания автоматизации «умного» производства [18, 19]. Ожидается, что четвёртая промышленная революция окажет большое влияние на цепи поставок, особенно на будущие инвестиции, занятость персонала и торговлю [20].

Индустрия 4.0 привела к значительному повышению эффективности производства, а также к интегрированным системам экологического контроля и сокращению необходимой рабочей силы. Поскольку большинство автоматизированных систем не требуют присутствия человека, такие технологии можно рассматривать как наиболее перспективные в промышленной отрасли. Следовательно, они должны быть перемещены в космическое пространство и установлены в космическом индустриальном ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») [21]. Благодаря улучшенному

энергоснабжению за счёт применения чистой солнечной энергии, КИО «Орбита» обеспечит беспрецедентно благоприятную рабочую среду для внедрения новых технологий.

Новые технологии

Основная движущая сила Индустрии 4.0 – 3D-печать, продвинутая робототехника, искусственный интеллект, автономные транспортные средства, анализ больших данных, беспилотники, Интернет вещей, блокчейн и виртуальная/дополненная реальность [22, 23]. Указанные девять технологий Индустрии 4.0 признаны наиболее актуальными на сегодняшний день.



3D-печать

С 2014 г. мир переживает быстрые преобразования в производстве, существенные изменения особенно заметны после внедрения 3D-печати (3DP), известной также как «аддитивное производство» (AM) [3]. С применением данной технологии за 44 часа впервые был напечатан электрический автомобиль [24]. 3DP имеет точный контроль над формой объектов, так как распечатывание продукта происходит слой за слоем, кроме этого используются файлы автоматизированного проектирования [25].



Рисунок 1 – Четыре индустриальные революции

Потенциальное влияние 3DP на цепочку поставок оказывает по следующим аспектам: настройка, предложение потребительской ценности и конкурентное преимущество [26, 27]. Рисунок 2 иллюстрирует данное воздействие.

3DP для быстрого создания прототипа требует точного управления температурным потоком для нити накала и мгновенного охлаждения для поддержания высокого качества производства. КИО «Орбита» как рабочая среда с глубоким вакуумом и широким технологическим температурным диапазоном обеспечивает наилучшие рабочие условия для операций 3DP с точки зрения контроля температуры и других параметров окружающей среды. Вместе с тем относительно высокий технологический выброс химических паров может быть смягчён или проигнорирован, так как в рассматриваемом случае технологии размещены в космическом пространстве [28]. Это означает возможное значительное увеличение мощности производств.



Интернет вещей

Интернет вещей (IoT) – сеть глобально структурированных взаимосвязанных объектов, объединённых с искусственным интеллектом, распознающим шаблоны и технологии сбора данных о процессах [29]. Объектами или вещами в сети могут стать различные датчики, исполнительные механизмы, насосы и стиральные машины, весы, счётчики воды, свет или устройство радиочастотной идентификации (RFID) [30, 31].

Преимущества применения IoT:

- улучшение идентификации поддельных/неоригинальных продуктов;
- мониторинг/отслеживание в режиме реального времени состояний;
- прогнозирование технического обслуживания;
- получение точных данных о продажах;
- значительное сокращение перепроизводства/недопроизводства;
- использование биометрических платежей;

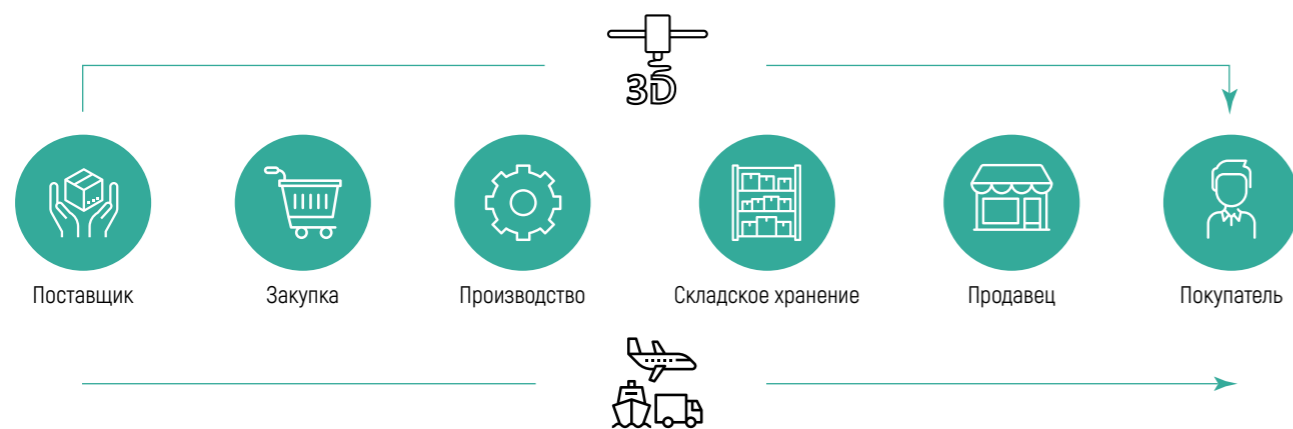


Рисунок 2 – Влияние 3DP на логистику и цепочку поставок [3]

- повышение конкурентоспособности;
- устойчивое развитие компании, применяющей IoT [22].

Интернет вещей обеспечивает основную технологическую возможность организации связанности информационных процессов в космическом индустриальном ожерелье. Для того чтобы ускорить интеграцию решений, устройства и отрасли в КИО «Орбита» должны быть объединены с уже созданной сетью IoT.



Искусственный интеллект

Термин «искусственный интеллект» (AI), впервые введённый Дж. Маккарти в Массачусетском технологическом институте, подразумевал ветвь информатики, которая пытается подражать человеческому интеллекту [32]. Цепочки поставок превратились из вертикальной структуры «покупатель – поставщик» в многослойную систему с применением датчиков и Интернета вещей. Такое значительное изменение связано с развитием кибернетики и появлением новых поколений компьютеров. Искусственный интеллект – совокупность методов и технологий, использующих компьютеры для принятия решений [33, 34]. Основными задачами AI являются понимание проблемы и имитация поведения человека, а также создание соответствующих знаний для решения проблем [35]. Глобальный институт McKinsey [36] предсказал, что AI затронет более 30 % профессий в США. Ключевая проблема AI – высокое энергопотребление вычислительных систем. Размещение облачных сервисов для наземных систем на КИО «Орбита» предоставит возможность для управления расходом энергии (поскольку космический орбитальный комплекс питается от солнечной энергии, а не от сжигания ископаемого топлива) и позволит проводить контроль рабочих температур без использования воды или вредных воздействий химических веществ за счёт низких температур космоса.

Данный аспект означает, что вычислительные центры на КИО «Орбита» обеспечат более высокие вычислительные ресурсы при меньшем энергопотреблении.



Автономные транспортные средства

Автономные транспортные средства, воспринимая окружающую среду и реагируя на любую неожиданную ситуацию, способны к интеллектуальному движению [37]. Интеграция новых технологий в глобальную цепочку поставок рассматривается как преобразование существующей системы в цифровую цепочку поставок [38]. Внедрение автономных транспортных средств на Земле и в космосе снизит стоимость доставки, количество несчастных случаев, расходы на топливо, а также сократит выбросы загрязняющих атмосферу веществ [39].



Аналитика больших данных

В 2005 г. Р. Муогалас ввёл термин «аналитика больших данных» (BDA), означающий большой набор данных, которые невозможно обработать при помощи традиционных инструментов бизнес-аналитики. BDA в настоящее время

считается основной процедурой для управления цепями поставок [40]. Преимущества использования данной технологии – расширение маркетинговых возможностей, применение прогнозной аналитики, увеличение точности прогнозов, гибкость бизнес-процессов, а также систематизация клиентской базы [41]. BDA следует привлекать в качестве основы стратегий контроля производства в КИО «Орбита» и работы всего транспортного комплекса общепланетарного транспортного средства (ОТС). Кроме того, интеграция с наземными информационными сетями повысит эффективность производственных мощностей КИО «Орбита» [21].



Дроны

Дрон – беспилотный или микроскопический летательный аппарат. Впервые использован военными службами в годы Второй мировой войны [42]. В настоящее время

дроны – важное звено в цепочке поставок и потенциальное решение многих проблем: доставка на этапе «последняя миля», перемещение запасов, контроль, осмотр транспортных средств и объектов инфраструктуры, отслеживание заторов на дорогах, а также снижение уровня загрязнения окружающей среды [43]. Беспилотники могут быть задействованы в качестве систем мониторинга состояния инфраструктуры ОТС и её взлётно-посадочной эстакады.



Блокчейн

Технология блокчейн – крупнейшее нововведение XXI в., однако основа идеи восходит к началу 1990-х годов. За время разработки данная технология стала децентрализованной системой, где каждая транзакция надёжно и постоянно хранится в цепочке поставок [44]. Рисунок 3 иллюстрирует временную шкалу технологии блокчейн.

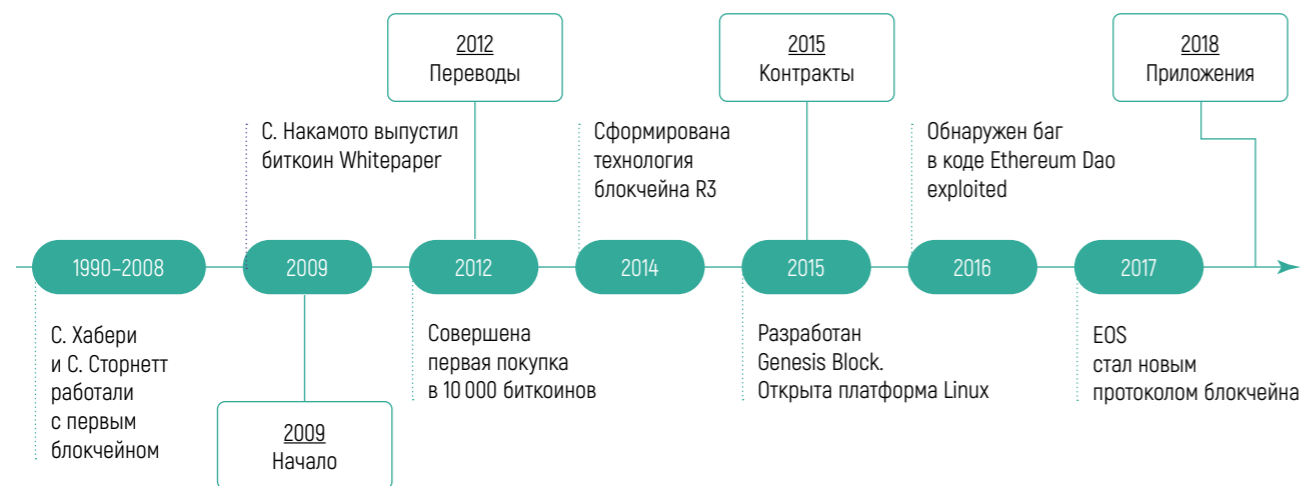


Рисунок 3 – Временная шкала технологии блокчейн

Блокчейн известен как инновация с очень низкой энергоэффективностью. Для приложения в КИО «Орбита» блокчейн может применяться в качестве защиты данных и обмена информацией. Потребление чистой энергии значительно сократит экологические последствия использования технологии. Точное управление условиями работы вычислительных станций на КИО «Орбита» ещё больше повысит популярность и эффективность этого метода связи.



Продвинутая робототехника

Робототехника (продвинутая робототехника) – электрические машины, созданные для автоматизации процессов или поддержки людей с помощью сформированных задач. Применение данной технологии – обычное явление в производстве и складировании [45]. За свою эффективность в обработке материалов, сварке, решении сверхсложных технических задач, проверке и снижении затрат робототехника признана лучшей во всей цепочке поставок [46]. Для того чтобы уменьшить присутствие людей на вредных производственных объектах, большая часть промышленности в космосе будет основана на робототехнике, особенно в различных трудоёмких процессах, в том числе связанных со взаимодействием с химически опасными веществами, а также в условиях открытого космоса.

Виртуальная/дополненная реальность

Виртуальная реальность (VR) позволяет потребителям или операторам взаимодействовать с реальными системами и предметами (либо их моделями) в виртуальном трёхмерном пространстве, используя очки и другие приспособления [47]. Дополненная реальность (AR) способна ассимилировать виртуальные 3D-объекты в реальной среде [48]. VR и AR известны своим потенциалом в обучении, процессах визуализации продукции и рабочих условий, а также в учёте



имеющегося на складах товара [49]. Для повышения качества продукции и производительности труда взаимосвязь людей на земле с рабочими процессами на КИО «Орбита» может эффективно осуществляться через VR и AR.

КИО «Орбита» как идеальная операционная среда для технологий Индустрии 4.0: перспективы и дальнейшие направления исследования

В данной статье кратко изложен уровень внедрения нескольких ключевых технологий Индустрии 4.0 в настоящее время. В качестве текущих технологических тенденций в цепочке поставок выделены девять технологий: 3D-печать, продвинутая робототехника, искусственный интеллект, автономные транспортные средства, аналитика больших данных, дроны, Интернет вещей, блокчейн и виртуальная/дополненная реальность.

Для того чтобы расширить имеющиеся знания в описываемой области, исследователи и практики должны сосредоточиться на степени освоения каждой технологии в различных географических местах, особенно в узком смысле – в рамках цепочки поставок, ориентируясь на всех участников данного процесса. Эти задачи могут быть дополнительно проработаны при наличии КИО «Орбита» и ОТС как идеальной с технической точки зрения операционной среды для внедрения большинства новых технологий. Коммуникационные технологии, за которыми следуют AR и VR, будут поддерживать взаимодействие человечества с удалённо расположенными системами.

Будущие исследования требуют более углубленного изучения методов принятия решений в рамках Индустрии 4.0 и влияния формируемых внутри неё технологий на процессы трансформации цепочек поставок.

Литература

1. *Overcoming Barriers to NextGen Supply Chain Innovation. The MHI Annual Industry Report [Electronic resource]. – Deloitte, 2018. – Mode of access: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/consumer-business/deloitte-cn-consumer-the-next-generation-supply-chain-en-190517.pdf>. – Date of access: 15.03.2020.*
2. Lyall, A. *The Death of Supply Chain Management* / A. Lyall, P. Mercier, S. Gstettner // *Harvard Business Review*. – 2018. – No. 15. – P. 2–4.
3. Akbari, M. *Impact of Additive Manufacturing on the Vietnamese Transportation Industry: An Exploratory Study* / M. Akbari, N. Ha // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. – 2020. – Vol. 36, No. 2. – P. 78–88.
4. Akbari, M. *The Changing Business Landscape in Iran: Establishing Outsourcing Best Practices* / M. Akbari, J. Hopkins // *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*. – 2016. – Vol. 9, No. 3. – P. 184–197.
5. König, A. *The Effect of Logistics Outsourcing on the Supply Chain Vulnerability of Shippers: Development of a Conceptual Risk Management Framework* / A. König, S. Spinler // *International Journal of Logistics Management*. – 2016. – Vol. 27, No. 1. – P. 122–141.
6. Akbari, M. *Factors Affecting Outsourcing Decisions in Iranian Industries* / M. Akbari. – Melbourne: Victoria University, 2013.
7. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management* / M. Christopher. – Pearson UK, 2016.
8. Winter, M. *Exploring the Integration of Sustainability and Supply Chain Management* / M. Winter, A.M. Knemeyer // *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. – 2013. – Vol. 43, No. 1. – P. 18–38.
9. Akbari, M. *Corporate Social Responsibility and Corporate Citizenship in Sustainable Supply Chain: A Structured Literature Review* / M. Akbari, R. McClelland // *Benchmarking: An International Journal*. – 2020. – No. 2. – P. 258–265.
10. Chopra, S. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* / S. Chopra, P. Meindl, D.V. Kalra. – Pearson Boston, MA, 2013. – Vol. 232.
11. Schinckus, C. *Corporate Social Responsibility in Sustainable Supply Chain Management: An Econo-Bibliometric Perspective* / C. Schinckus, M. Akbari, S. Clarke // *Theoretical Economics Letters*. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 247.
12. Arlbjørn, J.S. *Exploring Supply Chain Innovation* / J.S. Arlbjørn, H. de Haas, K.B. Munksgaard // *Logistics Research*. – 2011. – Vol. 3, No. 1. – P. 3–18.
13. Montgomery, K. *A Blueprint for Successful Supply Chain Innovation [Electronic resource]* / K. Montgomery // *Supply Chain Quarterly*. – 2018. – Q. 2. – Mode of access: https://digital.supplychainquarterly.com/supplychain/q2_2018?pg=38#pg38. – Date of access: 15.03.2020.
14. Waller, M.A. *Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management* / M.A. Waller, S.E. Fawcett // *Journal of Business Logistics*. – 2013. – Vol. 34, No. 2. – P. 77–84.
15. *Vietnam's Supply Chains Hit by COVID-19: Challenges and Opportunities [Electronic resource]* / M. Akbari // *The Saigon Times*. – 2020. – Mode of access: <https://english.thesaigontimes.vn/75455/vietnam%E2%80%99s-supply-chains-hit-by-covid-19-challenges-and-opportunities.html>. – Date of access: 15.03.2020.
16. Tjahjono, B. *What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain?* / B. Tjahjono [et al.] // *Procedia Manufacturing*. – 2017. – No. 13. – P. 1175–1182.
17. Oesterreich, T.D. *Understanding the Implications of Digitization and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry* / T.D. Oesterreich, F. Teutenberg // *Computers in Industry*. – 2016. – No. 83. – P. 121–139.
18. Lasi, H. *Industry 4.0* / H. Lasi [et al.] // *Business & Information Systems Engineering*. – 2014. – Vol. 6, No. 4. – P. 239–242.
19. Lee, J. *A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems* / J. Lee, B. Bagheri, H.-A. Kao // *Manufacturing Letters*. – 2015. – No. 3. – P. 18–23.
20. Piccarozzi, M. *Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review* / M. Piccarozzi, B. Aquilani, C. Gatti // *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10, No. 10. – P. 3821 p.
21. Unitsky, A. *String Transport Systems: On Earth and in Space: Scient. Publication* / A. Unitsky. – Silakrogs: PNB Print, 2019. – 560 p.: il.
22. Liu, Y. *An Internet-of-Things Solution for Food Safety and Quality Control: A Pilot Project in China* / Y. Liu [et al.] // *Journal of Industrial Information Integration*. – 2016. – No. 3. – P. 1–7.
23. Rübmann, M. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* / M. Rübmann [et al.] // *Boston Consulting Group*. – 2015. – Vol. 9, No. 1. – P. 54–89.
24. Durach, C.F. *The Impact of Additive Manufacturing on Supply Chains* / C.F. Durach, S. Kurpjuweit, S.M. Wagner // *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. – 2017. – Vol. 47, No. 10. – P. 954–971.
25. Dwivedi, G. *Analysis of Barriers to Implement Additive Manufacturing Technology in the Indian Automotive Sector* / G. Dwivedi, S.K. Srivastava, R.K. Srivastava // *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. – 2017. – Vol. 47, No. 10. – P. 972–991.
26. Petrick, I.J. *3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition* / I.J. Petrick, T.W. Simpson // *Research-Technology Management*. – 2013. – Vol. 56, No. 6. – P. 12–16.
27. Weller, C. *Economic Implications of 3D Printing: Market Structure Models in Light of Additive Manufacturing Revisited* / C. Weller, R. Kleer, F.T. Piller // *International Journal of Production Economics*. – 2015. – No. 164. – P. 43–56.
28. *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Profects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf., Maryina Gorka, 21 June 2019* / *Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky*. – Minsk: Paradox, 2019. – 240 p.
29. Yang, S.-H. *Internet of Things* / S.-H. Yang // *Wireless Sensor Networks*. – Springer, 2014. – P. 247–261.
30. Wortmann, F. *Internet of Things*. / F. Wortmann, K. Flüchter // *Business & Information Systems Engineering* – 2015. – Vol. 57, No. 3. – P. 221–224.
31. Atzori, L. *The Internet of Things: A Survey* / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // *Computer Networks*. – 2010. – Vol. 54, No. 15. – P. 2787–2805.
32. Miles, J. *The Potential Application of Artificial Intelligence in Transport* / J. Miles, A.J. Walker // *IEE Proceedings – Intelligent Transport Systems*. – 2006. – Vol. 153, No. 3. – P. 183–198.
33. Shadrin, S.S. *Experimental Autonomous Road Vehicle with Logical Artificial Intelligence* / S.S. Shadrin, O.O. Varlamov, A.M. Ivanov // *Journal of Advanced Transportation*. – 2017.
34. Zhuravskaya, M. *Forming of the Regional Core Transport Network Taking into Account the Allocation of Alternative Energy Sources Based on Artificial Intelligence Methods* / M. Zhuravskaya, V. Tarasyan // *Transport Problems*. – 2014. Vol. 9, No. 4. – P. 121–130.
35. Min, H. *Artificial Intelligence in Supply Chain Management: Theory and Applications* / H. Min // *International Journal of Logistics: Research and Applications*. – 2010. – Vol. 13, No. 1. – P. 13–39.
36. *Artificial Intelligence is Poised to Disrupt the Workplace. What Will the Company of the Future Look Like – and How Will People Keep Up? [Electronic resource]*. – *McKinsey Quarterly*, 2017. – Mode of access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/getting-ready-for-the-future-of-work#>. – Date of access: 15.03.2020.
37. Hagen, P.E. *Making AUVs Truly Autonomous* / P.E. Hagen, O. Midtgaard, O. Hasvold // *OCEANS 2007, Vancouver, October 2007*. – IEEE, 2007.
38. Bechtsis, D. *Intelligent Autonomous Vehicles in Digital Supply Chains: A Framework for Integrating Innovations Towards Sustainable Value Networks* / D. Bechtsis [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – No. 181. – P. 60–71.
39. Heard, B.R. *Sustainability Implications of Connected and Autonomous Vehicles for the Food Supply Chain* / B.R. Heard [et al.] // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2018. – No. 128. – P. 22–24.
40. Hazen, B.T. *Back in Business: Operations Research in Support of Big Data Analytics for Operations and Supply Chain Management* / B.T. Hazen [et al.] // *Annals of Operations Research*. – 2018. – Vol. 270, No. 1–2. – P. 201–211.
41. Wang, Y. *Big Data Analytics: Understanding Its Capabilities and Potential Benefits for Healthcare Organizations* / Y. Wang, L. Kung, T.A. Byrd // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2018. – No. 126. – P. 3–13.
42. Floreano, D. *Science, Technology and the Future of Small Autonomous Drones* / D. Floreano, R.J. Wood // *Nature*. – 2015. – Vol. 521, No. 7553. – P. 460–466.
43. Nentwich, M. *The Vision of Delivery Drones* / M. Nentwich, D.M. Horváth // *TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*. – 2018. – Vol. 27, No. 2. – P. 46–52.
44. Francisco, K. *The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency* / K. Francisco, D. Swanson // *Logistics*. – 2018. – Vol. 2, No. 1. – P. 2.
45. Schneier, M. *Literature Review of Mobile Robots for Manufacturing* / M. Schneier, R. Bostelman. – U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2015. – 17 p.
46. Ganesan, P. *Warehouse Management System Using Microprocessor Based Mobile Robotic Approach* / P. Ganesan, G. Sajiv, L.M. Leo // *Third International Conference on Science Technology Engineering & Management (ICONSTEM)*, Dubai, 15–16 February 2017. – P. 868–872.
47. Steuer, J. *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence* / J. Steuer // *Journal of Communication*. – 1992. – Vol. 42, No. 4. – P. 73–93.
48. Azuma, R.T. *A Survey of Augmented Reality* / R.T. Azuma // *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. – 1997. – Vol. 6, No. 4. – P. 355–385.
49. Grajewski, D. *Immersive and Haptic Educational Simulations of Assembly Workplace Conditions* / D. Grajewski [et al.] // *Procedia Computer Science*. – 2015. – No. 75. – P. 359–368.



Новые формы управления на примере геокосмической платформы Unitsky Space

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Монченко М.С.

*Беларусь, г. Минск,
отдел адресных проектов
управления развития бизнеса ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 338.2



Раскрываются различия бизнес-моделей и форм управления традиционных линейных и современных платформенных компаний, а также приводится анализ факторов, вызывающих смещение фокуса управления с внутренней активности на внешнюю. Установлено, что геокосмическая платформа Unitsky Space имеет потенциал стать самой масштабной и значимой технологической платформой.

Ключевые слова:

бизнес-модель, платформа, платформа платформ, революция платформ, струнный транспорт, экосистема.



Введение

Мы живём в исторический период трансформации бизнес-моделей и форм управления, когда на смену традиционным линейным компаниям приходят платформенные компании, формирующие экосистемы. Движение мира в сторону платформенной экономики – это устойчивый тренд, вышедший за пределы IT (сектора информационных технологий), который в ближайшие годы изменит расклад сил на национальных и глобальном рынках. Так, по состоянию на март 2020 г. в топ-10 компаний мира по капитализации семь компаний являются платформенными: Microsoft, Apple, Amazon, Alphabet, Facebook, Alibaba, Tencent [1].

Каждая платформа имеет определённую специфику, привлекая разные группы пользователей и создавая разные формы ценности, но при этом для всех платформенных компаний характерны некоторые общие (базовые) составляющие. Цель статьи – изучение базовых принципов работы платформ и анализ применимости данных принципов для программы SpaceWay [2].

Обзор литературы

В ряде публикаций о мировых трендах консалтинговой компании McKinsey говорится, что в экономике наступает эра многосторонних бизнес-моделей – по сути, платформ [3–5]. Наиболее значимый вклад в формирование современной общей теории функционирования платформ внесли Дж. Паркер, М. Альстин и С. Чаудари [6], К. Линц, Г. Мюллер-Стивенс, А. Циммерман [7], Н. Джонсон, А. Моазед [8]. В их работах раскрыты основополагающие принципы платформ как новых моделей бизнеса; представлен сравнительный анализ традиционной линейной и платформенной моделей; обобщены и проанализированы причины необходимости изменения бизнес-модели и ценностного предложения в современном мире; приведены рекомендации традиционным компаниям, как они могут адаптироваться к изменяющемуся рынку; уделено внимание необходимости баланса между цифровыми и физическими активами; показаны примеры компаний, осуществляющих последовательные радикальные изменения, а также истории успеха и неудач организаций различных отраслей.

Авторы Дж. Паркер, М. Альстин и С. Чаудари называют процесс становления платформ революцией платформ. Н. Джонсон и А. Моазед также подчёркивают комплексность явления трансформации бизнес-моделей, указывают, что данный феномен по значимости для общества сопоставим с промышленной революцией XVIII–XIX вв.

По мнению авторов К. Линца, Г. Мюллер-Стивенса и А. Циммермана, объединение физических и цифровых ресурсов компаний трансформирует многие виды деятельности и отрасли и, соответственно, бизнес-стратегии компаний. Дж. Паркер, М. Альстин и С. Чаудари делают вывод, что в результате объединения цифровых и физических активов сформируются платформы более высокого порядка – платформы платформ.

Описание метода

В ходе исследования использовались общенаучные методы: подбор литературы, системный анализ, сравнение, описание, обобщение и систематизация.

Когда на традиционном рынке появляется платформенный бизнес, он практически всегда побеждает. В последние годы с этой целью всё больше компаний заменяют линейную систему платформенной [6, 7].

Apple эволюционировала отчасти благодаря объединению своих продуктов в облачной среде. Возможность синхронизировать данные и контент на iTunes или iCloud делает владение множеством продуктов Apple особенно ценным и куда более полезным, чем разными устройствами (например, от Sony или иного производителя электроники без возможности синхронизации). Это и приводит к новой форме роста, когда разнообразные продукты объединяются и взаимодействуют, используя общие данные. В конце 2000-х годов Apple из традиционной продуктовой компании превратилась в бизнес-платформу, компания Samsung адаптировалась к новым условиям игры, а, например, Nokia нет [8].

Традиционная бизнес-модель – линейная, в которой ценность создаётся посредством линейных процессов – цепочек создания ценности (рисунок 1). Сырьё, материалы, комплектующие от поставщиков (вход), пройдя ряд

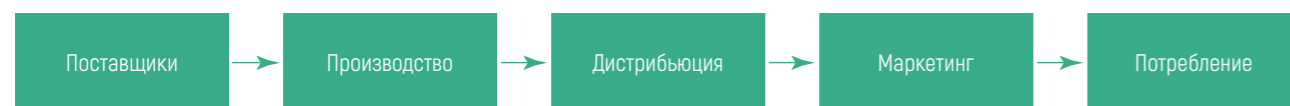


Рисунок 1 – Процесс создания ценности линейной компании

этапов (цепочку создания ценности), превращаются в готовый продукт (выход), имеющий большую ценность, чем вход. Для повышения прибыльности традиционным линейным компаниям необходимо снижать цену входа, издержки процесса и повышать ценность выхода [6, 8].

В научной литературе отсутствуют единые подходы к определению платформ, а также к их классификации. Как правило, платформенная бизнес-модель описывается как модель прямого взаимодействия и осуществления транзакций между группами пользователей посредством технологической площадки. Схема процесса представлена на рисунке 2.

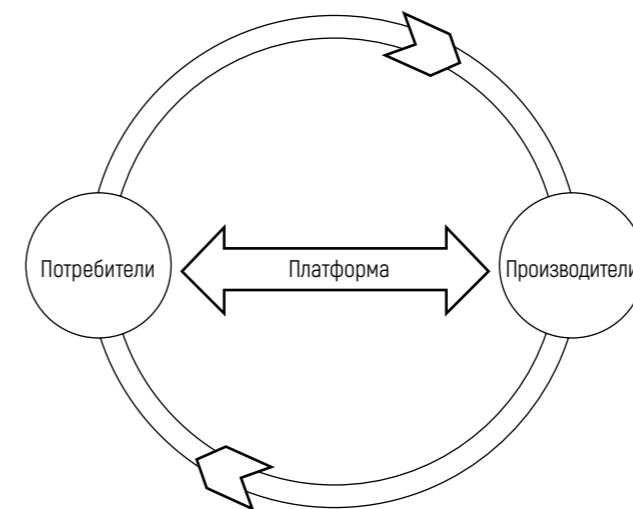


Рисунок 2 – Процесс создания ценности платформенной компании

В понятие платформы входит как сама технологическая основа, так и экосистема. Экосистема, по аналогии с природными экосистемами, – это единство сообщества организмов, среды их обитания и системы связей, каждый элемент выполняет определённую функцию в экосистеме.

В процессе взаимодействия с помощью платформы, используя её ресурсы, различные группы пользователей распространяют и потребляют информацию, создавая ценность. При этом ценность создаётся и потребляется в разных местах и разными способами именно благодаря связям, формирование которых обеспечивает платформа. Ценность не двигается линейно от производителей к потребителям по цепи поставок, как в традиционной модели [6, 8].

Основная ценность платформы создаётся сообществом пользователей, поэтому фокус управления смещается с внутренней активности на внешнюю. Внешние ресурсы не вытесняют внутренние полностью – чаще они

их дополняют. Процессы компании как будто «переворачиваются», компании-платформы делают ставку на управление экосистемой в большей степени, чем на совершенствование продукта; на партнёрство полагаются в большей степени, чем на контроль над подчинёнными. При этом контроль над отношениями становится важнее, чем контроль над ресурсами.

Оперативное управление смещается от оптимизации ассортимента компании и цепи снабжения к управлению внешними капиталами, которыми компания не управляет напрямую.

Техники монетизации платформы включают взимание комиссионного сбора, платы за расширенный доступ, платы с третьих лиц за доступ к сообществу и оплату подписки за расширенное курирование.

Существует ряд вопросов законодательства, которые уникальны для платформенного бизнеса: доступ к платформам, совместимость, честное ценообразование, защита данных и безопасность, налоговая политика и регулирование труда.

Революция платформ подразумевает использование технологий, для того чтобы объединять людей и давать им инструменты совместного создания ценности. Платформы актуальны не только для IT-компаний. Современные бизнес-модели способны трансформировать любую отрасль. Интернет вещей добавит новый уровень связности, масштабируемости и влияния платформам будущего; на базе грамотного соединения промышленных устройств возникнет мировая платформа платформ, стимулирующая развитие и служащая нуждам человечества [6].

Результаты и анализ

Технологической базой общемировой платформы может служить струнный транспорт, соответствующий описанным признакам и тенденциям: наличие физической составляющей (физических активов), оптимальное сочетание физических и цифровых активов (фиджитал), потенциал формирования экосистемы и самое важное – потенциал решения мировых экологических проблем.

По сути, идея глобальной геокосмической платформы на базе струнного транспорта сформулирована инженером А.Э. Юницким в 1980-е годы в рамках идеи безракетной индустриализации космоса [2].

В основе теории струнного транспорта лежит концепция выноса вредных производств в космос с помощью общепланетарного транспортного средства (ОТС). ОТС – геокосмический транспортно-коммуникационный комплекс многоцелевого использования для безракетного освоения

ближнего космоса. Экологически чистое ОТС, работающее исключительно на электроэнергии, позволит реально осуществить индустриализацию ближнего космоса. В процессе работы над ОТС зародилась идея создания экологичного наземного струнного транспорта эстакадного типа – Unitsky String Technologies (UST). Главный принцип струнных технологий – применение именно предельно правильных с точки зрения фундаментальных законов физики и ресурсоёмкости инженерных решений (конструктивных, технологических, эксплуатационных, цифровых) [2].

Геокосмическая платформа Unitsky Space включает (рисунок 3):

- геокосмический транспортно-инфраструктурный комплекс (ОТС); экваториальный линейный город, обслуживающий комплекс ОТС, в том числе его наземную взлётно-посадочную эстакаду; космическое индустриальное ожерелье «Орбита», охватывающее планету на низкой круговой орбите в плоскости экватора;

- наземную транспортно-коммуникационную сеть TransNet на базе эстакадного транспорта UST, совмещённую с линиями связи и электропередач, связывающую все поселения, страны и континенты на планете друг с другом и с экваториальным линейным городом скоростными, высокоскоростными и гиперскоростными струнными дорогами;

- пользователей: потребители космической индустрии – все страны мира, всё человечество;

- ценности, создаваемые на базе платформы (в том числе спасение биосферы планеты и земной технократической цивилизации, в настоящее времядвигающейся к точке невозврата согласно индустриальному вектору развития, избранного нашими древними предками); переход на новый этап цивилизационного геокосмического развития, избираемый нами и воплощаемый в недалёком будущем нашими потомками; значительное улучшение качества жизни всех жителей нашего общего дома – планеты Земля, включая человека;

- экосистему: индустриализация космоса означает создание на орбите условий для производства различных материалов, энергии, машин, получения новой информации, осуществления технологических процессов, научных экспериментов, т. е. экосистемы, которая позволяет компаниям-партнёрам предлагать ценность своего основного продукта за счёт интеграции с ОТС, что означает расширение функционала, рост ценности и стоимости основного актива ОТС.

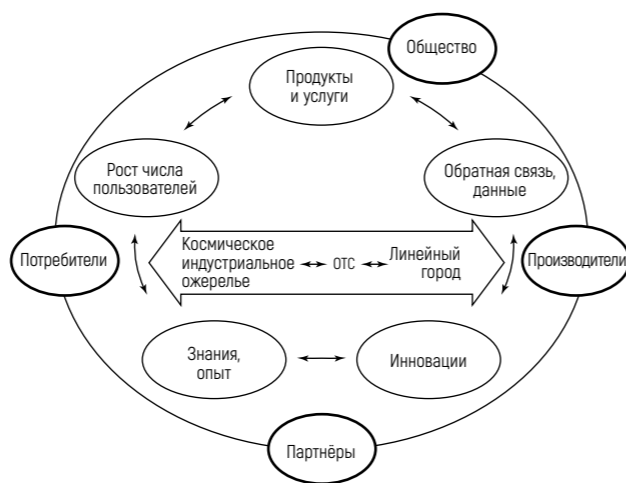


Рисунок 3 – Процесс создания ценности платформы Unitsky Space

Выводы и дальнейшие направления исследования

Платформы – одно из важнейших экономических и социальных явлений нашего времени. Для успешного бизнеса в цифровую эру необходимо правильное сочетание физических и цифровых активов, а также понимание того, как ценность производимых продуктов может быть расширена с помощью новых потоков данных и объединений пользователей. Интернет вещей добавит новый уровень связности

и силы платформам будущего, объединяя людей и устройства и обеспечивая новые способы создания ценности.

На основе изученной информации можно сделать вывод, что геокосмическая платформа Unitsky Space имеет потенциал стать самой масштабной и значимой технологической платформой для всего человечества.

Направление дальнейших исследований – изучение платформенной культуры как аналога корпоративной модели, а также рассмотрение сетевых эффектов платформы Unitsky Space: влияния количества пользователей платформы на ценность, создаваемую для каждого из них. Положительные сетевые эффекты – основной источник ценности и конкурентное преимущество в платформенном бизнесе.

Литература

1. Hunter, R. *Global Top 100 Companies by Market Capitalization [Electronic resource]* / R. Hunter [et al.]. – PricewaterhouseCoopers (PwC), 2020. – Mode of access: <https://www.pwc.com/gx/en/services/audit-assurance/publications/global-top-100-companies.html>. – Date of access: 14.07.2020.
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. Bughin, J. *Clouds, Big Data, and Smart Assets: Ten Tech Enabled Business Trends to Watch [Electronic resource]* /

J. Bughin, M. Chui, J. Manyika. – McKinsey, 2010. – Mode of access: <http://mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/clouds-big-data-and-smart-assets-ten-tech-enabled-business-trends-to-watch>. – Date of access: 14.07.2020.

4. Brown, B. *Bullish on Digital: McKinsey Global Survey Results [Electronic resource]* / B. Brown, J. Sikes, P. Willmott. – McKinsey, 2013. – Mode of access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/bullish-on-digital-mckinsey-global-survey-results>. – Date of access: 14.07.2020.
5. Bughin, J. *The Case for Digital Reinvention [Electronic resource]* / J. Bughin, L. LaBerge, A. Mellbye. – McKinsey, 2017. – Mode of access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-case-for-digital-reinvention>. – Date of access: 14.07.2020.
6. Чаудари, С. *Революция платформ. Как сетевые рынки меняют экономику – и как заставить их работать на вас / С. Чаудари, М. Альстин, Дж. Паркер; пер. с англ. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 389 с.*
7. Линц, К. *Радикальное изменение бизнес-модели: адаптация и выживание в конкурентной среде / К. Линц, Г. Мюллер-Стивенс, А. Циммерман; пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 312 с.*
8. Моazed, А. *Платформа. Практическое применение революционной бизнес-модели / А. Моazed, Н. Джонсон; пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 288 с.*



Оптимальная командная матрица для достижения целей конкретного коллектива

Ераховец Н.В.

Беларусь, г. Минск,
ООО «Астроинженерные технологии»

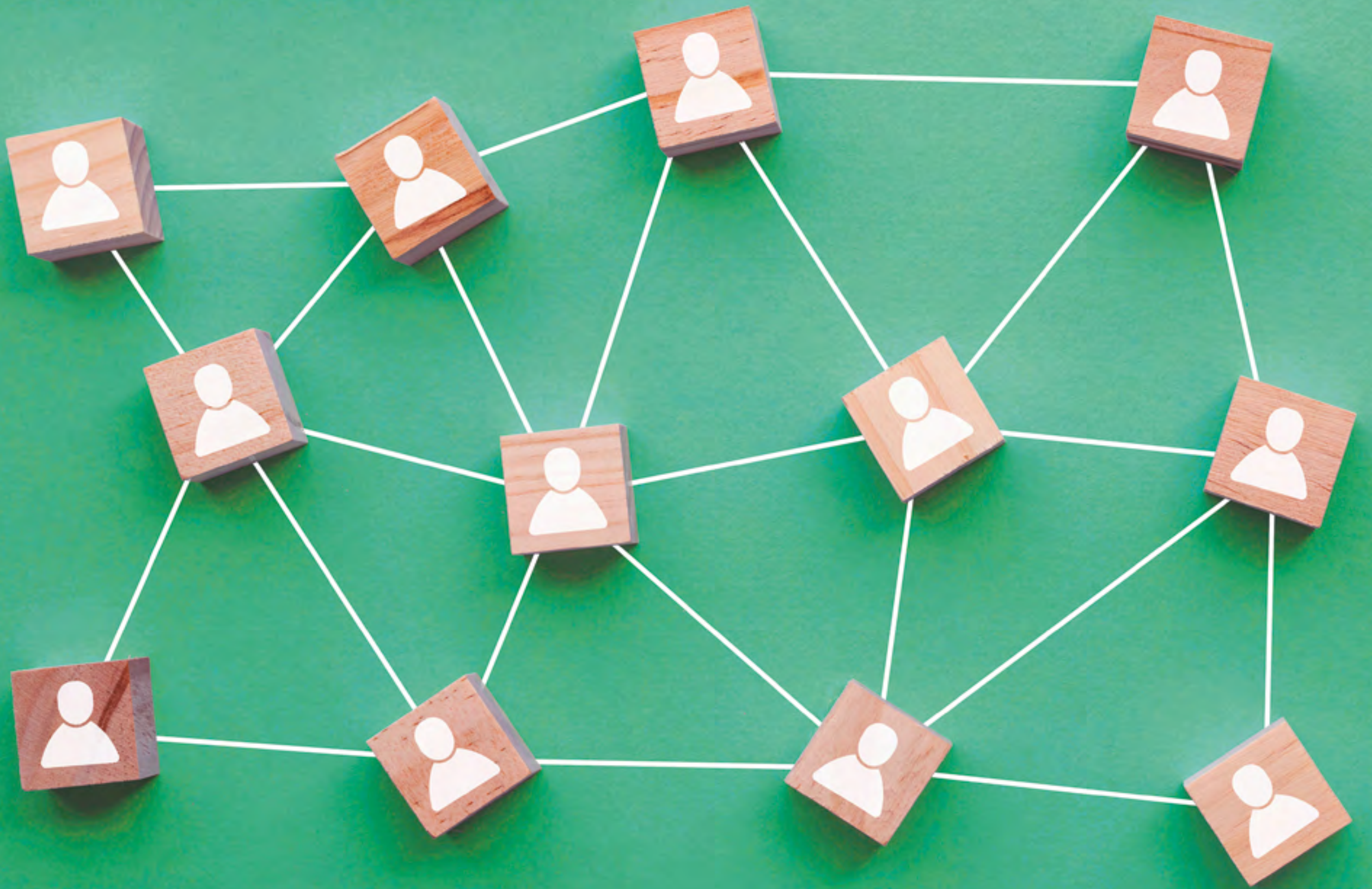
УДК 331.1



Приведён анализ существующих проблем и принципов формирования команд для достижения поставленных целей проекта или компании, оценены современные цифровые технологии в качестве инструментов для усовершенствования механизмов управления персоналом, дано описание методики построения оптимальной командной матрицы для выстраивания конкретного коллектива, в том числе для сложных проектов с замкнутой социальной системой.

Ключевые слова:

замкнутая социальная система, командная матрица, управление персоналом, формирование команды, человеческий капитал.





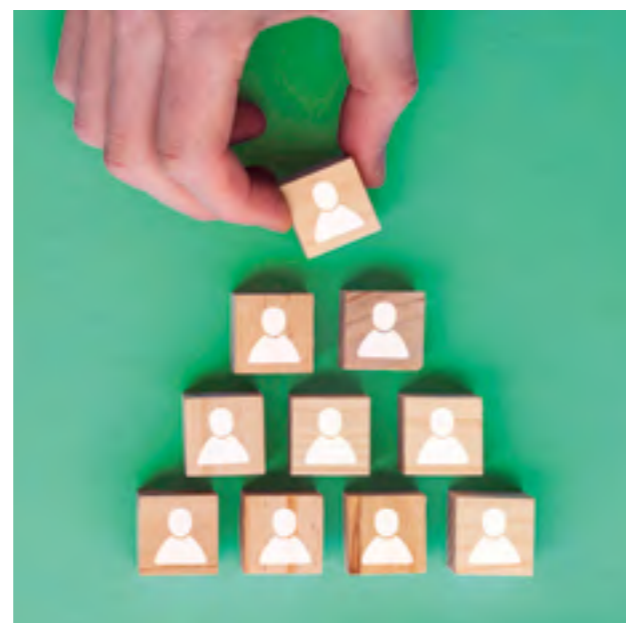
Введение

Благодаря увеличивающимся темпам развития технологий, внедрению инноваций и их влиянию на все стороны жизни современного человека мир труда кардинально меняется. Основополагающую роль в нём начинает занимать человеческий капитал, формирование которого должно происходить как в рамках отдельных компаний, так и на уровне государств [1]. Определено, что инвестиции в человеческие ресурсы, несмотря на более длительный период проявления выгоды, выходят на первый план по отношению к вложениям в материальное производство и являются движущей силой экономического роста компании или государства [2]. Мировое сообщество делает акцент на новые критерии развития трудовых ресурсов будущего, учитывающие тенденции автоматизации и роботизации процессов и основывающиеся на новых принципах реализации потенциала каждого человека [3]. Однако по-прежнему создание и пополнение коллективов многих организаций происходит стихийно, непрогнозируемо, под руководством нужд конкретного промежутка времени, что зачастую приводит к неучтённым финансовым потерям, переносу сроков реализации проектов и закрытию бизнеса [4]. Причём требования к знаниям, опыту, социально-личностным характеристикам специалистов растут, проекты усложняются, приобретают всё больше междисциплинарный и многопрофильный характер, что диктует усовершенствование подходов работы с командой на различных этапах её существования, а также использование современных цифровых инструментов для оптимизации этих процессов.

Отдельным вызовом современным методам управления персоналом стала необходимость создания команд для осуществления сложных мультифункциональных

проектов и экспериментов, например в космической сфере [5] или при реализации замкнутых экосистем, предназначенных для проживания человека [6]. Трудность рассматриваемых проектов заключается в том, что гибкость формирования команды строго ограничивается после начала самого проекта, когда специалисты уже попали в среду и сами становятся объектами исследований. При таком условии все требования к команде должны быть учтены и протестированы ещё до старта проекта, так как она должна стать не только единым профессиональным организмом, но и полноценным социальным, психологическим, коммуникативным и мотивированным целым. Выстраивание подобных коллективов и управление ими возможно лишь при объединении комплекса цифровых инструментов в единую систему, которой является предлагаемая командная матрица.

В следующем разделе настоящей статьи разбираются проблемы организации эффективной кадровой политики, возникающие перед руководителями компаний, специалистами по подбору персонала и самими членами команд, а также анализируются современные цифровые инструменты работы с человеческим капиталом. Далее описываются принципы и методы создания и использования оптимальной командной матрицы для проектов любой сложности с учётом рассмотренных проблем управления командами и возможностей современных технологий. В заключительной части изложены основные выводы по проведённому анализу и представленному решению, предложены дальнейшие направления исследований в данной сфере.



Обзор опыта формирования и управления командами

Существующие проблемы работы с командами

Неотъемлемой частью деятельности любой компании является кадровая политика, цель которой – обеспечить предприятие в условиях развивающейся инновационной экономики квалифицированными работниками с высоким человеческим капиталом [7]. Несмотря на то что вопросами кадровой политики занимается большое количество исследователей [8] и история её развития богата различными этапами преобразований, сегодня остаются актуальными многие проблемы работы с персоналом. Их можно разделить на следующие группы [9]:

- планирование состава команды;
- рациональная организация команды;
- мотивация членов команды;
- контроль команды.

Описанные в научной литературе возможные пути оптимизации работы с персоналом по основным обозначенным группам отражены в таблице 1.

Решение проблем первой группы, по мнению исследователей [8, 10, 11], заключается в грамотном планировании как на этапе создания команды, так и в процессе её функционирования, а также в проведении полноценной комплексной оценки специалистов на стадии отбора с учётом мирового опыта в сфере требований к компетентности и специфики целей проекта.

Таблица 1 – Решения проблем работы с персоналом по основным группам

1. Планирование состава команды	2. Рациональная организация команды
<p>Прогнозирование потребностей в кадрах [10].</p> <p>Проведение комплексной оценки кандидата при его отборе на определённую должность [10].</p> <p>Необходимость планирования преемственности специалистов [11].</p> <p>Способность учитывать мировую практику и опыт в сфере требований к компетентности персонала [8] и др.</p>	<p>Планирование и развитие карьеры сотрудников, их административного и профессионального роста [10, 12].</p> <p>Систематическая подготовка персонала к занятию управленческих должностей, работа с резервом [10, 12].</p> <p>Прогнозы изменения трудовой нагрузки и соответствующее реагирование [13].</p> <p>Гибкость кадровой политики в условиях постоянных внешних изменений [13].</p> <p>Непрерывное обучение членов команды и внедрение системы управления знаниями [14].</p> <p>Регулирование внутрикорпоративных коммуникаций [14].</p> <p>Выявление нереализованной части и руководство реализованной частью кадрового потенциала [8].</p> <p>Формирование атмосферы уважения, доверия, честности [8, 15] и др.</p>
3. Мотивация членов команды	4. Контроль команды
<p>Формирование условий, обеспечивающих развитие сотрудников, приобретение ими желаемых качеств и способностей [13, 15].</p> <p>Гибкая мотивационная схема оплаты труда [12].</p> <p>Механизм вовлечения работников в управление компанией [12].</p> <p>Система стратегического управления карьерой [12].</p> <p>Соответствие способов и степени задействования трудовых ресурсов потребностям самих работников [13, 15].</p> <p>Создание среды, способствующей творческому решению задач и генерированию инновационных идей [15].</p> <p>Другие значительные для специалистов возможности внутри коллектива</p>	<p>Периодическая оценка трудового потенциала работников, проверка соответствия их способностей требованиям конкретных рабочих мест [13].</p> <p>Открытость результатов оценки [13].</p> <p>Максимальное использование способностей персонала и создание соответствующих для этого социально-экономических и производственных условий [13].</p> <p>Разработка стратегии совершенствования позиции каждого сотрудника [13].</p> <p>Оценка корпоративной культуры компании и корпоративной идентичности сотрудника [16].</p> <p>Оценка оптимизма и степени вовлечённости специалиста в жизнь компании [16] и др.</p>



Комплексная оценка кандидата должна включать в себя анализ потенциала индивида: психофизиологического (тип нервной системы, темперамент, состояние здоровья, работоспособность), квалификационного (общие и специальные знания, навыки и умения, опыт) и социально-личностного (ценностные ориентиры, личностная зрелость, социальная активность и адаптированность) [8, 13, 17]. Именно от степени согласованности и развития всех сторон потенциала работника зависит результативность его труда. И если ранее при подборе персонала на конкретные должности в основном оценивалась, а где-то ещё и сейчас оценивается только соответствующая квалификация кандидата, то согласно современным тенденциям на первый план выходит значимость когнитивных, социально-поведенческих навыков и сочетание умений, которые определяют способность к адаптации (в частности, логическое мышление и уверенность в собственных силах) [1], что преимущественно требуется для специальностей с разнообразием задач и необходимостью принятия решений. Так, в развитых странах с 2001 г. доля занятых в профессиях, не связанных с рутинным трудом, выросла с 33 % до 41 %, а в странах с формирующейся рыночной экономикой – с 19 % до 23 % [1]. Данные навыки также помогают увеличить доход. Например, во Вьетнаме сотрудники, умеющие выполнять аналитические задачи, получают заработную плату ориентировочно на 25 % больше тех, кто занят рутинным трудом [18].

Существует отдельный подход, называемый компетентностным, позволяющий оценивать и прогнозировать вклад нового работника в проект на основании анализа его компетенций и соотношения полученных результатов со стратегией компании [19]. Создаётся модель компетенций, включающая в себя требуемые знания, навыки, мотивы, личностные качества кандидата, уровни перечисленных характеристик и поведенческие индикаторы. Минусом представленного подхода является его трудоёмкость, а следовательно, значительные временные и финансовые затраты, которые редко оправдываются из-за отсутствия целостной системы использования имеющихся данных.

Вторая группа рассматриваемых проблем состоит из задач организации работы команды с учётом карьерного и профессионального роста сотрудников, их обучения, управления знаниями, составления прогнозов изменения трудовой нагрузки, планов соответствующего реагирования, управления внутрикорпоративными коммуникациями и реализации всего существующего кадрового потенциала [8, 10, 12–14]. Немаловажно также формирование в коллективе атмосферы уважения, доверия, честности [8, 15].

По мнению исследователей, самым популярным решением, к которому прибегают для дополнительной мотивации сотрудников (проблемы третьей группы), является гибкая схема оплаты труда. Однако в большинстве случаев одного только данного метода недостаточно. В таблице 1 перечислены приёмы, способные стать определяющими

для построения гармоничных взаимоотношений между компанией и сотрудником, а также для поддержания высокого уровня мотивированности персонала [12, 13, 15].

Принципиальный аспект достижения понимания при взаимодействии организации и сотрудника: и компания, и каждый индивид, работающий в ней, имеют свои собственные цели. Для верного вектора развития любой кадровой политики важно осознавать равную необходимость достижения индивидуальных и корпоративных целей, что должно выражаться в поиске справедливых компромиссов при возникновении конфликтов [10]. Для того чтобы исключить текучесть кадров, следует постоянно проверять соответствие способов и степени задействования трудовых ресурсов потребностям самих работников [13].

К четвёртой группе решений относятся различные методы оценки и анализа профессионального и компетентностного соответствия сотрудника занимаемой должности и поставленным ему задачам, его трудового потенциала и возможностей развития, корпоративной идентичности и степени вовлечённости в жизнь организации [13, 16].

Кроме того, исследователями отмечено, что даже если в организации проводится регулярная оценка кадрового потенциала, то очень редко полученные результаты становятся известны сотрудникам, в том числе руководителям среднего звена, что лишает их возможности корректировать свои трудовые позиции [16]. Зачастую итоги оценки направляются руководству на рассмотрение, однако редко на их основании вырабатывается и реализуется стратегия по улучшению ситуации, проводятся анализ и прогноз изменений.

Примечательными особенностями обладают методики подбора персонала для проектов, сложных с точки зрения условий труда. Примером может служить работа на арктических территориях [20, 21], судах дальнего плавания [22, 23], в космической отрасли [5, 24, 25], при экспериментах замкнутых экосистем [6], где нахождение и труд человека связаны с сильным напряжением адаптационных систем организма, риском для здоровья, а также повышенной ответственностью каждого специалиста перед остальными членами команды (не только для достижения производственных целей, но и в отдельных случаях для выживания).

Для работы в условиях замкнутой социальной системы, которыми и являются проекты в вышеперечисленных сферах деятельности, очевидными становятся акценты на эмоциональный контроль кандидата, его внимательность, осторожность, коммуникабельность, поведение в экстремальных ситуациях, способность к монотонному труду, развитое техническое и абстрактное мышление, стрессоустойчивость, силу и волю [20–22]. Вместе с тем, как было

отмечено исследователями при проведении тестовых испытаний специалистов для трудоустройства на Севере [20], важна склонность к подобной работе самого человека, проявляющаяся у романтичных и авантюрных натур, стремящихся к неизвестному, инновационному. Данная деятельность помогает им в реализации внутренних психологических потребностей (жажды приключений, поиска лучшей жизни, смены обстановки).

Трудности, с которыми также приходится сталкиваться при формировании команд для сложных проектов, – работа с многонациональными коллективами, где специалисты говорят не только на разных языках, но и представляют различные религиозные конфессии и культурные традиции [22]. Важными для сотрудников в таком случае становятся навыки межличностного общения, эмпатические способности, терпимость, адаптированность к культурному разнообразию и толерантность, умение организовать взаимодействие подобных команд.

В наукоёмких и высокотехнологичных компаниях, разрабатывающих инновационный продукт, зачастую возникает вопрос о процентном соотношении опытных сотрудников, которые легко включаются в производственный процесс (однако их сложно переводить со старых стандартов к инновационному мышлению), и молодых специалистов, которых также следует обучать (но они значительно быстрее реагируют на новый уклад и изначально требуют меньших затрат на оплату труда) [21]. Решениями описанной проблемы могут служить плотное сотрудничество с ведущими университетами в отрасли (участие в учебных процессах, предоставление мест практики для студентов, стажировки преподавателей на производстве) и формирование собственных программ подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов [25].

Одной из ключевых трудностей работы с командой для проектов по типу замкнутых экосистем является корректность планирования нужных специалистов на начальном этапе. В подобных случаях существует острая необходимость моделирования всех происходящих в системе процессов для получения полной информации о требуемых навыках, качествах, опыте и характерах отбираемых в команду сотрудников. Изолированность системы после старта исследований не позволяет дополнять или исключать какие-либо позиции в дальнейшем. Отработка методов «проектирования» коллективов, задействованных в создании замкнутых экосистем на планете Земля [6], обеспечит подготовку к организации команд, коллективов и даже государств для космических жилых кластеров на орбите [5], а далее и для замкнутых социальных поселений, путешествующих в космическом пространстве в поисках пригодных для жизни планет.

Современные инструменты формирования человеческого капитала

Все перечисленные проблемы (от планирования до контроля персонала) имеют весомое значение в формировании человеческого капитала. Однако существующие сегодня инструменты управления данным процессом ещё не отвечают требованиям времени, они находятся лишь на пути к актуализации [26]. Об этом свидетельствуют трудности, с которыми столкнулись компании в ситуации распространения эпидемии COVID-19 и с вынужденным в связи с ней режимом самоизоляции сотрудников [27]. Новые технологии кардинально меняют подход рынка ко многим задачам, в том числе и к созданию команд, коллективов, человеческого капитала [28], что ведёт к постоянному пересмотру используемых методов. Современная научная литература

содержит значительное количество исследований, посвящённых теоретическим и практическим вопросам применения цифровых технологий и интеллектуальных систем при формировании и управлении кадровым потенциалом [28–31]. К ним относятся автоматизация и роботизация процессов, искусственный интеллект, блокчейн, Big Data, Интернет вещей, виртуальная реальность.

Автоматизация и роботизация

Автоматизация и роботизация процессов позволяют увеличить точность выполняемых процедур, повысив при этом показатели эффективности и снизив финансовые издержки [26]. Целесообразнее всего рассматриваемым способом оптимизировать процессы, связанные с вводом и обработкой данных (например, систематизация



информации о сотрудниках), а также проводить автоматизированные видео- и аудиоинтервью, тестирование и оценку персонала [20].

Искусственный интеллект

Искусственный интеллект (AI) помогает усовершенствовать процессы найма и отбора сотрудников, ускоряя этап мониторинга и сортировки резюме кандидатов на сторонних ресурсах по требуемым параметрам [26]. Кроме этого, посредством математического прогнозирования AI может проводить анализ характеристик работника, необходимого на определённую должность, и на основе полученной информации создавать рекомендации для отбора из поступающих в компанию резюме [30]. Система с помощью алгоритмов использует данные, сформированные от сопоставления шаблонов, для определения черт характера, настроения, честности соискателя и других характеристик, что исключает интуитивный анализ при подборе кандидатов человеком [32].

Минусом AI-технологий является отсутствие этического понимания у сложных цифровых систем, из-за которого возможна дискриминация по отношению к разным социальным группам [26]. Опросы показывают, что специалисты по подбору персонала относятся с недоверием к тому, что цифровые технологии смогут заменить сотрудников в областях, где нужны именно человеческие качества и мнения.

Big Data

Big Data («большие данные») – метод обработки больших объёмов структурированной и неструктурированной информации, распределённой по многочисленным каналам данных [33]. На основе описываемой технологии целесообразно составлять цифровые портреты специалистов, заполняя подробное портфолио всеми известными и необходимыми о них сведениями, что в процессе оценки и аттестации персонала может существенно сократить временные затраты и улучшить качество анализа. Получив от кандидата разрешение на обработку его персональных данных из различных источников, наниматель может пополнить цифровой портрет соискателя информацией из, например, социальных сетей и других интернет-ресурсов. Сравнив собранные материалы со сведениями из резюме, он составит более полное представление о специалисте, в том числе о его привычках, взглядах, предпочтениях, круге интересов, а также о правонарушениях, наличии судимостей, финансовых и иных обязательствах, работе родственников в компаниях-конкурентах и др. [33, 34]. Для высокотехнологичных организаций применение

технологий Big Data позволяет минимизировать кадровые, экономические, информационные риски, содействует повышению уровня конкурентоспособности всей компании за счёт эффективной системы управления персоналом.

Проблемами употребления инструментов Big Data сегодня являются сложность их технического исполнения, дороговизна [33], а также вопросы юридической ответственности при сборе конфиденциальных сведений о специалистах, страхи и озабоченность сотрудников по поводу использования, хранения и обеспечения безопасности их персональных данных компанией [34]. Вместе с тем собранные материалы зачастую не применяются в полной мере из-за отсутствия технических решений, подходящих для конкретного предприятия или проекта, внутри существующих программных комплексов.

Блокчейн

Технология цепочек информационных блоков повышает защиту информации от мошенничества и может применяться вместе с технологией Big Data в качестве системы данных об образовании, квалификационном уровне, трудовом опыте и успехах сотрудников [26]. Надёжность хранения сведений с помощью технологии блокчейн обеспечивает и кибербезопасность организации в целом.

Интернет вещей

Благодаря инструментам Интернета вещей (IoT) появилась возможность собирать и систематизировать всевозможную информацию о сотрудниках (от производительности труда до оценки их здоровья, эмоционального состояния [26], перемещения по офису и количеству потраченного времени в той или иной зоне) [32] посредством различных используемых предметов. Однако возникает вопрос этического характера, который в настоящее время ограничивает внедрение подобных методов на предприятиях.

Виртуальная реальность

Возможности виртуальной реальности (VR) внедряются в процессы обучения и адаптации новых сотрудников [26], что наиболее актуально при выполнении обязанностей в потенциально опасных для человека условиях (например, отработка навыков пожарных, пилотов, врачей, астронавтов, производственных инженеров). Обучение персонала в VR экономит средства организации, которые могут быть потрачены на преподавателей, учебное оборудование, командировки и стажировки специалистов [29]. Вместе с тем этот инструмент полезен для демонстрации навыков кандидатов уже при начальном отборе.

Использование информационных технологий в системе управления персоналом позволяет снизить временные и финансовые издержки [26], сократить бумажную отчетность (по статистике – на 72 % [30]), высвободить ресурсы для развития стратегий работы с сотрудниками, сформировать полную картину бизнеса с включением сведений о человеческом капитале организации [35]. Однако существующие методы автоматизации процессов в управлении персоналом всё ещё нуждаются в актуализации, адаптации, более глубоком рассмотрении и апробации их потенциала [28]. Во многом это связано со сложностью работы с трудно формализуемыми или вообще неформализуемыми данными, оценка которых может носить субъективный характер [35]. Речь идёт о таких характеристиках, как адаптивность, стрессоустойчивость, способность взаимодействия в коллективе и других подобных качествах, имеющих отношение к психологии и тяжело выражаемых в числовых показателях.

Несмотря на существенные плюсы современных технологий, их применение целесообразно только при наличии технических и профессиональных возможностей полноценного использования собираемой информации, а также при комплексной работе с ней. Для крупных компаний, а тем более для сложных инновационных проектов важным инструментом для агрегации данных может стать индивидуальная система управления персоналом с учётом внутренних особенностей организации – оптимальная командная матрица для достижения целей конкретного коллектива.

Принципы формирования командной матрицы и работы с ней

Формирование коллектива конкурентоспособной компании – это создание индивидуальной структуры команды, неповторимого трудового потенциала, накопление и развитие уникального человеческого капитала. Организация рабочих ресурсов для многопрофильных и сложных проектов

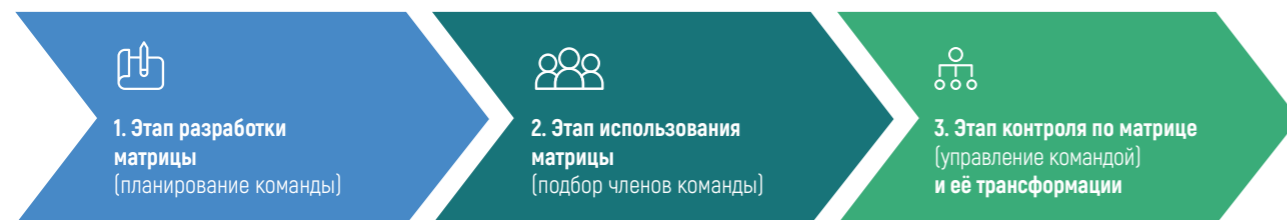


Рисунок 1 – Этапы работы с командной матрицей

(например, космических) – это вызов современным методам и опыту.

Для комплексных задач, экспериментов, исследований требуется командная матрица, которая стала бы опорным механизмом на всех этапах работы с кадровым потенциалом организации. Такая командная матрица представляет собой структурированную базу данных, связанных зависимостями, определёнными из миссии, ценностей и основных целей конкретной компании или проекта. Исходя из анализа существующих инструментов в управлении персоналом, можно сделать вывод, что выстраиваемая база данных должна быть функциональной на всех стадиях работы с коллективом – от его планирования до контроля в процессе реализации проекта (рисунок 1).

На первом этапе создаётся сама матрица. Многие исследователи подчёркивают, что базисом для построения верной кадровой политики служит общая миссия организации, её стратегия, философия и приоритеты [10, 19], что и следует принять в качестве отправной точки для формирования исходных данных. На основании корпоративной миссии определяется главная цель работы организации или проекта – итоговый результат (ИР), который нужно получить. Так, успешно функционирующая геокосмическая транспортная система, осуществляющая доступные грузоперевозки по маршруту Земля – Орбита – Земля, является итоговым результатом разработки, создания, запуска и возвращения общепланетарного транспортного средства (ОТС) [5] – безусловно, сверхсложного составного геокосмического проекта, способного объединить страны, континенты, космос и Землю.

К итоговому результату ведёт множество промежуточных результатов (ПР). Их количество и характер зависят от сложности, масштаба, специфики проекта. Для того чтобы достичь промежуточных результатов, важно выполнение соответствующих функций (Ф), закреплённых за определёнными сотрудниками. Всё вышперечисленное составляет исходные данные для формирования командной матрицы. Имея структурированный план требуемых

результатов с необходимыми для этого выполненными функциями, можно определить характеристики специалистов квалификацию (К), здоровье (З), психоэмоциональное состояние (ПЭ), социально-личностные качества (СЛ), нужные для достижения итогового результата и реализации миссии компании или проекта. Структура командной матрицы отражена на рисунке 2.

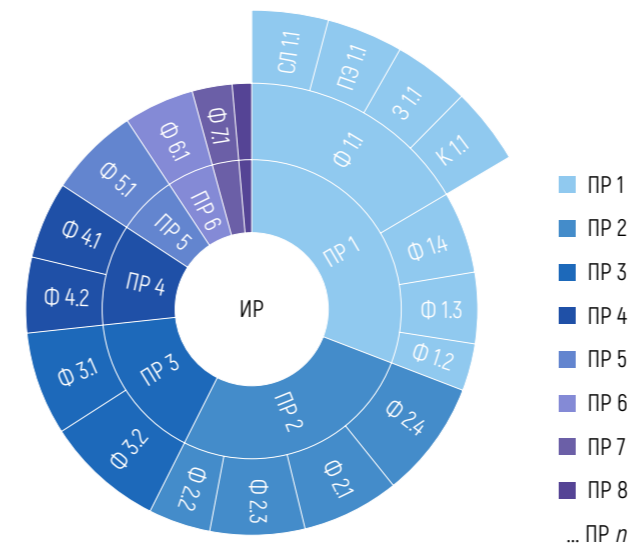


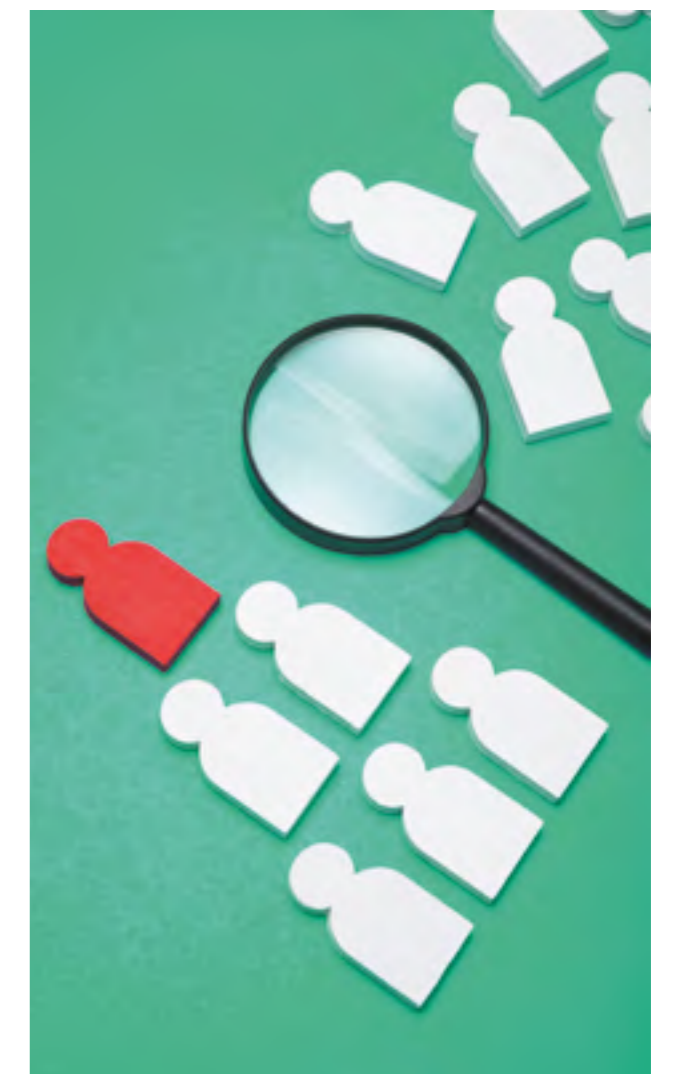
Рисунок 2 – Структура командной матрицы

Ещё одним параметром, обязательным для построения матрицы, является время, требуемое для достижения промежуточного результата при выполнении конкретной функции. В свою очередь данный показатель может быть представлен конкретным промежутком (например, десять дней по восемь часов), неограниченным периодом времени (ежедневно по два часа) или повторяющимся (три дня по восемь часов раз в полгода).

Таким образом, основные элементы матрицы – результаты, функции, характеристики специалиста и время. Стоит отметить, что акцент в матрице делается не на конкретные должности, за которыми закреплены определённые задачи, а на действия, ведущие к конкретным результатам. Изложенный подход говорит о том, что качественная командная матрица может быть построена только тогда, когда руководители проекта отчётливо понимают, к каким результатам нужно прийти, имеют продуманную стратегию действий с указанными сроками и трудозатратами, что необходимо для последовательного движения к цели. Соответственно, процесс создания командной матрицы – логическое продолжение подготовки плана реализации

проекта с определением жизненного цикла продукта или организации. Этап разработки матрицы помогает решить проблемы из первой группы (планирование состава команды).

Для формирования списка характеристик кандидата хорошо подходит рассмотренный выше компетентностный метод. В первую очередь в систему закладываются компетенции, принципиальные для осуществления миссии проекта и актуальные для каждого сотрудника. Например, для компаний из сферы услуг ключевыми качествами будут ориентированность на клиента, доброжелательность, пунктуальность; для специалистов исследовательских проектов – аналитический склад ума, терпение, масштаб и гибкость мышления, широкий кругозор; для реализации программ в сложных условиях – эмоциональный контроль, внимательность, коммуникабельность, стрессоустойчивость и т. д. Затем требуемые характеристики прописываются



для каждой отдельной функции. Вносятся соответствующие параметры квалификации, здоровья, психоэмоциональные и социально-личностные качества. Пример составления компетентностного фрагмента матрицы представлен в таблице 2.

Промежуточные результаты могут распределяться по нескольким уровням, а также разделяться на блоки с учётом сферы деятельности. В сложных проектах будет множество блоков, отвечающих за различные области проекта или его этапы. Например, при строительстве объекта отдельно рассматриваются предпроектные и проектные работы, само строительство, ввод в эксплуатацию, обслуживание во время эксплуатации и другие стадии. Детализация матрицы зависит от желаемой точности и качества дальнейших процессов: подбора членов команды и контроля работы персонала с помощью рассматриваемой системы.

По итогам заполнения матрицы формируется подробная база данных, на её основании можно совершать различные операции. Как правило, функций больше, чем ответственных за них сотрудников, что говорит о возможности закрепления нескольких задач за одним человеком. Имея список требуемых компетенций, временные сроки на выполнение возложенных обязанностей и разделение на блоки по сферам деятельности (таблица 3), посредством автоматизированных программных продуктов создаются скомбинированные профили команды (таблица 4), в которых те или иные функции фиксируются за одним или несколькими специалистами.

Полученные профили могут быть использованы для распределения задач как уже существующего коллектива (с собранными данными об имеющихся сотрудниках с помощью инструментов Big Data, Интернета вещей и других систем автоматизации процессов управления персоналом), так и для создания нового коллектива, когда подготовленные профили помогают найти максимально соответствующего нуждам проекта специалиста (второй этап работы с матрицей). Причём предлагаемая командная матрица применима не только для образования команды небольшого проекта, но и при формировании коллектива глобальных компаний. Для сложных длительных проектов предпочтительно закладывать в матрицу различные этапы жизненного цикла проекта или организации в целом. Благодаря данному инструменту можно спрогнозировать развитие, обучение и карьерный рост специалистов, трансформацию их функций с учётом нужд проекта, тем самым создав мотивирующую систему вовлечения сотрудников в выполнение задач (решение проблем второй и третьей групп). Указанные аспекты помогут методике быть гибкой в процессе роста компании.

Выстроенная концепция конкретных показателей приведёт к чёткой структуре и управляемой системе, что позволит осуществить третий этап работы с матрицей – контроль за деятельностью персонала и реализацией проекта. Пополняя матрицу в течение времени результатами труда специалистов, развитием их компетенций, дополнительными навыками и опытом, можно оценить рост

Таблица 2 – Компетентностный фрагмент матрицы на примере управления самолётом

Промежуточный результат: самолёт вылетает из точки А и успешно вовремя приземляется в точке Б	
Функция: управление самолётом	
Квалификация	Профессиональное образование, стажировка, опыт
Здоровье	Крепкое физическое здоровье, хорошее зрение и цветоразличение. Данная работа противопоказана при нарушениях функций органов зрения, вестибулярного аппарата, а также при неврологических, психических, сердечно-сосудистых расстройствах и болезнях, провоцирующих потерю сознания
Психоэмоциональное состояние	Эмоциональный контроль, внимательность, осторожность, развитое техническое и абстрактное мышление, стрессоустойчивость, сила, воля, терпение, скорость реакции, хорошая память, способность длительное время выполнять монотонные действия
Социально-личностные качества	Желание участвовать в сложных проектах, романтичность и авантюризм натуры специалиста, стремление к новому, неизвестному, инновационному; коммуникабельность

Таблица 3 – Исходные данные для формирования профиля команды

Промежуточный результат 1		
Функции, выполнение которых необходимо	Требуемое время	Требуемые характеристики специалистов
Ф 1.1	2 ч каждый рабочий день	К: «А» З: «а» ПЭ: 1; 2; 3; 4 СЛ: I; II
Ф 1.2	10 дней по 8 ч	К: «Б» З: «б» ПЭ: 1; 4 СЛ: II; IV
Ф 1.3	3 дня по 6 ч раз в полгода	К: «А» или «В» З: «в» ПЭ: 3; 4; 5 СЛ: I; II; IV
Ф 1.4	20 дней по 4 ч	К: «Б» или «С» З: «б» ПЭ: 1; 2; 4; 5; 6 СЛ: II; III

Таблица 4 – Пример скомпонованного профиля команды

Промежуточный результат 1			
Специалист	Компетенции специалиста	Выполняемые специалистом функции	Время работы
Специалист 1	К «Б» – обязательно; К «С» – дополнительно; З «б»; ПЭ 1; 2; 4; 5; 6; СЛ I; II; III	Ф 1.2 и Ф 1.4	20 дней по 4 ч Ф 1.2 и Ф 1.4 (всего 20 дней по 8 ч)
Специалист 2	К «А» – обязательно; К «В» – дополнительно; З «а», «в»; ПЭ 1; 2; 3; 4; 5; СЛ I; II; IV	Ф 1.1 и Ф 1.3	2 ч каждый рабочий день Ф 1.1 и 3 дня по 6 ч раз в полгода Ф 1.3

трудового потенциала как самих работников, так и организации в целом. Подобным образом анализируется корпоративная идентичность каждого сотрудника, а также степень его вовлечённости в жизнь компании, стремление к развитию. Командная матрица, определённые статистические

данные которой доступны не только руководству, но и сотрудникам, делает управление персоналом понятным как для тех, кто управляет, так и для тех, кем управляют.

Неотъемлемыми элементами в упрощении работы с матрицей на различных этапах служат разобранные ранее

цифровые технологии и интеллектуальные системы. Их реализация и использование способствуют получению надёжной базы данных, пополняемой и оцениваемой на всём жизненном цикле проекта или организации, а комплексное применение технологий в рамках работы с командной матрицей поможет задействовать весь их потенциал, чего невозможно достичь при их точечном внедрении.

Для проектов с замкнутой социальной системой (например, для полноценной жизни и деятельности в космосе [5, 6]), выстроенная командная матрица станет значимым инструментом на разных стадиях организации не только рабочего коллектива, но и социальной структуры формируемого общества. Наряду с адаптацией биологических систем, выстраиванием трофических связей и установлением саморегуляции замкнутой экосистемы важно проводить адаптацию и апробацию новых общественных структур и институтов в целях организации самодостаточного автономного коллектива для долгосрочных (в несколько поколений) космических проектов. Первоначальная адаптация и апробация данных коллективов должна проходить на Земле, для чего нужны гибкие инструменты планирования, создания и контроля всей системы. В матрицу вносятся проектируемые параметры социальных общностей и институтов с планами и прогнозами их устойчивого развития, а также требуемые для них характеристики подбираемых людей. После начала функционирования прототипов автономных космических поселений в матрице фиксируются изменения, происходящие в системе, корректируются

прогнозы и при необходимости готовятся решения по доработке исходного плана для достижения поставленных целей и сохранения гармоничного устойчивого развития построенного общества.

Трудоёмкость создания командной матрицы очевидна, однако стоит осознавать, что существенная работа реализуется на начальном этапе, когда вносится большой объём информации. Данный этап логически продолжает определение стратегии и плана воплощения проекта. Далее сформированная система станет не только опорой и помощником в выполнении миссии компании или проекта, но и готовым программным продуктом, на базе которого можно разрабатывать командные матрицы для других сфер деятельности, в том числе и для коммерческого использования.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Для успешной реализации проектов различной сложности в современном стремительно меняющемся мире следует использовать актуальные и эффективные инструменты формирования и управления человеческим капиталом, являющимся одной из основных ценностей современных предприятий. Таким универсальным инструментом может стать оптимальная командная матрица для достижения целей конкретного коллектива в связке с актуальными цифровыми технологиями и интеллектуальными системами.



Она поможет решить проблемы планирования, создания и контроля команды, а также структурировать собираемые данные и автоматизировать процессы управления персоналом. Для сложных проектов с замкнутой социальной системой разработанная командная матрица будет средством исследования механизмов формирования и адаптации социальных структур и институтов.

Затронутый вопрос выстраивания и развития автономного общества представляет огромный интерес в силу своей перспективности в космической отрасли. В настоящее время мировой опыт возникновения и развития социальных структур ограничен условиями планеты Земля и продолжительными периодами их зарождения и становления, что не позволяет рассматривать существующие системы как полноценный аналог вновь создаваемых. Дальнейшая работа по теме будет направлена на изучение и поиск решений формирования замкнутых социальных систем для автономных поселений с выбором оптимальной организации институциональной структуры общества, с её интеграцией в проектируемые условия и соответствующими системами управления, необходимыми для гармоничного и устойчивого развития как построенного общества в целом, так и каждого его индивида.

Литература

1. *World Development Report 2019: The Changing Nature of Work [Electronic resource].* – 2019. – Mode of access: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30435>. – Date of access: 15.06.2020.
2. *Проект развития человеческого капитала [Электронный ресурс].* – 2018. – Режим доступа: <http://documents1.worldbank.org/curated/ru/772591566979744762/pdf/The-Human-Capital-Project.pdf>. – Дата доступа: 15.06.2020.
3. *The Global Human Capital Report 2017 [Electronic resource].* – 2017. – Mode of access: <https://www.weforum.org/reports/the-global-human-capital-report-2017>. – Date of access: 15.06.2020.
4. *Середа, Д.Г. Пути эффективизации найма персонала в современных организациях / Д.Г. Середа, О.А. Лымарева // Экономика устойчивого развития.* – 2016. – № 2 (26). – С. 302–306.
5. *Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий.* – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
6. *Юницкий, А.Э. Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели,*

назначение / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 51–57.

7. *Сланченко, Л.И. Кадровая политика предприятия в условиях становления инновационной экономики / Л.И. Сланченко, О.Н. Валькович // Экономика устойчивого развития.* – 2016. – № 2 (26). – С. 306–309.
8. *Развитие кадрового потенциала на основе системы управления знаниями в организациях: монография / под ред. О.С. Резниковой.* – Симферополь: Ариал, 2019. – 186 с.
9. *Павленко, И.А. Кадровая политика на предприятии: проблемы и поиски их решения / И.А. Павленко [и др.] // Экономика устойчивого развития.* – 2016. – № 2 (26). – С. 279–282.
10. *Бочкарева, В.Н. Особенности формирования кадровой политики медицинской организации в современных условиях / В.Н. Бочкарева, А.Р. Ермолаев // Вестник науки и образования.* – 2017. – № 6 (30). – С. 103–107.
11. *Hall-Ellis, S.D. Succession Planning and Staff Development – a Winning Combination / S.D. Hall-Ellis // The Bottom Line.* – 2015. – Vol. 28, No. 3. – P. 95–98.
12. *Мозгачев, М.И. Особенности формирования и развития управленческого потенциала организации на современном этапе / М.И. Мозгачев // Актуальные проблемы современности: наука и общество.* – 2018. – № 2 (19). – С. 34–37.
13. *Макушкин, С.А. Особенности формирования кадрового потенциала организации (коллектива) в современных условиях / С.А. Макушкин // Материалы Афанасьевских чтений.* – 2014. – № 12. – С. 46–51.
14. *Хаматнурова, Е.Н. Управление человеческими ресурсами в системе управления корпоративными знаниями / Е.Н. Хаматнурова, Н.С. Гужавина // Науковедение.* – 2013. – № 6 (19). – С. 109.
15. *Tanner, F.R. On Motivating Engineers / F.R. Tanner // Managing Technologically Driven Organizations: The Human Side of Innovation and Change: Engineering Management Conference.* – New York, 2003. – P. 214–218.
16. *Чусовитина, Е.В. Методические подходы к управлению персоналом медицинских учреждений / Е.В. Чусовитина, Н.В. Брыксина // Студенческий форум.* – 2017. – № 15 (15). – С. 15–18.

17. Маслова, В.М. Управление персоналом: учебник и практикум / В.М. Маслова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 431 с.
18. *Skilling Up Vietnam: Preparing the Workforce for a Modern Market Economy [Electronic resource].* – 2014. – Mode of access: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/283651468321297015/pdf/888950PUB0Box30Iso0829400June172014.pdf>. – Date of access: 15.06.2020.
19. Слепцова, Е.В. Компетенции как современная парадигма управления персоналом / Е.В. Слепцова, О.Н. Валькович // Экономика устойчивого развития. – 2016. – № 2 [26]. – С. 309–314.
20. Рытова, Е.В. Использование цифровых технологий в подборе и отборе персонала для работы на арктических территориях / Е.В. Рытова, А.С. Лукашина // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2018. – № 3. – С. 55–62.
21. Каткова, Т.В. Функциональные особенности и целевая ориентация системы управления персоналом на предприятиях в условиях арктической зоны РФ / Т.В. Каткова, В.Н. Соломонова, И.А. Аркадьева // *Colloquium-journal.* – 2020. – № 2 [54]. – С. 181–183.
22. Пекарь, Е.В. Личностные качества в профессиональной деятельности морского специалиста / Е.В. Пекарь, Е.А. Иваницкая // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2019. – № 2. – С. 39–50.
23. Аблогин, Д.А. Взаимосвязь эффективности деятельности морских специалистов с их профессиональными и личностными качествами / Д.А. Аблогин, В.А. Чикер // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 137–160.
24. Бражникова, Н.Б. Зарубежный опыт в области управления кадрами и возможность его применения в российских ракетно-космических организациях / Н.Б. Бражникова, Е.С. Каплун, М.С. Полякова // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 9. – С. 128–135.
25. Надточий, Ю.Б. Проблемы ресурсного обеспечения предприятий ракетно-космической отрасли / Ю.Б. Надточий, Л.И. Горелова // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – № 2. – С. 541–558.
26. Михайлов, А.А. Особенности автоматизации HR-процессов в российских компаниях / А.А. Михайлов, В.И. Федулов // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 2 [37]. – С. 194–199.
27. *Returning to Work in the Future of Work [Electronic resource].* – 2020. – Mode of access: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/human-capital-trends/2020/covid-19-and-the-future-of-work.html>. – Date of access: 15.06.2020.
28. Донской, Д.В. Об интеллектуализации компьютерных систем управления персоналом / Д.В. Донской // Евразийский союз учёных. – 2016. – № 1-1 [22]. – С. 44–46.
29. Лыско, Е.П. Как цифровые технологии меняют HR / Е.П. Лыско // Экономика глазами молодых: материалы регион. науч.-практ. конф. студентов и молодых учёных, Томск, 17–20 апреля 2019 г. / Институт экономики и менеджмента Томского государственного университета; под общ. ред. Д.М. Хлопцова. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2019. – С. 73–76.
30. Шевелева, А.В. Практика применения искусственного интеллекта в сфере управления персоналом нефтегазовых компаний / А.В. Шевелева, В.С. Шевелев // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2019. – № 3. – С. 354–360.
31. Чуланова, О.Л. Возможности применения VR и искусственного интеллекта в управлении персоналом / О.Л. Чуланова, Е.В. Фомина // Журнал экономических исследований. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 3–7.
32. Семина, А.П. Автоматизация процесса управления персоналом / А.П. Семина // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 1 [36]. – С. 216–220.
33. Фурсов, А.Л. Новые методы в отборе персонала: основные характеристики «цифрового следа» соискателя должности / А.Л. Фурсов // Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук и образования: сущность, концепции, перспективы: материалы VII междунар. науч. конф., Саратов, 15 апреля 2019 г. / под ред. Р.З. Назарова [и др.]. – Саратов: Саратовский источник, 2019. – С. 1057–1062.
34. Попазова, О.А. Управление персоналом на основе анализа больших данных: риски и возможности / О.А. Попазова, Н.Н. Шихова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2019. – № 3 [117]. – С. 110–115.
35. Ходыревская, В.Н. Автоматизация управления человеческим капиталом как важное условие роста эффективности труда / В.Н. Ходыревская, О.С. Егорова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2. – С. 11–13.





Выбор источников финансирования некоммерческого фонда EcoSpace

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Волошина С.А.

*Беларусь, г. Минск,
управление развития бизнеса ЗАО «Струнные технологии»*

Волосевич Е.А.

*Беларусь, г. Минск,
отдел адресных проектов
управления развития бизнеса ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 336.64



Рассмотрены и изучены варианты источников финансирования на примере существующих успешных некоммерческих организаций, а также определены ключевые источники финансирования некоммерческого фонда EcoSpace. Анализ сфокусирован на нескольких категориях некоммерческих организаций: защита окружающей среды, решение экологических проблем и освоение космоса. Научная новизна исследования заключается в том, что в данной работе впервые установлены основные источники финансирования некоммерческого фонда EcoSpace.

Ключевые слова:

источники финансирования, некоммерческая организация, пожертвования, структура доходов, структура расходов.

06.79

23.65



0.579



83.22

20.68



32.99

06.44

09.01



83.97

0.597

45.02

2.79



65.79

03.863

30.70

76.34

47.623

1.058

03.71

55.25

25.78

13.49

05.79



03.71

20.32

50.14

46.37



Введение

Перед некоммерческой организацией не ставится задача получения прибыли, а полученная прибыль не распределяется между участниками. Для устойчивого и надёжного функционирования необходим стабильный источник финансирования на длительный период времени. Ввиду негибкой системы оказания материальной поддержки некоммерческая структура часто сталкивается с проблемой нехватки денежных средств для реализации проектов. Следовательно, очень важно правильно определить основные источники дохода. Целью данной статьи является создание концепции финансирования некоммерческой компании, деятельность которой направлена на решение глобальных экологических проблем и спасение человечества путём вынесения вредных производств за пределы земной биосферы. Авторы в том числе рассматривают варианты предоставления денежной помощи некоммерческим организациям, а также методы финансирования программ, занимающихся вопросами освоения космоса.

Актуальность обозначенной темы заключается в том, что выбор источников субсидирования играет большую роль в развитии некоммерческого фонда EcoSpace. Его миссия – реализация инженерных решений, которые позволят справиться с наиболее острыми глобальными проблемами

человечества, связанными с загрязнением окружающей среды, нерациональным использованием ресурсов, а также с нарушением принципа устойчивости биосферы.

Основные цели фонда EcoSpace:

- здоровье индивидуума в частности и социума в целом;
- сохранение природы как среды обитания человека;
- ориентация на семейные ценности и жизнь будущих поколений;
- сохранение многообразия живых организмов;
- раскрытие потенциала, заложенного природой в человеке, с помощью новых технологий освоения космоса [1].

В статье поднимается вопрос выбора наиболее устойчивых и надёжных источников финансирования фонда EcoSpace.

Обзор источников финансирования наиболее известных некоммерческих организаций, цели которых коррелируют с целями EcoSpace

В таблице приведена методология подбора источников финансирования некоммерческих фондов тематической направленности.

Таблица – Источники финансирования некоммерческих фондов тематической направленности

Наименование	Год основания	Направленность деятельности	Бюджет	Источники финансирования
1	2	3	4	5
World Wildlife Fund (WWF) – Всемирный фонд дикой природы	1961	Предотвращение нарастающей деградации естественной среды планеты и достижение гармонии человека и природы. Главная цель – сохранение биологического разнообразия Земли	<p>Доходы 2019 г. – 308 292 650 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • индивидуальные пожертвования – 39 %; • пожертвования в натуральном выражении/другие – 26 %; • правительственные гранты – 11 %; • фонды – 8 %; • социальные сети – 6 %; • взносы от неоперативной деятельности – 6 %; • корпоративные взносы – 4 %. <p>Расходы 2019 г. – 308 400 477 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программы – 81 %; • административные расходы – 6 %; • фандрайзинг – 13 % [2] 	<p>Индивидуальные пожертвования</p> <p>Правительственные гранты</p> <p>Пожертвования в натуральном выражении</p> <p>Пожертвования от фондов</p> <p>Социальные сети</p> <p>Взносы от неоперативной деятельности</p> <p>Корпоративные взносы</p>

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
GreenPeace – международная независимая неправительственная экологическая организация	1971	Противостояние системам, угрожающим окружающей среде	<p>Доходы 2018 г. – 360 084 000 EUR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • гранты и индивидуальные пожертвования – 98 %; • другие – 2 %. <p>Расходы 2018 г. – 220 661 000 EUR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программы – 71 %; • организационная поддержка – 26 %; • потери на курсе валют – 3 % [3] 	Существует только на пожертвования граждан и частных благотворительных фондов; не принимает денег от государственных, коммерческих структур и политических партий
Friends of the Earth (FoEI) – международная сеть экологических организаций	1969	Обеспечение экологической и социальной справедливости, человеческого достоинства, уважения прав каждого человека и групп людей; предотвращение деградации окружающей среды, истощения природных ресурсов; укрепление экологического и культурного разнообразия Земли	<p>Доходы 2018 г. – 3 402 952 EUR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • гранты – 80 %; • членские взносы – 19 %; • пожертвования – 1 %. <p>Расходы 2018 г. – 3 505 248 EUR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программы – 39 %; • управление – 8 %; • административные расходы – 6 %; • фандрайзинг – 3 % [4] 	Гранты Членские взносы Индивидуальные пожертвования
Forest Stewardship Council (FSC) – Лесной попечительский совет	1993	Контроль разработки глобальных стандартов ответственного управления лесами (область лесной сертификации)	<p>Доходы 2018 г. – 37 325 000 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ежегодные административные сборы – 79 %; • пожертвования – 2 %; • доход от ASI – 15 %; • коммерческие сборы – 2 %; • членские взносы – 1 %; • другие – 1 %. <p>Расходы 2018 г. – 33 728 000 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • персонал – 28 %; • путевые расходы – 8 %; • с участием третьей стороны – 59 %; • операционные расходы – 5 % [5] 	Основной доход – отчисления держателей сертификатов (на продажу древесины)
Électricité de France S.A. (EDF) – крупнейшая государственная энергогенерирующая компания Франции	1967	Сохранение природных систем; решение наиболее серьезных экологических проблем	<p>Доходы 2019 г. – 202 755 192 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • пожертвования и членские взносы – 68 %; • пожертвования от фондов и других институтов – 23 %; • инвестиции/другой доход – 4 %; • средства, переданные по наследству, – 4 %; • гранты – 1 %. <p>Расходы 2019 г. – 201 343 856 USD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • программы – 82 %; • другие – 18 % [6] 	Пожертвования и членские взносы Пожертвования от фондов и других институтов Инвестиции Средства, переданные по наследству Гранты

1	2	3	4	5
Global Nest – международная ассоциация учёных, технологов, инженеров и других специалистов	1997	Продвижение изучения экологических наук, технологий и политики, максимально широкое распространение знаний в области науки об окружающей среде, обмен информацией между учёными и академическими кругами, бизнесом, промышленностью, политиками и широкой общественностью	Доходы 2019 г. – 84 239 000 GBP: • гранты – 18 %; • пожертвования и ежегодные административные сборы – 81 %; • другие – 1 %. Расходы 2019 г. – 127 854 000 GBP: • персонал – 15 %; • амортизация – 7 %; • административные и инвестиционные расходы – 56 %; • процентные выплаты – 22 % [7]	Гранты Пожертвования и ежегодные административные сборы
IRENA – международное агентство по возобновляемым источникам энергии	2009	Поддержание повсеместного внедрения и устойчивого использования всех видов возобновляемых источников энергии с целью достижения устойчивого развития, доступа к энергии, энергетической безопасности и низкоуглеродного экономического роста	Доходы 2014 г. – 41 899 000 USD: • обязательные взносы – 48 %; • добровольные взносы – 43 %; • взносы в натуральном выражении – 8 %; • доходы от инвестиций – менее 1 %; • другие – менее 1 %. Расходы 2014 г. – 35 258 000 USD: • персонал – 42 %; • консультационные услуги – 29 %; • встречи – 12 %; • путевые расходы – 3 %; • операционные расходы – 11 %; • амортизация – 3 %; • потери на курсе валют – менее 1 % [8]	Обязательные взносы Добровольные взносы Взносы в натуральном выражении
Некоммерческая организация по освоению космоса				
The Planetary Society – американская неправительственная некоммерческая организация	1980	Расширение возможностей человечества в области космической науки; исследование космического пространства	Доходы 2019 г. – 5 822 428 USD: • пожертвования – 40 %; • прибыль от инвестиций – менее 1 %; • членство – 57 %; • другие – 1 %; • продажи – 1 %; • специальные мероприятия – 1 %. Расходы 2019 г. – 4 927 577 USD: • программы – 66 %; • менеджмент – 17 %; • фандрайзинг – 17 % [9]	Пожертвования Прибыль от инвестиций Членство Продажи Специальные мероприятия

Структура доходов и расходов некоммерческого фонда EcoSpace

На основе проанализированных вариантов источников финансирования некоммерческих организаций в области экологии, защиты окружающей среды, а также космоса авторы данной работы определили структуру доходов и расходов некоммерческого фонда EcoSpace (рисунок 1).

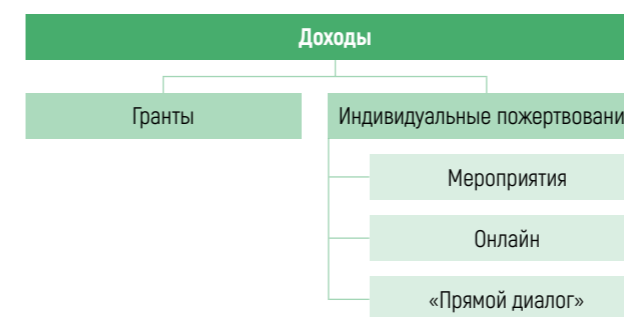


Рисунок 1 – Структура доходов некоммерческого фонда EcoSpace

Гранты. Данный источник финансирования предполагает получение безвозмездных денежных средств от частных и общественных фондов для реализации проекта EcoSpace. Грантодатели могут быть как государственные, так и частные. Гранты выплачиваются различными фондами безвозмездно на конкурсной основе. Для получения грантов необходимо определиться с выбором фонда и в соответствии с его требованиями и рекомендациями правильно составить заявку [10].

Индивидуальные пожертвования. Согласно данным Charity Navigator в 2017 г. частные лица выделили свыше 286 млрд USD, что составляет 70 % от всего объема пожертвований. Из этого следует, что индивидуальные взносы – наиболее существенный источник финансирования [11].

Пожертвования от частных лиц можно получить следующими способами.

- Мероприятия. Это могут быть праздники, выставки, балы, лотереи, концерты, аукционы, распродажи, обеды и т. д. Обычно применяется довольно стандартный сценарий проведения акций: определяется целевая аудитория, на которую рассчитана акция; устанавливается примерная сумма, которую организация планирует собрать; проводится предварительная работа (особый акцент – на средства

массовой информации); разрабатываются печатные материалы и пакет рекламной продукции, после чего проходит сама акция. Затем, как правило, в той или иной форме следует отчёт о достигнутых результатах с выражением благодарности всем принявшим участие в акции.

- Онлайн. К данному ключевому способу получения индивидуальных пожертвований следует отнести: рассылки; пожертвования через сайты (сайт организации и сайты-агрегаторы, в том числе краудфандинг); интернет-аукционы; блоги и другие дневниковые сервисы; мобильные приложения для совершения пожертвований; привлечение пожертвований через социальные сети.

- «Прямой диалог». Суть этого способа: добровольцы или сотрудники подходят к людям на улице, индивидуально каждому рассказывают о деятельности организации, приводя примеры, заинтересовывая и объясняя, как именно конкретный человек может помочь (делая частное пожертвование). Однако для такой технологии, несмотря на эффективность (достигаемую за счёт адресности и живого человеческого общения), необходимы значительные ресурсы и определённая подготовка. Стоит отметить, что окупаемость проявляется не сразу, это довольно длительный процесс, который занимает примерно 1–3 года. Таким образом, организация должна иметь средства на инвестиции и вести последовательную работу с регулярными донорами.

Ниже приведена структура расходов некоммерческого фонда EcoSpace (рисунок 2).

Реализация проектов. Проанализированная выше структура расходов некоммерческих организаций показывает, что основная часть – это реализация проектов и программ.

Административно-хозяйственные затраты. Включают в себя оплату труда персонала, содержание и эксплуатацию офисного помещения, издержки на служебные командировки.

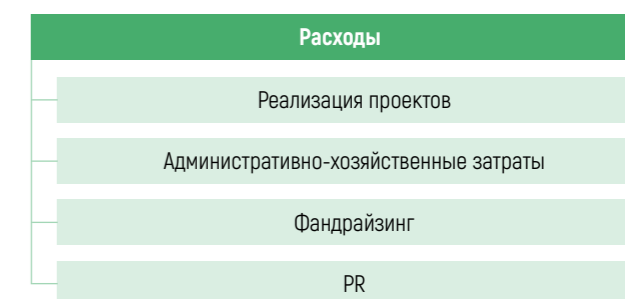


Рисунок 2 – Структура расходов некоммерческого фонда EcoSpace



Фандрайзинг. В широком понятии фандрайзинг представляет собой привлечение не только денежных средств, но и связей, послов доброй воли, поддержки СМИ. В качестве дающей стороны могут выступать как частные лица и компании, так и государственные организации.

Менеджеры фандрайзинга используют различные методы для достижения целей некоммерческого фонда, а именно:

- проведение совместных проектов и получение целевого финансирования по программам международных организаций;
- участие в проектах, финансируемых государством. Преимущество заключается в формировании основы для социального партнёрства между государственными структурами и негосударственным сектором, что в свою очередь развивает взаимный интерес и нацеленность на долгосрочное сотрудничество;
- организация специальных мероприятий по сбору средств (благотворительных вечеров, аукционов, концертов, спортивных соревнований). Положительная сторона данного инструмента: возможность одновременных встреч со многими потенциальными донорами, а также привлечение единомышленников;
- поиск волонтеров. Прерогатива добровольцев – людей, отдающих безвозмездно своё время, знания, профессиональные навыки ради благородных целей организации;
- личные встречи. Хотя этот метод требует больших затрат времени и высоких профессиональных качеств

фандрайзера, подобные встречи являются высокоэффективным инструментом, так как помощь оказывается не организацией организации, а человеком человеку;

- использование ресурсов интернета. Основное преимущество – возможность поиска потенциальных доноров, запуск собственных web-страниц с описанием целей и программ организации;
- реклама. Охватывает большую аудиторию, однако зачастую малоэффективный метод. Реклама может быть в виде обращений в СМИ, видеороликов для показа на специальных мероприятиях, установки рекламных щитов, распространения буклетов, календарей. Один из современных видов рекламы – размещение баннеров на порталах интернета, рассылка обращений через подписные адреса по электронной почте [12].

PR. Важная направленность – создание положительного образа и привлечение внимания к фонду. PR-кампания некоммерческой организации базируется на поддержании авторитета некоммерческого фонда на всех уровнях посредством информирования о полезной для граждан деятельности, продвижения своих проектов и поиска дотаций для их реализации.

Основные и дополнительные источники финансирования фонда EcoSpace

Согласно проанализированной информации важнейшим источником финансирования фонда EcoSpace следует определить индивидуальные пожертвования. Данный вариант привлечения денежных средств применяется многими некоммерческими фондами и является наиболее эффективным. По этой причине целесообразно сосредоточиться на отдельных донорах и сделать их центральным направлением стратегии фонда. Кроме того, должна быть обеспечена открытость и прозрачность некоммерческого фонда, что вызовет доверие к его деятельности и поспособствует активации большего количества частных добровольных взносов.

Стоит также уделить внимание грантам, которые возможно получить от фондов. Гранты усиливают доверие к фонду, что содействует получению увеличенного некоммерческого финансирования из других источников.

Однако недостаток заключается в том, что подобные дотации предназначены для конкретных краткосрочных целей, а не для постоянного некоммерческого потока доходов. С учётом этого гранты можно использовать как дополнительный источник материальной помощи.

Касательно структуры расходов: 80 % бюджета необходимо направить на реализацию проектов фонда. В свою очередь, остальные 20 % бюджета позволят поддержать деятельность фонда, включая затраты на квалифицированный персонал, а также формирование имиджа и PR-кампании (рисунок 3).



Рисунок 3 – Распределение бюджета некоммерческого фонда EcoSpace

Крайне важно сделать бренд узнаваемым для своей целевой аудитории. Именно PR-кампании и СМИ способствуют продвижению корпоративных идей, что привлекает внимание со стороны общественности, а также средства для обеспечения жизнедеятельности организации. Кроме того, структура расходов включает в себя фандрайзинг как основной ресурс финансовой устойчивости некоммерческого фонда.

В ходе исследования определены первостепенные источники субсидирования фонда EcoSpace, а также разработана структура доходов и расходов. Даны практические рекомендации по выбору формы финансирования некоммерческого фонда.

Направление дальнейших исследований – детальное изучение и оценка эффективности деятельности некоммерческого фонда EcoSpace.

Литература

1. *EcoSpace program [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://ecospace.org/mission>. – Date of access: 14.07.2020.*

2. *Financial Report of WWF [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://www.worldwildlife.org/about/financials>. – Date of access: 14.07.2020.*

3. *Greenpeace International Annual Report [Electronic resource]. – 2018. – Mode of access: <https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2020/01/308756b8-greenpeace-international-annual-report-2018.pdf>. – Date of access: 14.07.2020.*

4. *Friends of the Earth International: Financial Statements [Electronic resource]. – 2018. – Mode of access: <https://www.foei.org/wp-content/uploads/2019/05/2018-FoEI-financial-statements.pdf>. – Date of access: 14.07.2020.*

5. *Financial Report of FSC [Electronic resource]. – 2018. – Mode of access: <https://annual-reports.fsc.org/en>. – Date of access: 14.07.2020.*

6. *Annual Report of EDF [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://www.edf.org/annual-reports/2019>. – Date of access: 14.07.2020.*

7. *Global Nest [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://www.gnest.org/>. – Date of access: 14.07.2020.*

8. *Audited Financial Statements of IRENA [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Finance-and-Investment/Investment-Trends>. – Date of access: 14.07.2020.*

9. *Financial Statements – The Planetary Society [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://planetary.s3.amazonaws.com/assets/pdfs/FY19-audited-stmt.pdf>. – Date of access: 14.07.2020.*

10. *Hughes, P. Nonprofit Arts Organizations: Do Funding Sources Influence Spending Patterns [Electronic resource] / P. Hughes, W. Luksetich. – 2004. – Mode of access: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0899764004263320>. – Date of access: 14.07.2020.*

11. *Giving Statistics [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: <https://www.charitynavigator.org/index.cfm?bay=content.view&cpid=42/>. – Date of access: 14.07.2020.*

12. *Грищенко, Ю.И. Фандрайзинг как способ привлечения средств некоммерческой организации [Электронный ресурс] / Ю.И. Грищенко. – 2012. – Режим доступа: <https://dis.ru/library/665/29746/>. – Дата доступа: 14.07.2020.*



Варианты конструктивных решений ЭкоКосмоДома

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Жарый С.А.

*Беларусь, г. Минск,
конструкторское бюро
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 004.942



С того момента, когда человек задумался о возможности жизни в космосе, было предложено много концепций станций с имитацией земных условий. Для реализации проекта «ЭкоКосмоДом» проведены расчёты двух разных конструкций и выбран наиболее предпочтительный вариант с точки зрения надёжности, безопасности и оптимизации использованного пространства. Кроме того, проверена устойчивость оболочки станции к попаданию высокоскоростных объектов.

Ключевые слова:

внутреннее давление воздуха, оболочка тора, оболочка цилиндра, ЭкоКосмоДом (ЭКД), конструкция ЭкоКосмоДома.



Введение

При осуществлении любой деятельности в неподходящих для пребывания людей условиях (глубины океанов, космическое пространство, поверхности других планет) необходимо обеспечить укрытие, гарантирующее человеку безопасность и возможность комфортно жить и работать. Защитная оболочка создаётся в зависимости от особенностей внешней агрессивной среды.

За пределами нашей планеты подобными индикаторами являются космические излучения, непригодная для дыхания атмосфера, невесомость, а также объекты, которые движутся с очень большой относительной скоростью. Неконтролируемая деятельность человечества привела также к тому, что сегодня на орбите Земли находится огромное количество космического мусора: остатки разрушенных спутников, части оболочек ракет, инструменты и др. Следовательно, оболочка ЭкоКосмоДома (ЭКД) [1] должна противостоять всем перечисленным угрозам, представляющим серьёзную опасность для будущих космических поселенцев. Именно с данной позиции авторы настоящей статьи рассматривали технические параметры оболочки ЭКД.

Обзор ранее предложенных концепций

Во всех существующих концепциях космических станций, предназначенных для проживания большого количества людей, предполагается обязательное создание искусственной гравитации. Величина $0,9-1g$, принятая для комфортного существования человека, в основном и диктует форму таких сооружений.

Стэнфордский тор был предложен НАСА летом 1975 г. студентами одноимённого университета с целью осмыслить проект будущих космических колоний. Конструкция выполнена в виде тора диаметром около 1,8 км и малым диаметром 130 м [2].

Сфера Бернала – тип орбитальной станции и космического поселения. Данная пространственная среда, разработанная в 1929 г. Дж. Берналом, предназначена для постоянного проживания людей. Оригинальный проект представлял собой сферу диаметром около 10 миль (16 км), наполненную воздухом и способную вместить 20 000–30 000 человек [3].

Цилиндр О'Нилла (также известен как объект «Остров III») – космическая станция типа космического поселения, предложенная физиком Дж. О'Ниллом в его книге «Высокий рубеж: человеческие колонии в космосе» [4]. Композиция строения – два цилиндра диаметром 8 км и длиной 32 км, расположенные на одной оси.

В настоящей работе авторы проводят сравнение двух вариантов конструкции – тора и цилиндра, так как они

схожи между собой по принципу работы и организации внутреннего пространства.

На околоземной орбите для защиты спутников от удара некрупных объектов применяют щит Уиппла (Whipple shield) [5, 6]. На рисунке 1 показано, что объект при столкновении с первым слоем щита разрушается. Оставшиеся осколки рассеиваются и не способны пробить основную оболочку. В качестве первого слоя можно применить стальную сетку, которая также будет действовать как клетка Фарадея [7] и защищать объект от электромагнитного излучения.

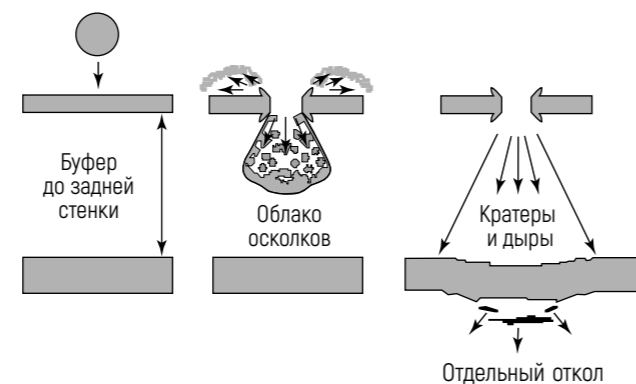


Рисунок 1 – Принцип работы щита Уиппла

Описание методики

Первоочередная задача – проверить работоспособность станции ЭКД в околоземном пространстве. Принимаются во внимание параметры сооружения: внешняя обшивка выполнена из тонкостенной оболочки и плодородного слоя толщиной 10 м; в созданном слое будут находиться инженерные и другие системы.

Рассмотрим основные факторы, которые стоит учитывать при разработке подобных объектов.

При проектировании описанных ранее концепций – Стэнфордского тора и цилиндра О'Нилла – станции планировались автономными. Согласно современным подходам следует предусматривать возможность соединения данных сооружений с другими структурами на орбите, такими как космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») [1], что накладывает на конструкции некоторые ограничения. Ось вращения оболочки должна быть всегда параллельна оси вращения орбиты. Выполнение указанного требования позволит минимизировать нагрузку на КИО «Орбита» от эффекта прецессии (поворот оси перпендикулярно приложенной силе).

Особое внимание необходимо обращать на выбор материалов для постройки станции. Очень важна цена доставки и монтажа конструкции. Для удешевления постройки стоит руководствоваться соотношением прочности материала к его весу. Так, углепластик имеет показатель $0,53-1,125 \text{ МПа}\times\text{м}^3/\text{кг}$. Для сравнения: у высокопрочной стали этот параметр составляет $0,18 \text{ МПа}\times\text{м}^3/\text{кг}$, у титановых сплавов – $0,23 \text{ МПа}\times\text{м}^3/\text{кг}$. В целях упрощения расчётной схемы и дальнейшего анализа результатов авторами выбрана высокопрочная сталь.

При транспортировке элементы оболочки должны занимать минимальный объём. Например, основную форму ЭКД можно создать плёнкой наименьшей толщины и внутренним давлением, которое эта плёнка в состоянии выдержать. Поверх полученного основания следует наносить любое многослойное покрытие.

Для изучения характера поведения материалов в конструкции ЭКД (в форме тора и форме сферы) приняты две расчётные схемы.

Расчётная схема тора представляет собой оболочку радиусом по оси вращения 500 м и диаметром фигуры вращения 50 м. В качестве геометрии рассмотрена 1/4 всей модели (рисунок 2). На краях среза задана симметрия, что позволяет сократить количество конечных элементов расчётной модели.

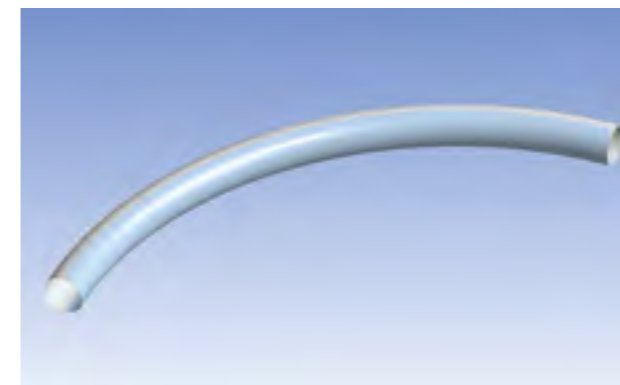


Рисунок 2 – Расчётная модель тора

Расчётная схема цилиндра – это оболочка, разделённая на две части (цилиндрическую и сферическую). Диаметр обеих частей – 500 м. В качестве геометрии принята 1/2 всей модели (рисунок 3). На краях среза задана симметрия.

Нагрузкой выступает вес самой оболочки, слой земли толщиной 10 м и плотностью $1,2 \text{ т}/\text{м}^3$, а также давление 101 кПа заполняющего станцию газа.

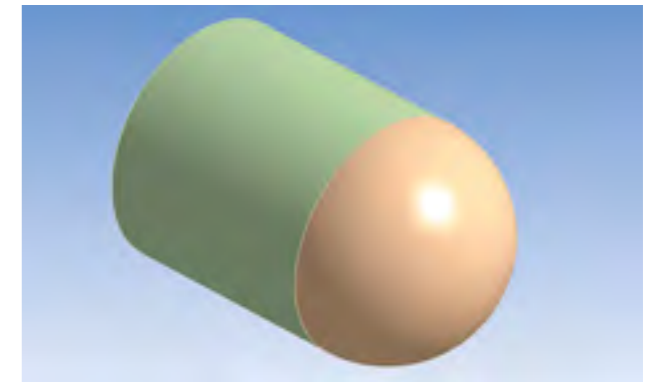


Рисунок 3 – Расчётная модель цилиндра

При выполнении расчётов применялся изотропный материал – высокопрочная сталь с пределом текучести 1400 МПа . Для того чтобы не допустить разрушения оболочки от случайных повреждений, задано максимальное напряжение 470 МПа .

Расчёт состоит из двух этапов. На первом шаге задаётся внутреннее давление распределённой нагрузкой 101 кПа по всей внутренней поверхности оболочки. На втором – создаётся искусственная гравитация в $0,7g$ за счёт вращения вокруг центральной оси. Скорости вращения для тора и цилиндра отличаются, потому что конструкции имеют разный диаметр вследствие неодинаковых конфигураций их оболочек.

Дополнительно проведена проверка на сопротивление оболочки (состоит из металлической обшивки и слоя грунта в 10 м) ударам круглых высокоскоростных объектов (выполнены из стали плотностью $7850 \text{ кг}/\text{м}^3$, диаметром 200 мм и 400 мм), которые движутся со скоростью $10 \text{ км}/\text{с}$ и $20 \text{ км}/\text{с}$ соответственно. С целью упрощения расчёта для анализа взят фрагмент оболочки размерами $10 \times 10 \text{ м}$ (рисунок 4).



Рисунок 4 – Расчётная модель оболочки при ударе высокоскоростного объекта

Результаты анализа

Оболочка тора

В процессе моделирования принято: толщина стальной оболочки тора составляет 6,4 мм. Такой величины вполне достаточно, чтобы выдержать внутреннее давление в 1 атм. Максимальное напряжение по Мизесу в стенках оболочки при приложении внутреннего давления (первый этап) не превысило 350 МПа (рисунок 5).

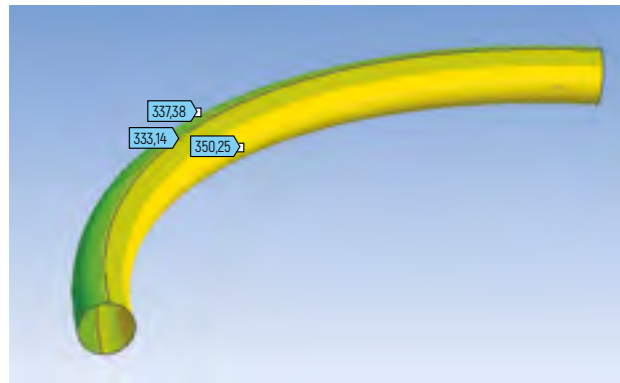


Рисунок 5 – Первый этап. Напряжения в торе

На втором этапе создана искусственная гравитация вращением со скоростью 0,11 рад/с, что соответствует 0,7g. Грунт расположен только по внешней части тора и удерживается на месте центробежной силой. Максимальное напряжение по Мизесу в стенках оболочки в данном случае достигло 3600 МПа (рисунок 6). Причиной тому стало возникновение изгибающих моментов, что уже не соответствует безмоментной теории работы оболочки [8].

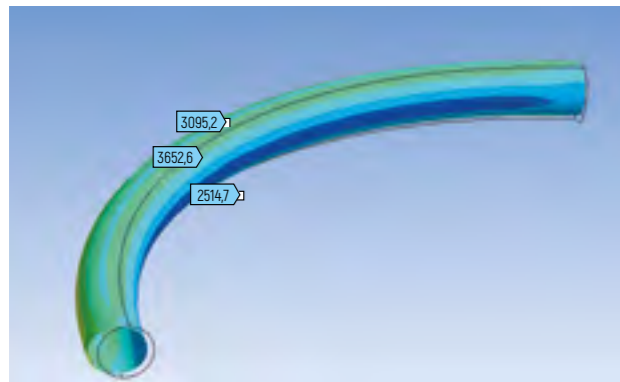


Рисунок 6 – Второй этап. Напряжения в торе

Для того чтобы конструкция воспринимала изгибающий момент, а также для устранения таких больших напряжений, в оболочке необходимо увеличить изгибную жёсткость.

Оболочка цилиндра со сферическими торцами

Первый расчёт конструкции произведён с одинаковой толщиной стенок у цилиндрической и сферической частей оболочки. На втором этапе создана искусственная гравитация вращением со скоростью 0,16 рад/с, что соответствует 0,7g. Толщина оболочки в 88 мм подобрана с учётом напряжений по Мизесу – не больше 470 МПа при задании внутреннего давления (рисунок 7) и искусственной гравитации (рисунок 8). В результате в месте соединения цилиндра и сферической части образуется разница деформаций («ступенька»), которая составляет 50 мм (рисунок 9).

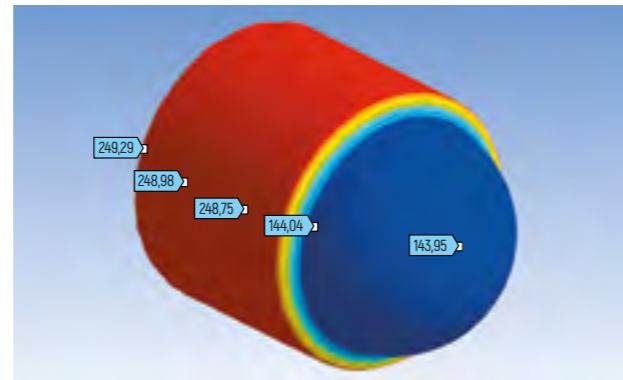


Рисунок 7 – Первый этап. Напряжения в цилиндре с одинаковой толщиной стенок

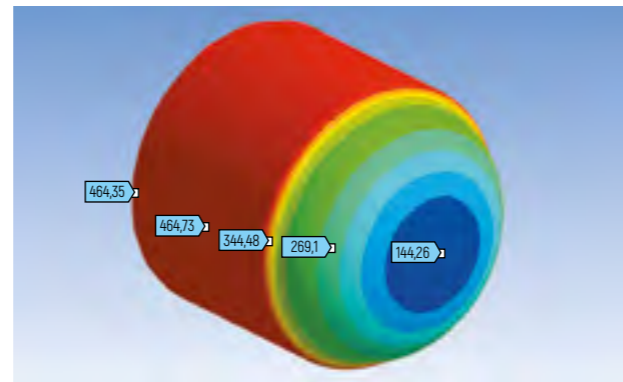


Рисунок 8 – Второй этап. Напряжения в цилиндре с одинаковой толщиной стенок

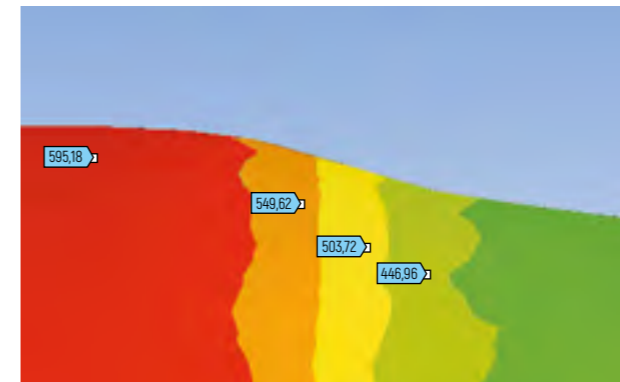


Рисунок 9 – Второй этап. Разница деформаций в цилиндре с одинаковой толщиной стенок

Во втором расчёте для устранения «ступеньки» выравнено напряжение во всех частях оболочки согласно формулам (1) и (2); толщина оболочки составила 88 мм для цилиндра, 44 мм – для сферы:

$$\sigma_{\text{сфера}} = \frac{PR_{\text{сфера}}}{2t_{\text{сфера}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{сфера}}$ – радиальное напряжение в оболочке сферы;
 P – внутреннее давление, приложенное к стенке;
 $R_{\text{сфера}}$ – радиус сферы;
 $t_{\text{сфера}}$ – толщина оболочки сферы;

$$\sigma_{\text{цилиндр}} = \frac{PR_{\text{цилиндр}}}{t_{\text{цилиндр}}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{цилиндр}}$ – радиальное напряжение в оболочке цилиндра;
 $R_{\text{цилиндр}}$ – радиус цилиндра;
 $t_{\text{цилиндр}}$ – толщина оболочки цилиндра.

Результат показал, что данный метод не позволяет устранить перепад в деформациях (рисунок 10), который составил 65 мм.

В третьем расчёте выравнены радиальные деформации разных типов оболочек. Для цилиндра радиальное расширение рассчитывается по формуле:

$$\omega_{\text{цилиндр}} = \frac{PR_{\text{цилиндр}}^2}{Et_{\text{цилиндр}}} \left(1 - \frac{\mu}{2}\right), \quad (3)$$

где $\omega_{\text{цилиндр}}$ – радиальное расширение в оболочке цилиндра;
 E – модуль упругости материала;

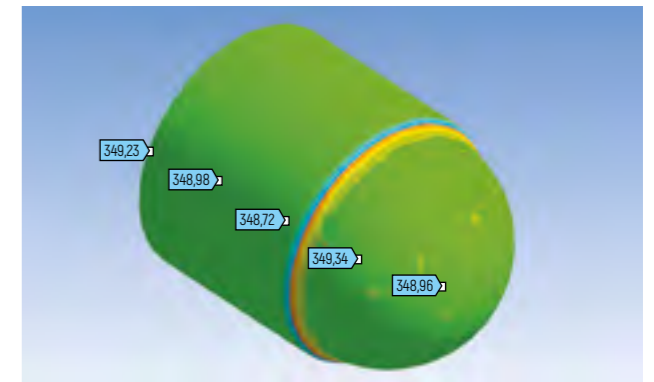


Рисунок 10 – Первый этап. Концентраторы в оболочке с уменьшенной в два раза толщиной стенок сферы на торцах

μ – коэффициент Пуассона для выбранного материала.
 Для сферы радиальное расширение рассчитывается по формуле:

$$\omega_{\text{сфера}} = \frac{PR_{\text{сфера}}^2}{2Et_{\text{сфера}}} (1 - \mu), \quad (4)$$

где $\omega_{\text{цилиндр}}$ – радиальное расширение в оболочке сферы.

После преобразования формул (3) и (4) получено соотношение толщин оболочек:

$$\frac{t_{\text{цилиндр}}}{t_{\text{сфера}}} = \frac{2 \left(1 - \frac{\mu}{2}\right)}{(1 - \mu)}. \quad (5)$$

Для высокопрочной стали это значение равно 2,4286.



Следуя данному соотношению, принята толщина стенок цилиндра 88 мм; сферы – 36,2 мм.

В полученных результатах полностью отсутствует разница в деформациях. На первом этапе в оболочке сферы напряжение по Мизесу – 350 МПа, что гораздо больше, чем в оболочке цилиндра, – 250 МПа (рисунок 11). Однако на втором шаге за счёт дополнительной нагрузки от искусственной гравитации напряжения выравниваются (рисунок 12).

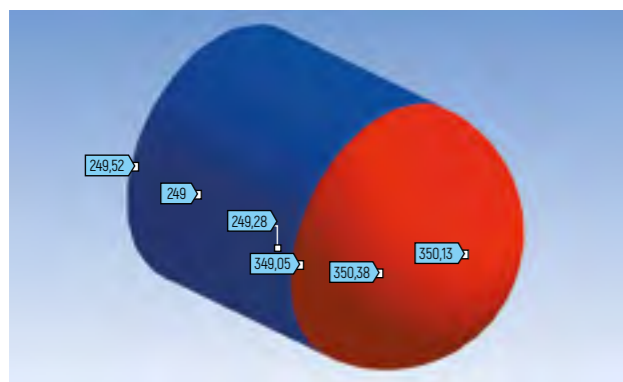


Рисунок 11 – Первый этап. Напряжения в оболочках при соотношении их толщин 2,4286

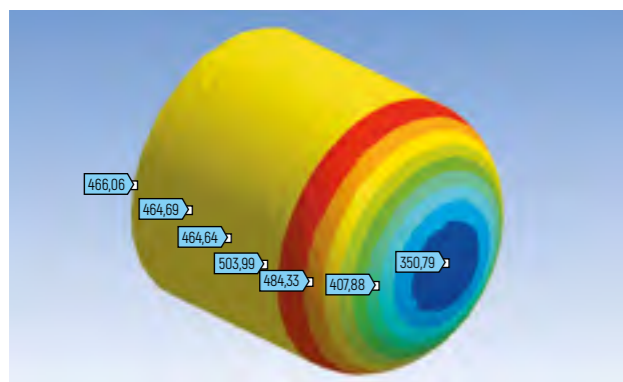


Рисунок 12 – Второй этап. Напряжения в оболочках при соотношении их толщин 2,4286

Для оптимизации пространства ЭКД можно выполнить конструкцию станции в виде цилиндра в цилиндре. Данная компоновка позволит использовать цилиндры как опору для создания вращения (искусственной гравитации).

Внешняя оболочка получит внешний диаметр 500 м и внутреннее давление, равное 0,7 атм. Искусственная гравитация составит 0,7g, что соответствует 0,16 рад/с угловой

скорости. Толщина стенок оболочки цилиндра – 62,9 мм. Результат расчёта отображён на рисунке 13.

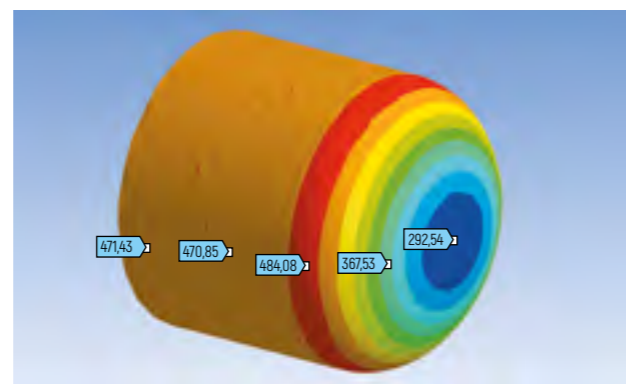


Рисунок 13 – Второй этап. Напряжения в оболочке диаметром 500 м при внутреннем давлении 0,7 атм

Внутренний цилиндр выполнен диаметром 300 м и внутренним давлением 1 атм. Перепад давления, действующего на цилиндр, составит 0,3 атм. Искусственная гравитация равна 0,7g, что соответствует 0,21 рад/с угловой скорости. Толщина стенок оболочки цилиндра – 33,5 мм. Результат расчёта отображён на рисунке 14.

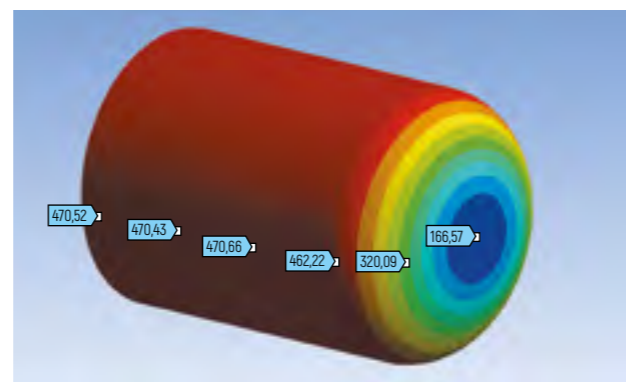


Рисунок 14 – Второй этап. Напряжения в оболочке диаметром 300 м при внутреннем давлении 1 атм и перепаде давления 0,3 атм

Столкновение оболочки ЭКД с высокоскоростными объектами

Результат расчёта удара высокоскоростного объекта показал эффективность защиты ЭКД. При столкновении с металлическим шаром диаметром 200 мм и весом 32,8 кг

на скоростях 10 км/с (рисунок 15) и 20 км/с (рисунок 16) полного пробития не произошло. Глубина воронки в слое грунта составила 3 м.

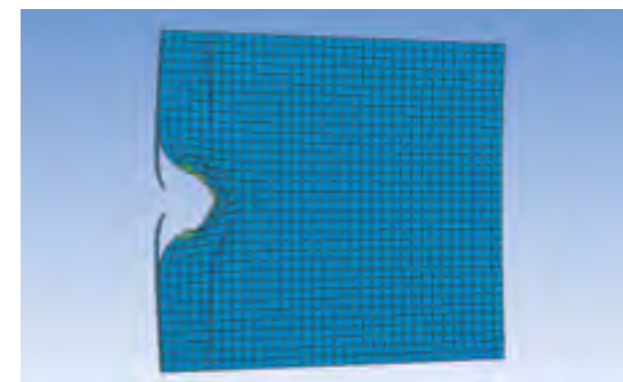


Рисунок 15 – Результаты столкновения с движущимся на скорости 10 км/с объектом, имеющим радиус 200 мм

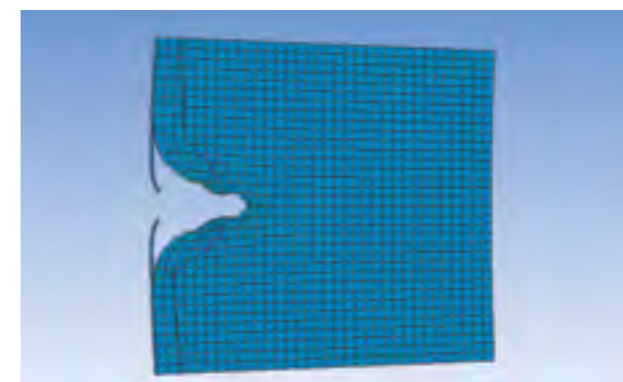


Рисунок 16 – Результаты столкновения с движущимся на скорости 20 км/с объектом, имеющим радиус 200 мм

Однако при столкновении с более крупными объектами последовало полное пробитие. В качестве примера взят металлический шар диаметром 400 мм и весом 263 кг, который двигался со скоростью 10 км/с (рисунок 17) и 20 км/с (рисунок 18). Результаты расчёта показывают повреждение на 0,15-й с после касания внешней оболочки высокоскоростным объектом.

В случае если внешняя оболочка потеряет герметичность, воздух начнёт уходить из зазора между внешней и внутренней оболочками. Впрочем, подобное повреждение не скажется на живучести ЭкоКосмоДома, так как люди

будут находиться во внутреннем цилиндре, а созданная внутри внешнего цилиндра замкнутая экосистема из растений (сады, леса, луга) не критична к падению давления воздуха.

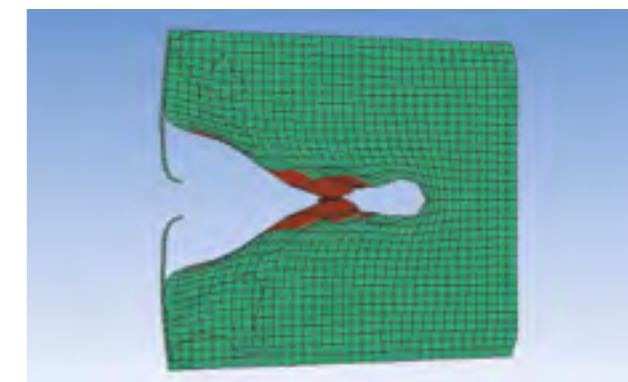


Рисунок 17 – Результаты столкновения с движущимся на скорости 10 км/с объектом, имеющим радиус 400 мм

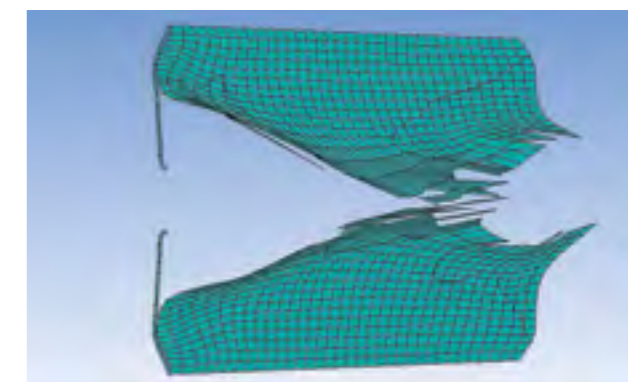


Рисунок 18 – Результаты столкновения с движущимся на скорости 20 км/с объектом, имеющим радиус 400 мм

Выводы и дальнейшие направления исследования

Для сравнения были выбраны два типа форм для проектирования ЭКД.

Результаты расчётов показали:

- тор с обшивкой из тонкой оболочки и плодородного слоя невозможно выполнить без дополнительных несущих конструкций;
- безмоментная теория расчётов оболочек в данном случае не соответствует предъявленным требованиям.

При расчёте цилиндрической оболочки необходимо выравнять деформации стыка цилиндра и сферической части. Этот шаг достигается правильным соотношением толщин оболочки, которое зависит от типа используемого материала. Целесообразно провести исследования и расчёты по применению композитных материалов и оценить их влияние на работу оболочки.

Оболочка из плодородного слоя толщиной 10 м на должном уровне показала себя в качестве защитного материала от удара шарообразных стальных объектов размером до 200 мм, весом до 50 кг, движущихся на скорости до 20 км/с. Данные параметры идентичны характеристикам именно железного метеорита (а не каменного или состоящего из льда). Как правило, космический мусор имеет более сложную форму и большую пористость (он не является плотным шаром), поэтому допустимо предположение, что защита будет эффективна от космических объектов массой до 100 кг. И всё же при любом попадании повреждается

материал внешней оболочки, что может привести к потере полезных ресурсов и гибели жителей.

Следует создать дополнительную защиту для уменьшения повреждений внешней оболочки подобно щиту Уиппла [5, 6]. Надлежит также изучить возможности отслеживания и уничтожения объектов типа «железный метеорит» (диаметр которых составляет более 300 мм) до их столкновения с ЭКД.

Требуется проработать состав плодородного грунта уменьшенной плотности (для минимизации нагрузки на оболочку), способного к самозатягиванию пробоины в оболочке. Кроме того, необходимо предложить концепцию зонирования замкнутых экосистем – между оболочками и во внутренней оболочке, чтобы даже в случае пробоины внешней оболочки не подверглись опасности жители ЭКД, находящиеся во внутренней оболочке. Вместе с тем при посадке растений внутри внешней оболочки полагается учитывать, что скорость метеорита, пробившего внешнюю оболочку, можно гасить при помощи корневой системы, стволов и крон деревьев.

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. NASA Ames/Stanford 1975 Summer Study [Electronic resource]. – Mode of access: https://space.nss.org/settlement/nasa/75SummerStudy/Table_of_Contents1.html. – Data of access: 12.08.2020.
3. Bernal, J.D. The World, the Flesh & the Devil, 1929 Study [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.marxists.org/archive/bernal/works/1920s/soul/>. – Data of access: 12.08.2020.
4. O'Neill, G.K. The High Frontier: Human Colonies in Space / G.K. O'Neill. – New York: William Morrow & Company, 1977. – 149 с.
5. Hypervelocity Impact Shield [Electronic resource]: Patent 5,067,388 USA / J.L. Crews, B.G. Cour-Palais; The Administrator of the National Aeronautics and Space Administration, Washington. – Publ. date 26.11.1991. – Mode of access: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/024056178/publication/S5067388A?q=pn%3DUS5067388>. Data of access: 12.08.2020.
6. Enhanced Whipple Shield [Electronic resource]: Patent 5,610,363 USA / J.L. Crews [и др.]; The Administrator of the National Aeronautics and Space Administration, Washington. – Publ. date 11.03.1997. – Mode of access: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/023542523/publication/US5610363A?q=pn%3DUS5610363>. – Data of access: 12.08.2020.
7. Калашников, С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. – М.: Физматлит, 2003. – 624 с.
8. Погорелов, В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций / В.И. Погорелов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 528 с.: ил.





Организация внутреннего пространства туристического цилиндрического ЭкоКосмоДома

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Платонова В.А.

*Беларусь, г. Минск
архитектурный отдел
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 629.78



Обозначается актуальность развития космического туризма, рассматриваются существующие предложения и идеи космических туристических баз, разбирается планировочный вариант туристического цилиндрического ЭкоКосмоДома (ЭКД) в рамках программы SpaceWay. В ходе анализа определены основные объёмно-планировочные решения данного объекта, проработаны сценарии расселения, функционирования и обслуживания ЭКД, изучены взаимосвязи объёмов цилиндров и их практическое зонирование.

Ключевые слова:

автономная биосфера, космический туризм, пространство, структура, ЭкоКосмоДом (ЭКД), туристический ЭкоКосмоДом, функциональная зона, экосистема.





Введение

Тема космического туризма звучит уже не первый десяток лет. Её значимость predetermined не только стремлением человека к познанию, но и возможностью испытать условия жизни, отличные от земных. На сегодняшний день рассматриваемая отрасль лишь начинает своё развитие; краткосрочные полёты, как и программы длительного проживания космических туристов на орбите, находятся на стадии разработки. В настоящее время большинство предлагаемых средств доставки людей и грузов в космос являются дорогостоящими, малоэффективными, наносящими вред окружающей среде [1]. Выдвигаемые ранее концепции космических отелей и колоний отличаются существенными объёмами и весом, разрозненностью планировочных зон, сложностью в организации сообщения между ними.

На данный момент единственной площадкой для жизни туристов в космосе стала Международная космическая станция (МКС), устройство которой изначально предполагало только работу космонавтов. Рассматривать МКС как место массового пребывания людей нерационально. Встаёт вопрос о важности создания станций и космических отелей с возможностью размещения регулярного потока большого количества гостей, а также с автономным обеспечением космических туристов необходимыми ресурсами. Для разбора и анализа в качестве жизнеспособного решения в статье предложен вариант проекта «ЭкоКосмоДом» (ЭКД), входящий в программу безракетного освоения космоса SpaceWay [2].

Комплексный подход к проектам космических поселений последнего столетия охватывает множество аспектов, исследование которых делает данные концепции реализуемыми. Однако некоторые сферы нуждаются в развитии и дальнейшем переосмыслении. Разработка ЭКД учитывает целесообразность снижения веса конструкции оболочки, не теряя её прочностных характеристик. В роли основного материала представляет интерес углепластик, его использование позволит избежать избыточной массы защитного слоя.

Цилиндрическая конфигурация ЭКД не подвержена изгибным деформациям под действием силы искусственной гравитации и испытывает только усилия растяжения. Компактное расположение двух замкнутых экосистемных объёмов «цилиндр в цилиндре» минимизирует затраты материалов и инженерных обслуживающих сетей и коммуникаций. При этом увеличивается полезная площадь ЭКД при сравнительно небольшом объёме и размерах для размещения сельскохозяйственных угодий, жилой застройки, рекреационных площадок в отличие от других разработок, предлагаемых на сегодняшний день. Планировочное распределение функциональных сегментов по разным цилиндрам предоставляет возможность выделить сельскохозяйственную зону и зоны проживания и рекреации. Подобное разделение не только значительно уменьшит концентрацию шумов и запахов от соседства с животноводческими комплексами, но и сохранит целостную структуру биосферы с жилой и сельскохозяйственными зонами, рассредоточит нагрузки инженерных систем, а также обеспечит более высокую безопасность жителей космической колонии.

В ЭКД по сравнению с известными концепциями отсутствуют оконные проёмы, что не нарушит непрерывность несущей и защитной оболочек (противометеоритной и противорадиационной), увеличит их прочностные характеристики, освободит полезную площадь поверхности внешней оболочки, тем самым позволяя разместить на ней космическую промышленную зону и большое количество солнечных панелей.

В следующем разделе статьи рассматривается актуальность существующих предложений космических колоний и отелей, проводится анализ использованных форм, объёмно-планировочных элементов, функционального зонирования. Далее представлена концепция планировочного решения цилиндрического ЭКД, даны варианты сценариев расселения, функционирования и обслуживания космического поселения. Основные выводы по проделанной работе, а также дальнейшие направления исследования изложены в заключительной части статьи.

Обзор существующих предложений и идей космических колоний и отелей



Сфера Бернала

Один из первых прототипов космического поселения представлен британским физиком и социологом Дж. Берналом. В его научном эссе «Мир, плоть и дьявол: взгляд в будущее трёх врагов разумной души», изданном в 1929 г., описана сферическая оболочка диаметром 16 км, вращение которой обеспечивается наличием силы тяжести вдоль экватора [3]. Структура только частично составлена из земных материалов, основные вещества взяты с астероидов, колец Сатурна или другого планетарного детрита. Данное решение является дорогостоящим и требует создания специального оборудования для добычи и переработки сырья для строительства. Сферическая форма такая же манёвренная, как и цилиндрическая, однако площадь полезной внутренней поверхности у цилиндра больше. Сфера оснащена множеством инженерных систем, а также обсерваторией. Главная индустрия здесь – производство чистой, недорогой энергии, сгенерированной космическими солнечными станциями и передаваемой микроволнами на Землю. В проекте не предусматривается расположение промышленных зон.

Жилой сегмент находится во внутреннем пространстве, способном разместить 20 000–30 000 человек. Основные процессы проходят в свободной зоне в центре шара. Кроме того, предполагается организация ячеек, закрытых тонкими звукоизоляционными перегородками для сконцентрированной работы. Численность населения сферы не фиксировано, так как между космическим поселением и Землёй планируется проводить постоянный обмен [3].



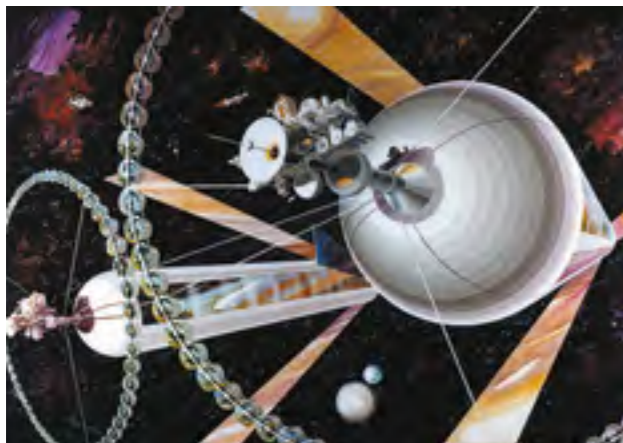
Остров I

Объект «Остров I», модифицированная «Сфера Бернала», предложен американским физиком Дж. О'Ниллом в серии исследовательских трудов, которые рассматривались в 1975 и 1976 гг. в Стэнфордском университете с целью изучения проектов будущих космических колоний [4]. Диаметр сферы в новом варианте равен 500 м, скорость вращения – 1,9 об/мин.

Внутри расположена жилая зона примерно для 1000 обитателей, что при сравнительно одинаковых габаритах значительно меньше, чем может вместить ЭКД.

По обе стороны от жилой сферы на общей оси «Острова I» находятся сельскохозяйственные кольца. Их размещение обусловлено низкой восприимчивостью зерновых культур к радиации. Кольцеобразные сооружения состоят из нескольких ярусов: на ближнем к оси вращения «Острова I» локализованы посевные поля; нижние ярусы, где искусственная сила тяжести выше, отданы под животноводство. Таким образом, процесс выращивания продуктов питания отделён от зоны обитания людей, что затрудняет доставку продукции, а также уход за растениями в потенциально опасной зоне с высокой радиацией.

Большие плоские панели на концах «Острова I» обеспечивают систему солнечной электроэнергии. Заводы и доки космических кораблей располагаются на обоих концах длинной трубы в безгравитационной зоне, а значит, делают данное решение ресурсоёмким из-за отсутствия компактности.



Цилиндр (колония) О'Нилла

В научной статье «Космические колонии и энерго-снабжение земли» в 1975 г. Дж. О'Нилл описал космическое поселение «Остров III» [5]. По гипотезе американского учёного, наиболее эффективной формой являются два сообщающихся цилиндра, способных обеспечить довольно низкую манёвренность «Острова III». Цилиндры могут иметь длину, достигающую до 25 км, и диаметр – до 6 км, что свидетельствует о высоких затратах на строительство.

Окружность цилиндров делится на чередующиеся полосы суши («долины») и оконные проёмы («солары»). Такая структура делает их уязвимыми со стороны агрессивной внешней космической среды и затрудняет доступ из одной зоны суши в другую. «Долины» на внутренней поверхности, подобно земному ландшафту, включают в себя жилое пространство, парки, леса с озёрами, реками, травой, деревьями, животными и птицами.

Сельскохозяйственные районы отделены от жилых зон в цилиндры, расположенные на расстоянии 32 км от основного объёма. Климат каждого из них приспособлен для выращивания определённых культур. Гравитация, атмосфера и инсоляция базовой части сельскохозяйственных цилиндров приближены к земным; в остальных настроен экспериментальный режим. Фазы роста растений равномерно чередуются, тем самым обеспечивая постоянную готовность нескольких цилиндров к сбору урожая. Подобная схема сельскохозяйственной зоны усложняет уход за растениями и доставку продукции.

Солнечные электростанции, которые состоят из параболических зеркал, котельных труб и электрических генераторов, снабдят население достаточным количеством энергии. Дополнительные электростанции возле сельскохозяйственного кольца могут включаться при росте плотности населения [6].



Стэнфордский тор

Проект, предложенный студентами Стэнфордского университета в 1975 г., представляет собой трубу диаметром 130 м, согнутую в колесо диаметром около 1800 м [7]. Стэнфордский тор подвержен деформациям основного корпуса под действием силы искусственной гравитации в отличие от капсульной конфигурации ЭКД. Шесть «спиц» с сечением 15 м, противостоящие чрезмерным деформациям, соединяют тор с центральной осью, а также вмещают лифты, силовые кабели и инженерные сети.

Стеклянные окна, установленные на алюминиевых рёбрах, покрывают 1/3 поверхности тора и пропускают солнечный свет на сельскохозяйственные и жилые районы, оставляя незадействованной значительную часть поверхности корпуса.

В жилой зоне на 43 га можно расселить 10 000 человек, что является очень высоким показателем плотности, так как на одного жителя отводится всего 43 м² внутренней поверхности.

Пространство внутри корпуса тора организовано не только в соответствии с необходимостью пешеходной доступности транспортных «спиц», акустической изолированностью жилых районов от шумной коммерческой и сервисной деятельности, но и с обеспечением пожарной безопасности, распределением веса по окружности тора.

Три жилых района на территории тора разделены обособленными сегментированными сельскохозяйственными зонами. Благодаря такому расположению можно использовать более высокие температуры, уровни углекислого газа, влажность, освещение в контролируемых участках для ускорения развития культур, а также защитить от различных заболеваний растения и животных из других отсеков. В то же время в отсеках начнут разрозненно протекать жизненные процессы, сообщение между ними будет

затруднено, а уход за представителями флоры осложнится небезопасной для человека обстановкой.

На территории предусматривается строительство новых колоний, солнечных электростанций; возможен ремонт спутников и другое техническое обслуживание. Условия абсолютного вакуума предполагают организацию производства уникальных материалов: пеностали и монокристаллов.



Проект Kalpana One

В 2006 г. профессорами американского института аэронавтики и астронавтики предложен проект Kalpana One как новое видение концепций 1970-х годов (объекты «Остров I», «Цилиндр О'Нилла»). Конструкция представляет собой цилиндр радиусом 250 м, длиной 325 м и населением 3000 человек [8]. Данный радиус является минимальным для обеспечения вращения со скоростью 2 об/мин.

Ось вращения Kalpana One сонаправлена с осью «север – юг» Солнечной системы, что гарантирует непрерывную инсоляцию через прозрачную торцевую часть корпуса. Подобное решение позволяет эффективно задействовать зоны с низкой гравитацией.

Во внутреннем цилиндре расположено поселение, во внешних блоках с меньшей силой притяжения – промышленность, склады, зоны сельского хозяйства. Для перехода между цилиндрами и доставки грузов используются лифты и пандусы. В рассматриваемом проекте также затруднена связь между сельскохозяйственной и жилой зонами, что минимизирует участие человека в процессе выращивания растительных культур.

Общая площадь поверхности внутреннего цилиндра – 510 000 м²; на каждого жителя приходится 170 м². Данная плотность способствует организации длительного

проживания в Kalpana One. Жилая застройка совмещена с зонами отдыха, бассейнами, пространствами для спорта, танцев, активных игр, создавая таким образом оптимальный баланс и насыщенность поселения всевозможными функциями.

Необходимая площадь сельскохозяйственных территорий, рассчитанных на 3000 человек, составляет 150 000 м². Расположение – внутренний цилиндр радиусом 140 м в условиях с низким уровнем гравитации. Выделенный объём разделён на несколько отсеков, которые могут работать при контролируемых параметрах атмосферы, температуры и освещения, что требуется для быстрого и эффективного роста сельскохозяйственных культур [8].



Станция фон Браун

Цель указанного проекта – формирование отрасли космического строительства для ускорения колонизации космоса и всей Солнечной системы. Стартап Gateway Foundation планирует открыть космический отель к 2025 г. [9]. Космоотель предполагается возвести в виде колеса диаметром 190 м, создающего искусственную гравитацию за счёт вращения (это значит, что конструкция, как и Стэнфордский тор, будет подвержена деформациям под влиянием силы искусственной гравитации). Станция предназначена для адаптации человека к воздействию микрогравитации путём симуляции условий Луны.

На станции будут проживать 350–450 человек, включая 100 членов экипажа, что делает очень высокой стоимость строительства и эксплуатации в расчёте на одного жителя.

Проект включает в себя 24 модуля, имеющие площадь до 500 м² каждый и обладающие различными функциями: общественные блоки (бары, рестораны, зоны отдыха), жилые сектора (гостиницы и частные резиденции), а также

модули для исследований и разработок. Предусмотрены площадки для спортивных активностей в центре невесомости: баскетбол, прыжки на батуте с низкой гравитацией и скалолазание.

Посетителям космоотеля не придётся бороться с микрогравитационными туалетами и душевыми, как это делают космонавты на МКС. Вода для употребления в пищу будет доставляться непосредственно с Земли; для технических целей её планируют перерабатывать. Такое решение исключает автономность станции. В том числе в этом состоит её отличие от ЭКД, где организованы водные экосистемы (с морской и пресной водой) и системы очистки воды естественным (природным) путём.



Международная космическая станция

На данный момент единственной возможностью для космического туризма и пребывания людей на орбите является Международная космическая станция. Первый элемент рассматриваемого комплекса был выведен на орбиту 20 ноября 1998 г. [10]. На сегодняшний день МКС посетили восемь космических туристов, что свидетельствует о низкой пропускной способности станции. Столь малый показатель обусловлен запредельной стоимостью поездки, необходимостью длительной подготовки, небольшой вместимостью помещений МКС. Габариты станции составляют 108 × 74 м, объём – около 1250 м³. Такие размеры не позволяют одновременно принимать большое количество людей, как в ЭКД. МКС создавалась поэтапным добавлением блоков и модулей.

В настоящее время комплекс включает в себя 15 модулей. Они предназначены для жилья, лабораторий, теплиц, тренировок, наблюдений за Землёй и работы в открытом космосе.

Кроме того, имеются складские помещения для хранения грузов и топлива, а также модули для стыковки кораблей и выхода в космос. На МКС отсутствуют системы переработки мусора, ограничено количество воды из-за сложности доставки грузов с Земли. Обеспечение электричеством осуществляется за счёт солнечных панелей, расположенных на корпусе. На станции не предусмотрена достаточная защита от радиации. Для сравнения: в ЭКД основное место пребывания людей (внутренний жилой цилиндр) защищено внешним цилиндром, включающим толщу земли, технические и промышленные слои.

Функциональное зонирование внутреннего пространства цилиндрического ЭкоКосмоДома.

Варианты расселения и сценарии проживания

Геометрию оболочки ЭКД конструкции инженера А.Э. Юницкого определяют следующие условия:

- комфортная для пребывания людей гравитация;
- бионический вид;
- иерархия пространств, необходимых для различных функций;
- эффективное использование материалов.

Космическое поселение представляет собой систему из двух капсульных цилиндров с взаимнообратным вращением вокруг общей оси. Диаметр внешнего цилиндра равен 500 м при длине 500 м, внутреннего – 300 м при длине 500 м. Общая длина сооружения – 1 км (рисунок 1).

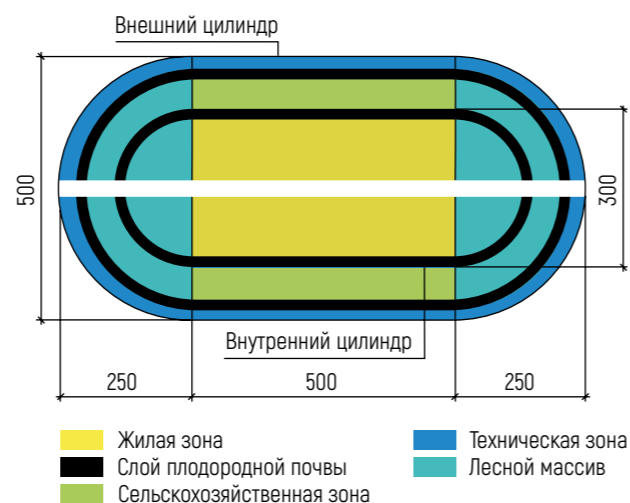


Рисунок 1 – Схема внутренней организации ЭкоКосмоДома



Внутреннее пространство цилиндрического ЭКД образовано двумя замкнутыми оболочками, поэтапно удалёнными от его центральной трубчатой оси, через которую проходит связь с космосом и сообщение между жилым и сельскохозяйственным пространствами космической колонии.

Распределение функциональных зон обусловлено следующими факторами: пешеходная доступность, мобильность доставки грузов и продукции, оптимизация инженерных сетей, эффективное землепользование, соразмерная человеку среда, приемлемая плотность жилой застройки.

У внешней поверхности большого цилиндра расположена многоэтажная техническая зона высотой около 10 м. Наличие данного пространства и его объём вызваны необходимостью размещения резервуаров с питьевой и технической водой, складских помещений для хранения продовольствия и техники, а также отсеков с многоуровневыми автономными теплицами для выращивания дополнительной продукции и др.

Разведение растений осуществляется в помещениях с искусственным освещением принтерным методом при помощи роботов [11]. Подобная технология позволяет выполнять посадку, уход и сбор культур без участия человека, при этом условия выращивания в теплицах соответствуют естественным природно-климатическим характеристикам, генетически записанным в ДНК растений за миллиарды лет предшествующей эволюции на планете Земля. Параметры среды, не влияющие на качество сельхозпродукции, но повышающие продуктивность их производства, – влажность, температура, содержание углекислого газа, освещённость, уровень гравитации и др. – будут оптимальными и могут регулироваться в разные периоды вегетации.

В ЭКД предусмотрена возможность использования инженерных систем в дополнение к основным природным процессам очистки воды и воздуха, утилизации отходов, фильтрации углекислого газа и др. Доставка из складов и резервуаров организована автоматическим методом. Система секторов и шлюзов обеспечивает безопасность и автономность всех инженерных систем технической зоны для предотвращения перебоев при вероятных столкновениях с метеоритами. Кроме того, ЭКД на расстоянии в несколько десятков метров планируется окружить мелкой сеткой. Она создаст пространство, где будет вакуум и невесомость, важные для ряда космических производств. Там может размещаться необходимое соответствующее технологическое оборудование. Вместе с тем подобное ограждение станет первой линией обороны – метеорит, превышающий по размерам ячейку сетки, будет частично раздроблен, и дальше полетят его фрагменты, встречая на пути технологическое оборудование, которое примет на себя второй удар. Именно поэтому оболочку ЭКД, отвечающую за его герметичность, достигнут лишь ослабленные остатки метеорита.

Над технической зоной расположен многометровый слой плодородной почвы. Он станет не только главной механической защитой от метеоритной и радиационной космических угроз, но и «зелёными лёгкими» ЭКД, основой для рекреационных и сельскохозяйственных зон. Почвенный биогеоценоз с тысячами видов микроорганизмов сможет поддерживать жизнедеятельность флоры и фауны Земли и вне её – в космическом пространстве, в замкнутой экосистеме космического поселения [2]. Интеграция природоподобных инженерных коммуникаций с естественным почвенным слоем обеспечит постоянный

полив и полноценное (без химических удобрений и ядохимикатов) питание растений.

Многометровый слой «космической» почвы, способный погасить удар метеорита массой до 100 кг, содержит минеральный и питательный компонент в виде природного гумуса в количестве 10 %, как и у самой плодородной земной почвы – чернозёма. Минеральная часть для облегчения веса выполнена из вспененных гранул земных минералов, её фракционный состав не препятствует росту корневой системы растений и в то же время обладает необходимыми бронезащитными и противорадиационными свойствами.

Внутреннее пространство космического поселения представлено изменяющимися равнинными, предгорными и горными (у торцов цилиндров) ландшафтами, что создаёт естественную природную визуальную среду (рисунок 2).

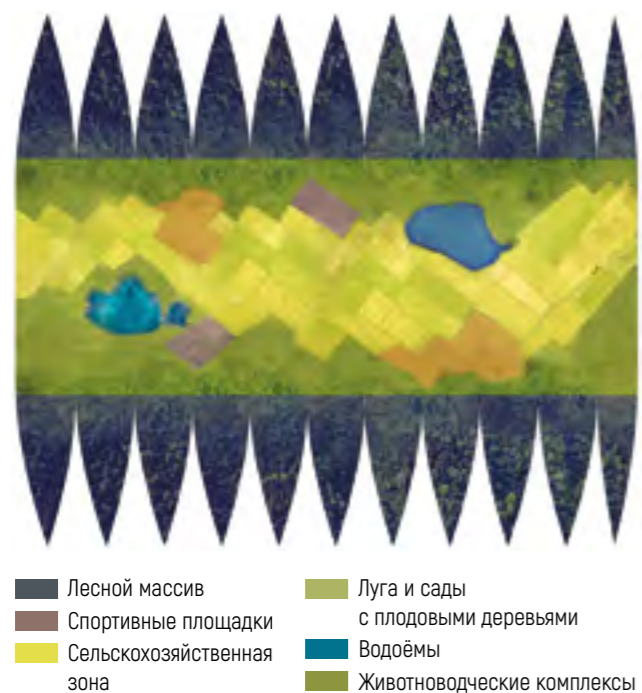


Рисунок 2 – Вариант планировочного зонирования внутреннего пространства внешнего цилиндра ЭкоКосмоДома (в развёрнутом на плоскость виде)

На данной оболочке находятся: зона для выращивания различных культур; территории для животноводства; площадки для занятий спортом; прогулочные дорожки; зелёные массивы для обеспечения продуктами питания жителей ЭКД. Пруды и ручьи распределены равномерно, формируя ирригационную сеть и систему поэтапной



очистки воды с минеральной и органической загрузкой. Водоёмы классифицируются:

- по назначению – на рекреационные с пляжной территорией и для разведения рыб, водных растений, моллюсков и иных пищевых продуктов;
- по составу воды – на солёные и пресные, со своими водными экосистемами, подобными земным.

Вокруг водных объектов высаживаются растения для укрепления береговой почвы.

Животноводческие комплексы окружены живыми изгородями – деревьями, кустарниками и вьющимися растениями высотой около 10 м. Важно также обеспечить движение воздуха (ветер) в направлении от мест частого пребывания людей. Кроме того, ветер необходим для опыления растений и укрепления (тренировки) их стеблей и стволов. Движение воздуха, лёгкий ветер и воздухообмен в промежутке между цилиндрами легко организовать, так как они вращаются в противоположные стороны с относительной скоростью, превышающей 10 м/с. Для указанной цели внешняя поверхность внутреннего цилиндра может быть оснащена, например, специальными лопастями с возможностью регулирования их ветровой производительности.

Поля для производства овощей, лекарственных трав, технических культур, а также сады размещаются вблизи животноводческих комплексов. На каждой сельскохозяйственной территории заселяются семьи пчёл и шмелей (для опыления растений). Вместе с тем вокруг зон отдыха для предотвращения проникновения ненужной пыльцы и насекомых-опылителей высаживаются живые изгороди высотой приблизительно 10 м.

Для визуального и психологического комфорта над зелёной зоной расположена воздушная прослойка высотой около 100 м, которая ограничена внутренним цилиндром, формирующим имитацию неба. При этом «небо» должно

быть на несколько десятков метров выше самых больших деревьев.

Жизнь на орбите представляет собой множество вызовов для человека: различные угрозы здоровью; длительный процесс адаптации организма, отличный от земного состав атмосферы [12]. По этой причине для поддержания физического и психологического комфорта, а также для дополнительного оздоровления в ЭКД планируется разместить площадки для активных игр и тренировок всевозможной направленности, сеть прогулочных маршрутов, экотропы, зоны климатотерапии, участки для плавания в водоёмах (таблица).

Таблица – Функциональные зоны внутреннего пространства внешнего цилиндра ЭкоКосмоДома

Наименование	Количество, %
Лесной массив	30
Поля	30
Луга с территориями для разведения животных	20
Водоёмы	15
Спортивные площадки	5

Во внутреннем цилиндре ЭКД на многометровом слое «космической» почвы расположены гостиничные и жилые зоны космоотеля, вписанные в окружающие их растительные экосистемы. Отдельный объём для жилых территорий обеспечивает дополнительную безопасность туристов и проживающих в комплексе. Для создания комфортных условий обитания людей необходимо определить оптимальную плотность и количество населения. Ниже рассмотрены различные варианты плотности застройки и режима проживания.

Высокоплотная застройка для краткосрочных туристических экспедиций

Высокоплотная застройка способна вместить около 10 000 туристов при описанных выше размерах космического дома. Подобная среда лучше всего подходит для краткосрочных (до нескольких недель) экспедиций (рисунок 3). В условиях заданной плотности при среднеэтажной застройке качество жизни улучшается за счёт организации иерархии пространств – от общественных до частных [13].

Данная система расселения позволяет организовать высокую пропускную способность ЭКД. Положительной стороной является возможность постоянного притока,

смены и обмена опытом значительного количества специалистов: научных работников (проведение исследований, лекций, семинаров, мастер-классов); фермеров (уход за растениями и животными); персонала (туристическая анимация, тренировки по различным направлениям) и др. Большая часть обслуживания будет роботизирована, ориентирована в соответствии с планируемыми сценариями пользования для обеспечения бесперебойного функционирования ЭКД. Возможна организация автоматической доставки со складов, посадки и ухода за растениями, уборки, приготовления пищи.



Рисунок 3 – Схема фрагмента высокоплотной застройки жилой зоны внутреннего цилиндра ЭкоКосмоДома (вариант)

Отрицательные факторы высокоплотной застройки: большой расход провизии, существенная нагрузка на системы переработки отходов; снижение контроля над созданной замкнутой экосистемой за счёт постоянного выноса и приноса веществ извне; высокий уровень шума; недостаточный срок для адаптации; отсутствие чувства собственности и, как следствие, потребительское отношение к объектам проживания; сокращение уединённых пространств; доступность приватного отдыха только для VIP-туристов.

В исследованиях Н.Н. Гуровского и А.Д. Егорова указано, что во время полёта и в послеполётный период симптомы, схожие с болезнью укачивания, наблюдаются у каждого третьего космонавта в течение первых 3–6 суток [14]. Если длительность пребывания в ЭКД будет ограничена несколькими неделями, адаптация организма займёт значительную часть поездки. Увеличение срока проживания в условиях высокоплотной застройки может привести к психологическому дискомфорту туристов.

Малозэтажная застройка низкой плотности для длительного проживания

Малозэтажная застройка низкой плотности позволит рассредоточить жилые дома, возвести камерное поселение

с индивидуальными садовыми участками, что будет оптимально для длительного, комфортного и безопасного проживания в космосе. При подобной системе расселения жилая зона заданной площади может вместить около 2500 человек – из расчёта один дом с плоской крышей и садом на ней площадью по 100 м², а также приусадебный участок примерно такой же площади на каждого жителя (рисунок 4). При проживании семьями в данном ЭКД может обитать не менее 5000 человек.



Общественная зона Зона жилой малоэтажной застройки Зелёная зона

Рисунок 4 – Схема фрагмента низкоплотной застройки жилой зоны внутреннего цилиндра ЭкоКосмоДома (вариант)

Положительные стороны низкоплотной застройки: долгосрочные поездки нивелируют срок адаптации и увеличивают приспособленность космических туристов к среде ЭКД; индивидуальные участки создают чувство собственности, обеспечивающее постоянный уход за территорией, повышенный уровень комфорта пребывания; уменьшение расхода провизии и, как следствие, сокращение количества теплиц в технической зоне, меньший износ территорий и коммуникаций, умеренная нагрузка на системы переработки отходов.

Минусы: низкая пропускная способность ЭКД; большая стоимость строительства и содержания системы на человека; меньшее количество специалистов из различных сфер.

Смешанный тип застройки, включающий в себя краткосрочное проживание и длительное пребывание вахтовым методом

Данная система поселения рационализирует две предыдущие схемы, создавая вариативность пребывания в ЭКД. Модульность структуры позволяет закрепить оптимальную иерархию пространств.

Места концентрации социальной активности людей и связи между ними обуславливают планировочный каркас жилой зоны ЭКД. Распределение множества открытых

и закрытых участков застройки образуют пространства, которые варьируются по составу, использованию и архитектурной организации. Подобное выстраивание способствует повышению интенсивности задействования территории, формированию зон социальной ответственности, организации различных сценариев визуальных, функциональных и пешеходных связей. Развитая система пешеходных коммуникаций стимулирует социальные контакты, увеличивает вариативность маршрутов [15].

Общественные центры, равноудалённые от жилой застройки, занимают площадь около 12 модулей, что обеспечивает доступ населения к полному спектру услуг. На территории предполагается размещение образовательных заведений, объектов обслуживания, открытых кафе, зон для проведения общественных мероприятий, праздников, лекций (рисунок 5).

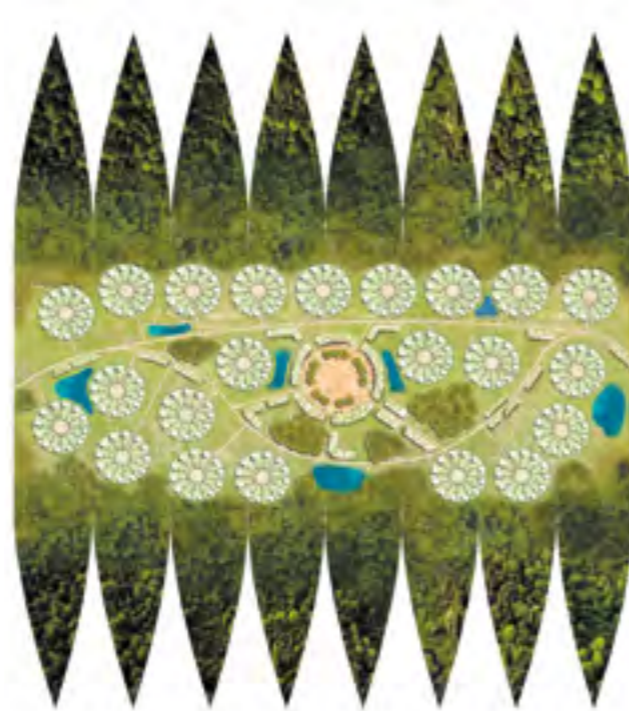


Рисунок 5 – Вариант смешанной застройки жилой зоны внутреннего цилиндра ЭкоКосмоДома (в развёрнутом на плоскость виде)

Полицентричная структура выстраивания публичных пространств, характерная для смешанной застройки, формирует сбалансированную жилую среду, насыщенную общественными, инфраструктурными и рекреационными объектами. Деление общественного пространства на небольшие единицы способствует распределению зон



ответственности среди жителей, что прививает чувство сопричастности, общности и самоидентификации [13].

Общественные центры окружены высокоплотной застройкой отелей, которые будут заселены туристами, приезжающими на короткий срок. На участках космических гостиниц предусмотрены камерные зелёные зоны для отдыха. Далее расположены ячейки с садовыми одноквартирными и блокированными домами. Внешний вид и качество строительных материалов построек должны формировать целостную обстановку, создающую единство и разнообразие. Дом в данном случае имеет чисто условное название, так как его окружает комфортная среда (по природно-климатическим характеристикам). Следовательно, не будет необходимости в фундаменте, тепло- и гидроизоляции, системах отопления и кондиционирования, защите от проливных дождей и ураганов, а также в иных требованиях, предъявляемых к традиционным домам на Земле.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Внутренняя организация цилиндрического туристического ЭкоКосмоДома, его концептуальная, природная и инфраструктурная составляющие способны обеспечить комфортное длительное пребывание человека в открытом космосе. Принятая капсульная форма ЭКД, представляющая собой систему из двух цилиндров, является оптимальной по уровню эффективного применения пространства, увеличению полезной площади при сохранении общего объёма. Распределение функциональных зон позволяет рационально использовать поверхность цилиндров, гарантировать высочайшую безопасность космических туристов, наладить логистику и доставку продукции внутри ЭКД.

Внутреннее пространство внешнего цилиндра, включающее лесные массивы, поля, луга для выпаса животных,

спортивные площадки, пруды и рекреационные зоны, может создать естественные условия обитания человека, обеспечить его необходимым количеством жизненно важной продукции – пищей, питьевой водой, чистым воздухом, одеждой, а также местами для трудовой деятельности и исследований, зонами для рекреации и занятий спортом. Внутренний цилиндр вместит большое количество туристов и наладит высокую пропускную способность ЭКД в зависимости от выбранного режима проживания и типа застройки. Возможная организация полётов в невесомости, необычная визуально-пространственная среда, созданная цилиндрической формой, меньшая гравитация, иной состав атмосферы дадут человеку испытать условия жизни, отличные от земных.

В перспективе развития проекта «ЭкоКосмоДом» рассматривается детальное изучение необходимых параметров для эффективного обучения и дополнительного развития проживающих, укрепления их здоровья, а также для природного отдыха и уникального опыта путешествия людей в открытом космосе. Дальнейшие исследования могут быть направлены на доскональную проработку планировочных решений, способствующих ускорению процесса адаптации человека к пространству ЭКД, улучшению психоэмоционального состояния, синтеза технологий для оптимального функционирования замкнутой экосистемы.

Не менее важным является создание идеального баланса замкнутой биологической системы как единого многофункционального живого организма. Вместе с тем требуется анализ сценариев регуляции жилого космического кластера с учётом постоянного потока туристов, замены или добавления элементов природной экосистемы, заимствованной у лучшей зоны планеты Земля – субтропиков – с идеальными для проживания природно-климатическими условиями.

Литература

1. Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – 240 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. Bernal, J.D. *The World, the Flesh & the Devil: An Enquiry into the Future of the Three Enemies of the Rational Soul* [Electronic resource] / J.D. Bernal. – Mode of access:

<https://www.marxists.org/archive/bernal/works/1920s/soul/index.htm>. – Date of access: 29.06.2020.

4. Bernal Sphere Space Settlement Detail [Electronic resource] // National Space Society. – Mode of access: <https://space.nss.org/bernal-sphere-space-settlement-detail/>. – Date of access: 24.06.2020.
5. O'Neill, G.K. *Space Colonies and Energy Supply to the Earth* / G.K. O'Neill // *Science*. – 1975. – No. 190 (4218). – С. 943–947.
6. O'Neill, G.K. *The High Frontier: Human Colonies in Space* / G.K. O'Neill. – 3rd edition. – Burlington: Collector's Guide Publishing, Inc., 2000. – 184 p.
7. *Space Settlements: A Design Study* [Electronic resource]. – Mode of access: <https://space.nss.org/settlement/nasa/75SummerStudy/Chapt5.html>. – Date of access: 30.06.2020.
8. Globus, A. *Kalpna One Space Settlement* [Electronic resource] / A. Globus [et al.]. // National Space Society. – Mode of access: <https://space.nss.org/kalpna-one-space-settlement>. – Date of access: 02.07.2020.
9. *The Gateway Foundation* [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gatewayspaceport.com>. – Date of access: 24.06.2020.
10. *International Space Station Facts and Figures* [Electronic resource] // Canadian Space Agency. – Mode of access: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/iss/facts.asp>. – Date of access: 06.07.2020.
11. Neves, A.J.R. *Service Robots* / A.J.R. Neves. – Rijeka: InTech Publishing, 2017. – 174 p.
12. *The Architectural Relevance of the International Space Station* [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.architectural-review.com/essays/reviews/the-architectural-relevance-of-the-international-space-station/10014002.article>. – Date of access: 04.07.2020.
13. Мельникова, В.М. Принципы разумного урбанизма как концептуальная основа зарубежного градостроительства / В.М. Мельникова, Н.А. Масталерж // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 31–37.
14. Гуровский, Н.Н. Некоторые проблемы космической медицины [Электронный ресурс] / Н.Н. Гуровский, А.Д. Егоров. – Режим доступа: <http://www.astronaut.ru/bookcase/books/20gagarin/text/04.htm>. – Дата доступа: 11.08.2020.
15. Хегай, И.В. Градостроительная организация смешанной жилой застройки в условиях нового строительства: автореф. дис. ... канд. архитектуры: 05.23.22 / И.В. Хегай; Моск. архит. ин-т. – М.: МАРХИ, 2013. – 26 л.





Особенности восприятия внутренней архитектурно- пространственной среды ЭкоКосмоДома

Воронович К.П.

*Беларусь, г. Минск,
архитектурный отдел
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

Кошелев А.Г.

*Беларусь, г. Минск,
архитектурный отдел
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 721.011



Изучается восприятие человеком внутренней архитектурно-пространственной среды цилиндрического ЭкоКосмоДома (ЭКД) с учётом своеобразия его формы. Исследуются композиционные особенности пространства для создания условий, удовлетворяющих психологические потребности жителей ЭКД. Дано предложение по решению вопроса искажения восприятия среды, выполнена оценка аналогов и разработаны варианты заполнения территории космического поселения для комфортной жизни человека.

Ключевые слова:

архитектура, архитектурно-пространственная среда, геопластика, искажённое пространство, ландшафт, рельеф, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

ЭкоКосмоДом (ЭКД) [1] представляет собой космическое поселение, оболочка которого имеет форму капсульного цилиндра. Данный тип ставит перед архитекторами совершенно новые задачи по организации внутренней зоны, комфортной для жизни людей. Так, необходимы визуальная адаптация непривычной для восприятия человеком цилиндрической структуры, расчёт практичной этажности застройки при диаметре цилиндра 300 м, применение современных принципов проектирования здоровой, экологичной, социально удобной архитектурной среды в неординарных условиях.

В мировой практике существует ряд тенденций развития архитектуры и архитектурного пространства. Одна из них – отказ от многоэтажного массового жилья. Зарубежные исследования показывают, что низкая и средняя застройка благотворно влияют на общее психическое состояние горожан, повышают освещённость улиц, увеличивают срок эксплуатации зданий [2].

Озеленение городских территорий – следующее важнейшее направление в развитии городов. В основе концепции комплексного благоустройства лежат работы по озеленению и улучшению городских территорий [3].

Она включает в себя требования по реконструкции и пластической организации рельефа, посадке новых деревьев, кустарников, цветов на улицах и в парках, установке ограждений, архитектурному освещению улиц или целых кварталов, размещению малых архитектурных форм и объектов городского дизайна.

Ведутся отдельные разработки по получению экологичных материалов с предписанными прочностными и другими характеристиками. Например, испанские учёные изобрели биобетон, в состав которого входят вещества, позволяющие ему сохранять все свойства при прорастании в нём растений [4]. С помощью данной инновации здания можно превратить в вертикальные сады, не используя при этом дополнительные вазоны и горшки. Главный связующий материал в биобетоне – фосфат магния, обеспечивающий благоприятные условия для развития мхов, лишайников и других растений без вреда для строительных конструкций.

Озеленение территорий и построек, применение натуральных материалов – основополагающие факторы экологичного поселения как на Земле, так и в космосе.

В частном строительстве присутствует тенденция создания сообществ жителей внутри возводимых поселений за счёт подходящих планировочных решений районов.



Первостепенная задача данных воплощений – налаживание отношений между людьми, которые живут поблизости. Подобное добрососедство является фундаментом формирования сплочённого коллектива. Показательный пример – город-сад под Копенгагеном, где благодаря радиальному принципу расположения жители собраны в немногочисленные соседские общины со своей небольшой площадью и общими устоями.

Перечисленные тенденции будут учтены в организации архитектурно-пространственной среды ЭКД и при проработке её восприятия человеком.

В следующем разделе статьи описаны процессы, необходимые для создания архитектурно-пространственной среды, сделаны выводы из различных исследований по восприятию окружающих условий человеком и дан анализ его психологических реакций. Рассматриваются также концепции озеленения города, использования различных форм зданий и их цветовой гаммы. Далее предложены способы, помогающие урегулировать основную поставленную задачу – улучшить восприятие искривлённости пространства цилиндрического ЭКД, главная проблема которой проявляется в дезориентации и возможных расстройствах здоровья человека. Решение заключается в двух ведущих

направлениях: применение определённых форм сооружений и геопластики, включающей в себя изменение рельефа и задействование приёма террасированной застройки.

Значение грамотного проектирования архитектурно-пространственной среды

Процесс создания архитектурно-пространственной среды – это комплексное формирование объектов и систем окружения человека как гармоничного, художественно осмысленного единства всех компонентов. При реализации данной концепции в архитектуре соблюдают ряд правил: принципы гармонизации, стиля, синтеза искусств, формообразования, пластики деталей, а также масштабные соотношения, систему пропорций, ритмический строй, игру фактур и светотени, колористику, тектоническую организацию. Кроме того, органические архитектурные формы воспринимаются подобно форме естественных организмов, природных ландшафтов, что позволяет объединить окружающую среду и здания в одно целое. Все указанные постулаты существуют и прорабатываются для психологического и физического комфорта и здоровья человека, который попадает в созданные условия.

При планировании сооружений и территорий на Земле и в биосферных орбитальных ЭкоКосмоДомах для правильного и привычного восприятия пространства вокруг человека следует учитывать уровни визуального восприятия архитектурной формы [5]:

- объект в панорамной среде – угол восприятия в 18°;
- объект виден в целом – угол восприятия в 27°;
- видна детализация объекта – угол восприятия в 36°;
- объект в ракурсе, когда видна фактура, мелкие детали, – угол восприятия в 45°.

Так как один из первоочередных принципов ЭКД – это экологичность и природоподобность, то данный фактор необходимо учитывать и при проектировании сооружений внутри космического поселения. Главные задачи, поставленные при создании натуральной среды: поддержание равновесия между естественными и искусственными элементами пространства, снижение объёмов потребления ресурсов, повышение психофизического комфорта жизнедеятельности людей с помощью улучшения функциональных, санитарно-гигиенических, микроклиматических и эстетических параметров атмосферы, планирование строений из материалов, которые не наносят вред здоровью людей и состоянию окружающего мира.

Немаловажно конструировать с учётом визуальной экологии – теории о физиологических нормах зрения и закономерностях восприятия. Предложенная концепция как новое направление в науке даёт возможность обосновать предпочтения человеком «правильных» форм архитектуры, дизайна и среды, объяснить субъективное, на первый взгляд, восприятие творчества в целом. Визуальная экология создала доказательную базу для оценки эстетических качеств. Проектирование внутренней зоны с учётом принципов появившейся недавно науки поспособствует дальнейшему развитию ЭКД, так как люди, которые будут проживать в гармонично организованном мире, продолжат улучшать условия вокруг себя, повышать качество жизни и формировать полноценное поселение.

Для правильного восприятия окружающего пространства в ЭКД стоит учитывать факторы, влияющие на здоровье человека [6]. Негативное воздействие на органы зрения и общее психологическое состояние оказывают монотонные стены, сплошные светопрозрачные панели, жилые «коробки», плотная застройка. В такой обстановке человек постепенно устаёт, ощущает дискомфорт и напряжение, быстрее расходует энергию.

Значимую роль также играет цвет, используемый в создаваемой среде. Например, белый тон в архитектуре

практикуют для привлечения внимания к определённым зданиям или их частям. Он положительно воздействует на состояние человека, придаёт бодрость. Зелёный цвет – наиболее естественный и привычный глазу, поскольку его можно наблюдать в природе. Он успокаивает и умиротворяет, способствует снижению у человека артериального давления, расслаблению мышц, фактически снимает головную боль. Его целесообразно применять для того, чтобы разнообразить архитектуру спокойных спальных зон ЭКД и подчеркнуть слияние построек с природным пейзажем. Голубой цвет – оттенок терпения и толерантности. Он максимально приближен к естественному цвету неба и воды, а значит, оказывает стабилизирующий эффект на нервную систему человека. Грамотные цветовые решения проектируемой среды могут влиять на общее настроение всего проживающего в ней социума и являются неочевидным инструментом управления эмоциональным состоянием людей.

Описание методов формирования комфортного для восприятия пространства

Одна из серьёзных проблем, возникающая при формировании комфортной среды внутри ЭКД, – искажение пространства из-за его цилиндрической формы (диаметр которой 300 м) относительно привычного земного размещения объектов (рисунок 1).

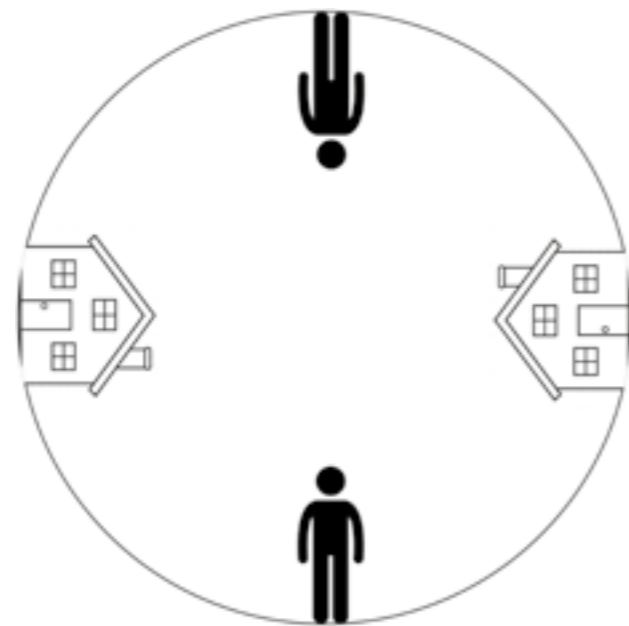


Рисунок 1 – Схема искажения пространства



Данная форма оболочки ЭКД может вызвать потерю человеком ощущения равновесия и адекватного понимания окружающей территории: со всех сторон его будет окружать земля, угол наклона объектов станет изменяться. Для решения обозначенного вопроса требуется создать необходимые визуальные иллюзии и разделить пространство. При этом особенность формы места обитания, привлекающая землян в космические поселения, не будет утеряна, но сформируются благоприятные условия для постоянного пребывания.

Существует два основных способа изменения визуального восприятия элементов пространства для комфортной жизни в ЭКД:

- выбор подходящей формы сооружений;
- геопластика.

Выбор формы сооружений

Главная задача – подобрать и использовать такие архитектурные формы сооружений, которые будут соответствовать поставленным целям (удобство, единение с природой, простота возведения), а также те, что не станут выглядеть наклонёнными по отношению к другим объектам на определённом расстоянии. Например, прямоугольные здания внутри цилиндра ЭКД покажутся стоящими под углом, «заваливающимися» относительно точек зрения на расстоянии.

Самый подходящий вариант очертаний в описанном случае – плавный, без резких углов, т. е. бионический. Такая модель позволит приблизить строения к естественной природе и тем самым создать наиболее приятную и необычную среду для жизни. Примером подобного решения могут быть купольные дома (рисунок 2): они не только удобны в расположении на искривлённой поверхности,

но и способны сблизить архитектуру с природой за счёт своего бионического образа. Кроме того, купольные дома имеют ряд преимуществ: энергоэффективность, устойчивость, выгодная стоимость, интересный облик, вариативность планировок. Сфера – наиболее органичная природная фигура: по сравнению с домом, прямоугольным в плане, сооружения в виде купола имеют на 30 % меньше площади поверхности, что даёт возможность сэкономить на строительных материалах при возведении и отделке. Благодаря своей форме купол почти в пять раз прочнее классических конструкций.

Для жилых конструкций стоит выбирать натуральные материалы или близкие по составу к натуральным (в частности, папиросную бумагу, живой бамбук, лианы, дышащую ткань и т. д.). Архитектурные композиции также важно дополнять обильными зелёными насаждениями. Живые растения будут вырабатывать кислород, полезные фитонциды и давать плоды, которые можно съесть прямо в самом сооружении, где, например, стена выполнена из виноградной лозы.

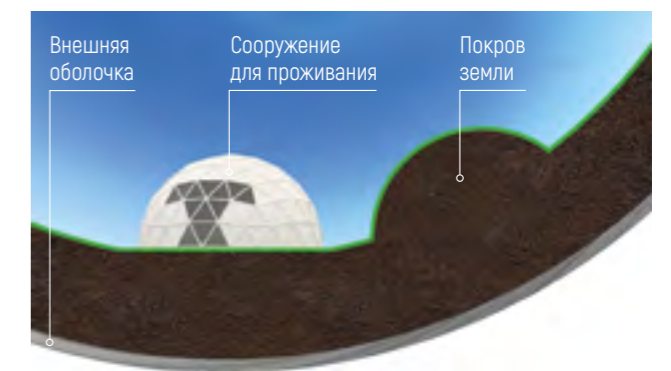


Рисунок 2 – Пример использования архитектуры бионической формы

Главная задача при использовании всех приёмов – возвести не новые стандартные дома для проживания внутри уже сформированного объёма с комфортными условиями для жизни человека, а разделить пространство ЭКД на так называемые комнаты, отдельные уединённые зоны.

Геопластика

С помощью геопластики создаются естественные преграды для передвижения и обзора в виде холмов и оврагов, что приводит к разнообразию пространства вокруг людей, образует среду, похожую на земную. Идея в том, чтобы построить естественные препятствия для взора человека, которые в отдельных местах сформируют иллюзию нахождения на ровной поверхности в ЭКД (рисунок 3).

Следует отметить два вида геопластики, подходящие для ЭКД:

- изменение рельефа;
- террасированная застройка.

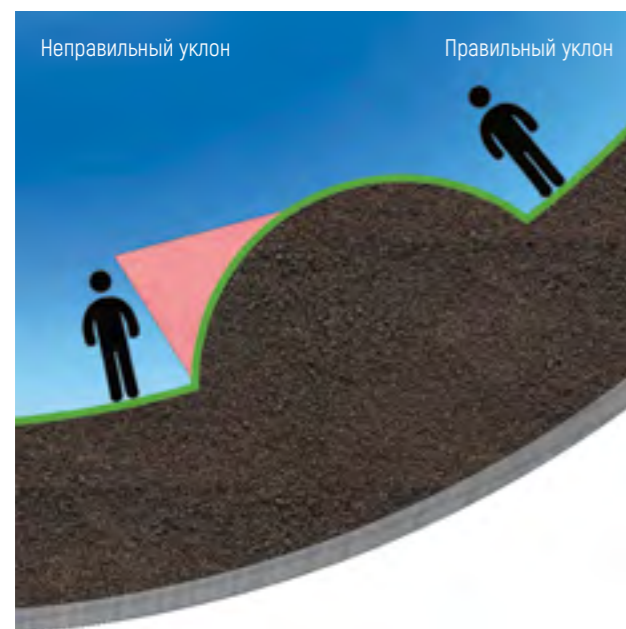


Рисунок 3 – Пример использования геопластики: восприятие искусственной насыпи

Изменение рельефа. Создание ровной поверхности и расположение построек на разном уровне рельефа (рисунок 4), вплоть до их внедрения в рельеф, поможет искусственно изменить микропространство, окружающее человека, и отвлечь взгляд от изменения макропространства территории.



Рисунок 4 – Схема размещения купольного дома на рельефе

Террасированная застройка. Позволяет сформировать визуальное представление территории в виде многоярусных террас с расположением построек на разных уровнях, тем самым не открывая человеческому взгляду всё пространство в целом (рисунок 5). Данное решение также целесообразно использовать для террасированных посадок плодовых культур, садов. Подобное размещение меняет визуальную среду и увеличивает полезную площадь внутренней зоны.

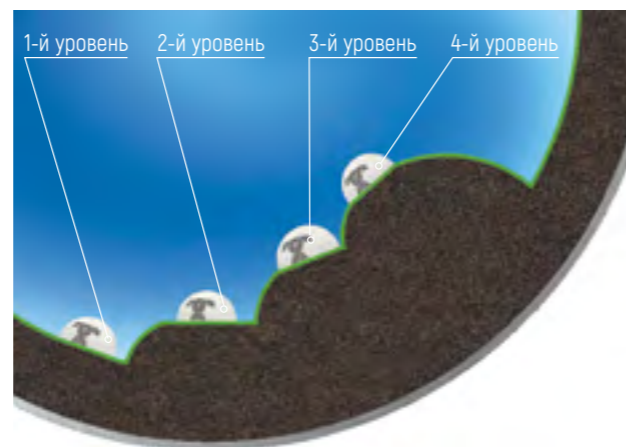


Рисунок 5 – Схема террасированной застройки

В космическом поселении ЭКД на орбите будет создана искусственная гравитация, стремящаяся к нулю ближе к оси сооружения. Согласно расчётам высота сооружений

во внутреннем диаметре, равном 300 м, не превзойдёт 16 м, так как выше данной отметки станет ощущаться снижение сил гравитации, что может быть неудобным для человека. Следовательно, максимальная высотность застройки – пять этажей или террас. Малоэтажная конструкция визуально облегчит пространство ЭКД для более благоприятного нахождения там людей.

Важно понимать, что внутренние условия ЭКД всё равно не будут полностью аналогичны земным. Однако благодаря архитектурным способам можно спроектировать среду, где комфортно жить, несмотря на непривычную для человека форму всего пространства, которая при решении психологических нюансов восприятия в итоге окажется привлекательной особенностью данного поселения.

Выводы и дальнейшие направления исследования

В настоящей статье после изучения вопроса восприятия человеком внутренней архитектурно-пространственной среды космического поселения с учётом своеобразия формы ЭКД и атмосферы внутри него предложены варианты для формирования комфортных визуальных условий. Фундаментальная задача – основываясь на существующем опыте строительства и благоустройства, а также на психологических исследованиях, создать с помощью архитектурных приёмов пространство, удовлетворяющее визуальные потребности людей внутри ЭКД.

На сегодняшний день данному объекту нет аналогов. Безусловно, все предлагаемые решения должны пройти тщательную проверку на целесообразность. Однако можно с уверенностью сказать, что в ЭКД обязательно должны быть учтены принципы экологичности, использования именно биоматериалов, автономности процессов, психологического и физиологического комфорта человека для длительного проживания. Авторы статьи, рассмотрев современные методы, применяемые в строительстве, сделали вывод, что уже имеется возможность обеспечить внутри ЭКД среду, максимально благоприятную для жизни. Вместе с тем нетипичная ландшафтная архитектура, форма сооружений и организация всего внутреннего пространства ЭКД станут особенностью для восприятия.

В дальнейшем планируется решить и другие задачи, связанные с восприятием внутреннего пространства ЭКД на примере конкретных функциональных зон, а также проанализировать воздействие создаваемых условий на человека, в частности искусственной гравитации в зависимости от высотности застройки.

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. Акчурина, О.М. Современные тенденции и перспективы развития архитектурно-пространственных и функционально-планировочных характеристик типовой застройки в России и за рубежом / О.М. Акчурина, А.М. Чупайда // Строительные материалы и изделия. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 96–102.
3. Вавер, О.Ю. Концепция озеленения территории города Нижневартовска / О.Ю. Вавер, Г.Н. Гребенюк, И.Е. Клемина. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2010. – 55 с.
4. Степанов, А.В. Архитектура и психология: учеб. пособие / А.В. Степанов. – М.: Юрайт, 2018. – 355 с.
5. Шилин, В.В. Архитектура и психология / В.В. Шилин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. – 68 с.
6. Строительство – формирование среды жизнедеятельности: материалы XIX междунар. межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 29 апр. 2016 г. / Моск. гос. строит. ун-т; подбор материалов и подготовка сборника: Т.И. Квитка, И.П. Молчанова. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – 1112 с.



Организация внутреннего пространства ЭкоКосмоДома на планете Земля

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Ермачёк Е.В.

Беларусь, г. Минск,
ООО «Базовый проект»

Налётов И.В.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

Платонова В.А.

Беларусь, г. Минск,
архитектурный отдел
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»

УДК 57.022:721.01



Описаны планировочная схема, объёмное решение, моделирование функциональных связей изолированной замкнутой экосистемы ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля). Основой жизнедеятельности данного комплекса является принцип замкнутого круговорота веществ, энергии и информации. Предлагаемое размещение функциональных зон учитывает важные взаимосвязи устанавливаемых трофических цепей, а также соответствует формируемым абиотическим, климатическим и другим требованиям. Представленный планировочный вариант разработан исходя из ранее определённой конструктивной системы, отвечающей необходимым критериям создания замкнутого пространства ЭКД-Земля. Особенности полученного функционального зонирования – универсальность и трансформируемость к любой форме внутреннего пространства замкнутой экосистемы.

Ключевые слова:

антропогенная среда, изолированная экосистема, объёмно-планировочные решения, проектирование, сельское хозяйство, функциональное зонирование, ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля), ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

Создание замкнутых экосистем – актуальная тема нынешнего времени. Подобные проекты позволяют проводить исследования, направленные на проектирование автономных объектов, способных изолированно функционировать как на Земле, так и в космическом пространстве. Примером такого комплекса может стать ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) [1]. Для него необходима разработка проектных идей, которые предусматривают совмещение различных экосистем, требуемых для формирования баланса природной среды. Благодаря новым изысканиям, осуществляемым в построенном ЭКД-Земля, появится возможность использования полученного опыта для сооружений с земными условиями на орбите планеты Земля.

Планировочные решения являются инструментом регулирования целого ряда процессов, оказывающих влияние на взаимодействие живых существ. Грамотное функциональное зонирование пространства и расположение архитектурных объёмов обуславливает размещение инженерных сетей, структуру ландшафта, планировку природных зон и, соответственно, коммуникационные связи между различными группами организмов замкнутой экосистемы в целом. Понимание органичной компоновки планировочных зон с учётом трофических связей образует основу создаваемой модели функционального зонирования, которую впоследствии можно применить к всевозможным формам внутреннего замкнутого пространства на Земле и в космосе.

Цель настоящей работы – изучение организации внутреннего пространства изолированной замкнутой экосистемы для проживания человека. Главная задача – составление планировочной схемы функционального зонирования в соответствии с формируемыми в ЭКД-Земля трофическими связями. В дальнейшем полученная концепция может быть адаптирована к любой форме внутреннего замкнутого пространства.

Примеры создания замкнутых экосистем

Мировой опыт создания изолированных экосистем представлен всего несколькими вариантами. На базе российского Института биофизики (г. Красноярск) была разработана биорегенеративная система жизнеобеспечения человека – «БИОС-3» [2]. Ключевыми факторами планировочного решения данного комплекса являлись компактность, герметичность конструкции, безопасные условия для жизни человека, управление процессами функционирования экспериментальной базы изнутри самим экипажем



при минимальном вмешательстве снаружи. Благодаря этим и другим свойствам из всех разработанных в мире искусственных биологических систем жизнеобеспечения «БИОС-3» позволила в автономном режиме наладить жизнь экипажа (два-три человека) в течение шести месяцев за счёт замыкания цикла по воде и газу почти на 100 %, по пище – более чем на 50 %.

«БИОС-3» состояла всего из двух планировочных зон: жилой (три кабины для экипажа, санитарно-гигиенический модуль, кухня-столовая) и лабораторно-производственной (фитотроны с высшими растениями и водорослевый культиватор), что не могло содействовать комфортному проживанию человека на протяжении длительного времени (в отличие от планируемых условий в ЭКД-Земля). Проект не включал большого количества естественных природных процессов, жителям предоставлялось только самое необходимое для жизни, не предусматривались животноводство и рыбководство. При этом был осуществлён ряд новых разработок в области растениеводства [3, 4].

Важен опыт американской компании Space Biospheres Ventures, которая в 1984 г. в Аризонской пустыне США начала строительство «Биосферы-2» – замкнутого экспериментального комплекса [5]. «Биосфера-2» – это конструкция из стекла, бетона и стали, занимавшая площадь 1,27 га. Объём сооружения составлял более 200 000 м³. У входной группы была размещена стеклянная пирамида высотой около 24 м, где находилась зона тропического леса. На западной территории «Биосферы-2» площадью 16 га располагались сектора, включающие океан, саванну, болото, пустыню и поля. Внутри комплекса искусственно воссоздали водные и наземные экосистемы биосферы: мини-океан со сложным из кораллов искусственным рифом, тропический лес (джунгли), саванну, редколесье из колючих растений, пустыню, пресноводное болото, а также солончужное. Последнее имело извилистое русло, искусственно затопляемое водой и засаженное мангровыми зарослями.

Вход в жилую зону «Биосферы-2» осуществлялся через воздухонепроницаемый вестибюль и техническое помещение, оборудованные сенсорами. Рядом располагался санузел, включённый в систему переработки отходов. Конденсационная аппаратура содержалась на озеленённой крыше жилого модуля. Подземный тоннель связывал телестовый модуль с фильтрационным танкером.

Биологические сообщества экосистемы включали в себя 3800 видов животных, растений и микроорганизмов. Внутри «Биосферы-2» были устроены жилые апартаменты для участников эксперимента и оборудованы сельскохозяйственные площадки, составлявшие целое ранчо, названное Sun Space [6].

Большее количество зон «Биосферы-2» оказались абсолютно не востребованными. Некоторые не имели практического назначения, например пустыня и океан. Подобные пространства нуждались в особом внимании, определённых условиях, а также в технических возможностях. Именно такой комплексный подход важен для соблюдения солевого баланса в океане: соль не обладает свойством абсорбироваться на поверхности и кристаллизоваться на ней, при этом процессе содержание соли в воде будет уменьшаться. От сокращения количества соли в водоёме может произойти мор рыбы и гибель других животных. Для поддержания постоянного солевого состава необходимо дополнительное вмешательство, в частности ионизация веществ и запуск окислительно-восстановительных процессов [3, 7].

Для очистки воздуха в проекте предусматривались тропические сады, а в качестве консерватора углеводородов выступило болото. Весь образуемый углекислый газ поступал в тропическую зону, где в результате фотосинтеза растений выделялся кислород в воздушную среду [7, 8].

Таким образом, представленные экспериментальные примеры замкнутых экосистем служили платформами для исследований, однако они не достигли абсолютной автономности и не смогли создать безопасную

сбалансированную среду для проживания человека на срок более длительный, чем два года. В проектах присутствовало недостаточное количество разноплановых зон или, напротив, некоторые участки требовали специального технического обслуживания, что усложняло бесперебойное функционирование замкнутой экосистемы.

В разработке многопрофильного зонирования ЭКД-Земля используются взаимосочетаемые элементы, упрощающие жизнедеятельность экспериментального комплекса. Кроме того, пространственное расположение зон приближено к естественной для человека визуальной среде. Габаритные размеры ЭКД-Земля подобраны в соответствии с критерием безопасности и возможности длительного пребывания человека в данной замкнутой экосистеме.

Требования к планировочной организации ЭКД-Земля

При проектировании функционального зонирования изолированной замкнутой экосистемы ЭКД-Земля учитываются как архитектурно-планировочные нормы, так и требования к биологической составляющей проекта.

Климатические и абиотические требования

Для баланса экосистемы в ЭКД-Земля планируется поддерживать субтропический климат как оптимальный для комфортного проживания человека. Зимой температура должна быть не ниже 15 °С, летом – не меньше 20 °С и не выше 27 °С [9]. Дневное освещение в замкнутой биосфере основывается на цветовом спектре приходящих на Землю солнечных лучей.

Важный этап – создание искусственного ветра. Благодаря ему воздух будет равномерно перемешиваться и распространяться по всему ЭКД-Земля. Скорость ветра может варьироваться от 6 км/ч до 23 км/ч. При этом движение

воздушных масс необходимо для опыления растений и укрепления (тренировки) их стеблей и стволов.

Влажность воздуха должна иметь непостоянное значение – от 40 % до 75 %. Лишняя влага удаляется природным влагоуловителем. Полученная вода от осушения воздуха перемещается в резервуар с пресной водой после дополнительной фильтрации. Полив растений осуществляется ежедневно при условии глубокого залегания грунтовой воды. Вместе с тем он будет контролируемым (регламентируются дозы и время дождевания).

Вода в ЭКД-Земля должна проходить двухэтапную очистку. Начальный биологический этап включает в себя очистку первичных органических веществ в воде с помощью водорослей и мелких животных (дафний, бокоплавов, циклопов и др.). Вторая стадия – процесс перегонки воды по фильтрующему ручью, имеющему соответствующую водную экосистему и заполненному природными минералами подобранного химического и фракционного состава. В схеме функционального зонирования следует запланировать достаточную для этого протяжённость ручья.

В целях создания благоприятных условий для роста растений расстояние до низа конструкций в ЭКД-Земля будет не менее 10 м. Глубина почвенных ёмкостей на участке посадки высоких культур – более 9 м, глубина водоёма – 4–10 м.

В замкнутых экосистемах должна предусматриваться возможность территориального разделения зон для размещения представителей флоры, производственного сектора, а также организации мест постоянного пребывания человека [10].

Выращивание продовольственной продукции

Зона производства продуктов питания – компактная территория, предназначенная для получения сельскохозяйственной продукции. Стоит чётко разделить выпуск продовольственной продукции от технической и кормовой. Для выработки грубых кормов целесообразно рассматривать возможность их ротационной заготовки, объём которой предполагает кормление животных в течение одного месяца. Такой подход позволит сократить складские площади, а также избавит от порчи кормов.

Выращивание животных

В изолированной замкнутой экосистеме уместно содержание мелких животных. В сельском хозяйстве лучше всего разводятся кролики, козы, овцы, альпака, перепела, куры, небольшие хищники. У некрупных организмов быстрее протекает метаболизм, что ускоряет процессы питания и движения элементов в закрытой экосистеме.

В водоёмах должны проживать рыбы, ракообразные, моллюски. В ЭКД-Земля сложно производить корм для рыбы. По этой причине лучше создать грамотные трофические связи, обеспечивающие питание водных обитателей, основу которого должны составить подвижные и неподвижные водоросли, особенно диатомовые. Потреблять водоросли будут мелкие ракообразные (пресноводные креветки, дафнии, циклопы, бокопавы). Эти членистоногие, в свою очередь, станут питательной базой для рыб. Кроме водорослей необходимо культивировать и другие водные растения – они войдут в рацион травоядных рыб. Таким образом, в аквариуме наладится сбалансированное выращивание рыбы и ракообразных, предназначенных для питания человека.

Объекты животноводства должны располагаться вдали от проживания людей, а также культурных центров. Животных следует содержать в подходящих санитарных условиях с регулярным контролем. Всем четвероногим требуется вольер для прогулки, снабжённый сухим гумусом для впитывания остатков их жизнедеятельности (смена гумуса – раз в неделю). В шаговой доступности от места размещения животных будут оборудованы отсеки и бункеры для хранения корма.

Архитектурно-планировочные и конструктивные требования

Предельно рациональная форма ЭКД-Земля, согласно исследованиям специалистов [11], – фрагмент тора высотой 30 м. Подобная конфигурация объекта представляется наиболее экономически выгодной, также она отличается бионическим дизайном, что делает её эстетически привлекательной (рисунок 1).



Рисунок 1 – Визуализация ЭКД-Земля (вариант) с конструктивным решением в виде фрагмента тора (высота – 30 м) [11]

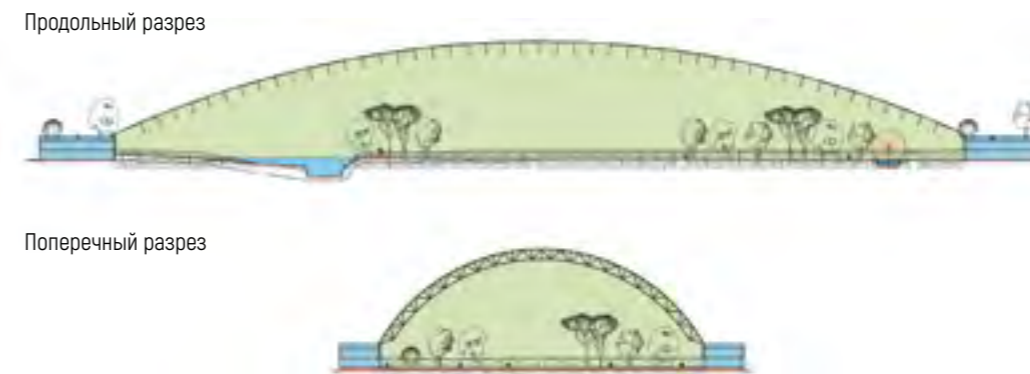


Рисунок 2 – Продольный и поперечный разрезы ЭКД-Земля

Для создания пространства большой площади без дополнительных колонн и других опорных элементов оптимально использование пространственных конструкций (рисунок 2).

Пространственные конструкции позволяют возводить здания с выразительным архитектурным обликом, перекрывая значительные пролёты; дают возможность успешно решать функциональные задачи и получать значительную экономию материала по сравнению с плоскостными конструкциями [12].

Ввиду уникальности объекта важна разработка специальных предписаний к архитектурно-планировочным решениям, связанным с безопасным пребыванием людей, так как в существующем нормативном регламенте отсутствует данный класс сооружений.

Климатические и абиотические требования системы, необходимые компоненты для баланса биосферы, функциональная насыщенность, плановое развитие и экономическая составляющая – основа для определения структуры потенциальных зон ЭКД-Земля. Не менее значимым фактором для грамотного практического распределения секторов является предполагаемая стадийность эксплуатации объекта. На первом этапе функционирования предусматривается его использование в качестве туристического комплекса, где вновь прибывшим будет представлена возможность посещения изолированного пространства ЭКД-Земля в ходе различных программ и экскурсий. Второй этап эксплуатации – изоляция экосистемы для научной и исследовательской работы.

При создании изолированной замкнутой экосистемы следует придерживаться концепции экологичности и безотходности производства. ЭКД-Земля спроектирован на максимальное получение биологической продукции и ориентирован на рациональное движение элементов внутри замкнутой системы.

Функциональное зонирование ЭКД-Земля

Общая площадь выбранного варианта ЭКД-Земля составляет 22 564 м², внутреннее пространство замкнутой экосистемы занимает 20 142 м², на гостиничный комплекс отводится 2422 м².

Главным компонентом ЭКД-Земля являются природные зоны, охватывающие 40–50 % общей площади. Подобный процент обусловлен важностью формирования в замкнутой экосистеме природно-климатических условий субтропического типа с воссозданием необходимого круговорота веществ, энергии и информации. За прототип внутреннего пространства ЭКД-Земля принят вариант природно-рекреационного парка, в который входят такие зоны, как водная (с пресной и морской водой), водно-термальная, лесопарковая, луговая, сельскохозяйственная, плодово-ягодная, животноводческая, рекреационная, пляж (всё вместе – около 20 142 м²). Взаимосвязь данных территорий строится на принципах природного баланса с учётом туристической привлекательности. Пространство для производства продуктов питания, требуемых для функционирования замкнутой экосистемы, расположено вокруг рекреационного участка, т. е. в районе доступа персонала, и включает в себя плодовый сад, огороды, теплицы, лаборатории, оранжереи, банк саженцев, семян и почвы, контактный зоопарк и др. Значимым аспектом представляется производство экологически чистой продукции с использованием высокоплодородных почв на основе натурального живого биогумуса.

Одной из частей природной зоны выступают водные объекты, занимающие около 3630 м²: пресный водоём, болото, ручей и термальный источник. Различный состав водных сред создаст микроклимат для разведения множества живых организмов, рыб и растений, предоставит всякого рода сценарии отдыха и досуга посетителей, например плавание, рыбалка, оздоровление в термальном источнике.



По периметру автономной биосферы желательно расположить гостиничные номера, которые в последующем могут быть использованы в качестве жилых ячеек для учёных, работающих в замкнутом внутреннем пространстве.

Планировочная схема функционального зонирования ЭКД-Земля представлена на рисунке 3.

Гостиничный комплекс занимает 2422 м² от общего объёма. Его жилая зона включает около 100 номеров для ту-

ристов, а также номера класса люкс. Общественная часть состоит из зон регистрации и сбора организованных групп, отделения связи, пункта обмена валют, камер хранения багажа, гардероба, ресторана, помещений для собраний и лекций, зрительного зала, магазинов, медицинского пункта и других мест обслуживания, необходимых для комфорта гостей.

Физкультурно-оздоровительная зона содержит спортивные площадки, тропу здоровья, бассейн и SPA-комплекс,



Рисунок 3 – Вариант планировочной схемы функционального зонирования ЭКД-Земля

что даст людям возможность поддерживать физическую форму во время отдыха.

В ЭКД-Земля в том числе предусмотрены хозяйственная, животноводческая, технологическая, производственная и административная зоны, в которых работает технический персонал, отвечающий за обслуживание замкнутой экосистемы и отеля.

Общая стратегия планирования территории основана на взаимосвязях зон открытого пространства замкнутой экосистемы, что позволит регулировать природный баланс, а также сформирует рекреационный парк с большим разнообразием точек притяжения для посетителей. В то же время замкнутость природной зоны поможет осуществить её полное изолирование для проведения исследовательской деятельности учёных. Район отеля, технические сектора и лаборатории организованы галерейным методом. Такой способ размещения обеспечивает обзор на внутреннее пространство ЭКД-Земля, увеличивает открытость и проницаемость участков, при этом может ограничивать доступ определённых зон к пространству замкнутой экосистемы.



Проект предполагает не только научное изучение изолированной экосистемы, но и стратегию развития ЭКД-Земля в качестве туристического комплекса для формирования экономической самостоятельности объекта. На его базе будет предусмотрен обширный перечень услуг, создающих максимальный комфорт для гостей. Примерами могут служить как классические для туристического центра предложения (различные точки питания; возможности для спокойного отдыха, выполнения оздоровительных



и SPA-процедур; предоставление площадей для выставок, конференций и др.), так и нестандартные решения: экскурсии по замкнутой экосистеме, созданной для космических поселений; климатотерапия в субтропической лесной зоне; посещение тропы здоровья; организованный трекинг для людей, нуждающихся в восстановлении или укреплении опорно-двигательного аппарата; кемпинг и ночёвка в палатке внутри замкнутой экосистемы; проведение образовательных мероприятий, мастер-классов для школьников, студентов и интересующихся взрослых с практической демонстрацией и осуществлением экспериментов в замкнутой экосистеме; занятия в лабораториях; продажа продуктов, выращенных и произведённых под куполом комплекса, и др. На данный момент рассматриваются несколько вариантов туристических маршрутов, предназначенных для спокойного и активного отдыха.

Представленный проект позволит разместить большое количество людей и минимизировать трудозатраты на обслуживание изолированной замкнутой экосистемы.

Выводы и дальнейшие направления исследования

В результате гармоничного планирования взаимосвязей площадей комплекса закрытая экосистема будет максимально приспособлена к рациональному применению человеком. Сформированная климатическая и биологическая среда станет комфортной для людей и всех проживающих в ней живых существ. Предложенное планировочное решение вместит в себя большое количество разнообразных биологических и антропогенных экосистем. Их сочетание направлено на оптимальное взаимодействие всех действующих элементов создаваемой автономной биосферы. Эксплуатация ЭКД-Земля в качестве исследовательского полигона обеспечит организацию требуемого баланса системы, который в дальнейшем будет взят за основу для построения замкнутой среды ЭкоКосмоДома на орбите,



а затем и кораблей-колоний для путешествий в космическом пространстве.

Описываемый проект может послужить началом прототипирования замкнутой экосистемы с туристической направленностью в объектах космических поселений, например таких, как туристический цилиндрический ЭкоКосмоДом. Оптимальная инфраструктура обусловит комфортную среду для посетителей с помощью уникального рекреационного парка, водных объектов, кафе. Универсальный комплекс сценариев посещения сделает экскурсионный визит в замкнутую биосферу доступным для разных слоёв населения, при этом повысит экономическую стабильность проекта, что позволит проводить множество научных и исследовательских экспериментов на базе ЭКД-Земля.

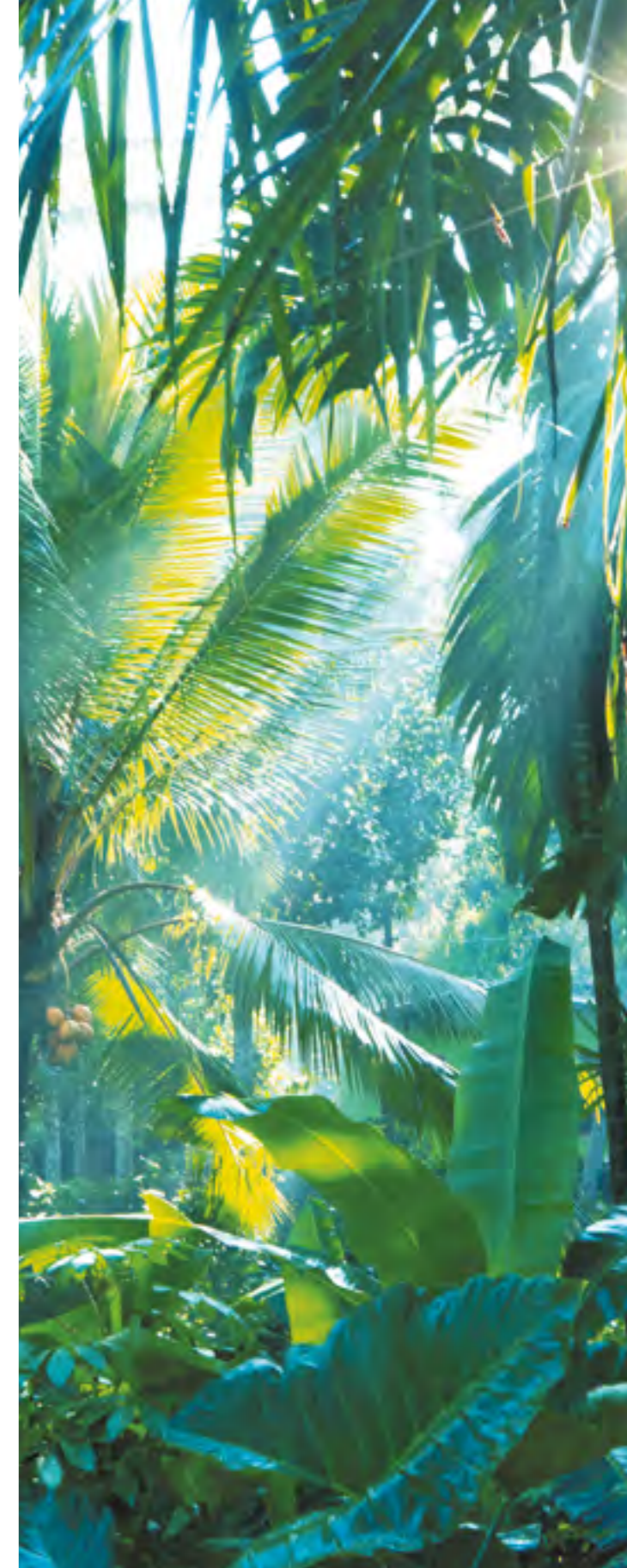
Дальнейшие изыскания планируется направить на детальную проработку планировочных решений, подбор сортов растений и пород животных, создание внутри ЭКД-Земля технологий производства необходимых предметов быта (в том числе одежды), формирование системы психологического контроля самочувствия человека, составление сценариев адаптации функционального зонирования к различным формам замкнутых экосистем.

Литература

1. Юницкий, А.Э. ЭкоКосмоДом как пространство для сохранения видового разнообразия тропической и субтропической флоры / А.Э. Юницкий, В.К. Павловский, Д.В. Феофанов // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-технич. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 153–157.
2. Дегерменджи, А.Г. Создание искусственных замкнутых экосистем земного и космического назначения / А.Г. Дегерменджи, А.А. Тихомиров // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84, № 3. – С. 233–240.
3. Вернадский, В. Биосфера и ноосфера: науч. издание [Электронный ресурс] / В. Вернадский. – Режим доступа: https://www.e-reading.life/bookreader.php/1028008/Vernadskiy_-_Biosfera_i_noosfera.html. – Дата доступа: 02.04.2020.
4. 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.

5. Poynter, J. The Human Experiment: Two Years and Twenty Minutes Inside Biosphere 2 / J. Poynter. – New York: Thunder's Mouth Press, 2006. – 384 p.
6. Ткаченко, Ю.Л. Из истории создания искусственных экосистем [Электронный ресурс] / Ю.Л. Ткаченко, С.Д. Морозов. – Режим доступа: <https://doi.org/10.24158/fik.2017.6.22>. – Дата доступа: 04.03.2020.
7. Семькин, В.А. Экологическое образование и его социально-психологические аспекты в решении экологических проблем современности / В.А. Семькин // Ecological Education and Ecological Culture of the Population: Materials of the III Intern. Scient. Conf., Prague, 25–26 Febr. 2015. – Prague: Vědecko vydavatelské centrum “Sociosféra-CZ”, 2015. – P. 51–56.
8. Дегерменджи, А.Г. Искусственная замкнутая экосистема как экспериментальная база функциональной экологии / А.Г. Дегерменджи // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84, № 11. – С. 79–81.
9. Юницкий, А.Э. Системы поддержания оптимальных климатических параметров ЭкоКосмоДома на планете Земля / А.Э. Юницкий, В.Г. Григорьев // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 185–189.
10. Исмуханов, С.М. Природное земледелие / С.М. Исмуханов // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: материалы III междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 5 марта 2020 г. – Петрозаводск: Новая наука, 2020. – С. 228–230.
11. Юницкий, А.Э. Обзор возможных конструктивных решений объекта «ЭкоКосмоДом» на планете Земля / А.Э. Юницкий [и др.] // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 169–177.
12. Пономаренко, А.М. Архитектурные решения общественных зданий с покрытием пространственными конструкциями / А.М. Пономаренко, А.Ю. Жигулина, А.С. Першина // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сб. ст. / Самарский гос. архит.-строительный ун-т; под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой. – Самара: СГАСУ, 2015. – С. 116–121.





Метод подбора специалистов, обеспечивающих работоспособность ЭкоКосмоДома на планете Земля

Казначеев Д.В.

Беларусь, г. Минск,
управление проектных работ ЗАО «Струнные технологии»

УДК 331.1



Разработан метод подбора специалистов, необходимых для функционирования систем ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля) и обеспечивающих потребности людей, которые проживают в изолированном замкнутом пространстве. Изучен опыт реализации объектов, схожих по условиям эксплуатации («Биосфера-2», «БИОС-3», «Марс-500», Closed Ecological Experimental Facility, «Юэгуи-1»), а также по организации территории для проживания и исследований (учебные кампусы) и созданию комфортных условий пребывания человека с целью самосохранения (бомбоубежища). Определена зависимость ключевых параметров, влияющих на ход исследований, – потребностей человека, состава обслуживаемых систем ЭКД-Земля и соответствующих экспериментов, площади и объёма замкнутого пространства.

Ключевые слова:

*ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля),
замкнутое пространство, исследования,
потребности человека, профессиональные навыки,
работоспособность.*

$$|f(x)| = \begin{cases} x, & x \geq 0 \\ -x, & x \leq 0 \end{cases}$$

$$|f(x)| = g(x) \iff$$

$$\begin{aligned} &|x^3 - \sqrt{x+1}| - 3| \\ &= x^3 + \sqrt{x+1} - 4 \end{aligned}$$

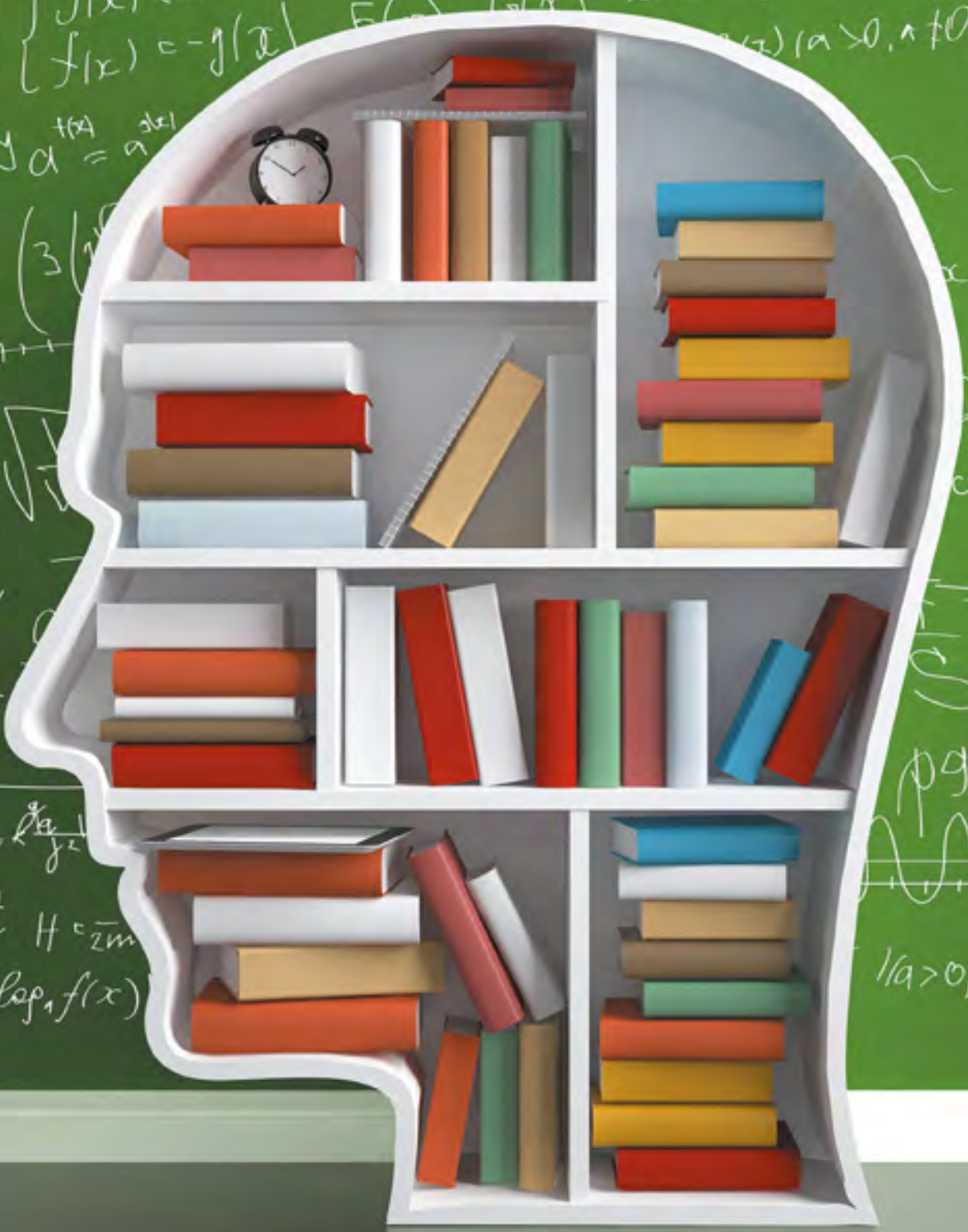
$$2|x^2 + 2x - 5| < x - 1$$

$$\left(\frac{8}{7}\right)^{1/2} = \left(\frac{7}{8}\right)^{1/2}$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$



$$\begin{aligned} v &= \frac{d}{dt} \implies x = x_0 + v \cdot t \quad H = \bar{z} \cdot m \\ s &= x - x_0 = v \cdot t \quad F(\log_1 f(x)) \\ \log(x^2 + 9x) + \log \frac{x+9}{x} &= 0 \end{aligned}$$



$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \beta$$

$$\log_a b^{f(x)} = \log_a b^{g(x)} \iff f(x) = g(x) = g(x) \log_a b$$

$$x = x^3 \iff x(x^2 - 1) = 0 \iff \begin{cases} x = 0 \\ x = 1 \\ x = -1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{p(x)}{Q(x)} > 0 \\ p(x) = 0 \\ Q(x) \neq 0 \end{cases}$$

$$y = kx + b$$

$$y = x$$

$$y = 1/x$$

$$y = \sqrt{x}$$

$$\frac{x^2 - 2x^2 - x + 2}{x^2 + 2x - 8} \geq 0$$

$$\frac{p(x)}{Q(x)} \leq 0$$

$$c^2 = bc \cdot \cos \alpha$$

$$P = \rho g h$$

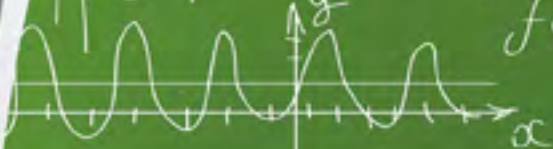
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$\begin{cases} f(x) \geq 0 \\ g(x) > 0 \\ f(x) < g^2(x) \end{cases}$$

$$\sqrt{\frac{y-4 \leq x-1}{x+3 > x+1}}$$

$$3^2 \cdot 25^{\frac{x}{2}} = \frac{5}{2}$$

$$f(x) > g^2(x) \geq 0$$



$$|a > 0, a \neq 0|$$



Введение

Организация Объединённых наций (ООН) считает актуальным исследование космического пространства для его мирного применения и называет активное освоение космоса одним из основных направлений на ближайшие годы, что отражено в докладе Комитета по использованию космического пространства в мирных целях Генеральной ассамблеи ООН 2018 г. [1]. ООН ставит перед собой задачи по извлечению экономических выгод из космической деятельности, преумножению благ для общества, доступности космоса для всех, укреплению международного сотрудничества и управления в космической отрасли [2]. Международная организация также призывает сохранить космическое пространство в качестве надёжной и безопасной среды, пригодной для использования нынешним и будущими поколениями, и, что немаловажно, осознаёт, что привлечение частного сектора и негосударственных компаний даст толчок по внедрению новых методов покорения космического пространства.

Идеи освоения космоса на данный момент остаются на уровне начальных проработок из-за ограниченных экономических и технологических возможностей исследовательских организаций, роста глобальных проблем на Земле и космической гонки государств вместо совместной деятельности над экспансией внепланетного пространства [3]. Существует ряд причин необходимости освоения космоса и создания космических поселений – от изучения космического пространства с целью развития туризма, поиска вдохновения [3, 4] до спасения и выживания человечества в случае катастрофы на Земле и выноса вредного производства с нашей планеты для восстановления биосферы [5]. Работу по индустриализации космоса следует начинать вести уже сейчас. Об этом говорят экологические проблемы, возникающие на Земле (глобальное потепление, разрушение озонового слоя, загрязнение Мирового океана, уничтожение тропических лесов, опустынивание, уменьшение биоразнообразия, истощение природных ресурсов).

При глобальной индустриализации космоса для проживания людей в космическом пространстве необходимо организовать поселения, например биосферные ЭкоКосмоДома (ЭКД) [3]. Однако, прежде чем предпринимать попытки построить непосредственно в космосе поселения с замкнутой экосистемой, целесообразно некоторые исследования осуществить в рамках планеты Земля. Для этого будет реализован прототип данного объекта – ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля). Создание ЭКД-Земля позволит проработать принципы устойчивой автономной биосферы с помощью проведения достаточного количества экспериментов в замкнутом пространстве относительно разных областей знаний, науки и технологий. Сооружения типа ЭКД-Земля предназначены для решения задач по обеспечению комфортного пребывания людей в замкнутом пространстве с воссозданием природных принципов круговорота веществ, энергии и информации.

Примером необходимости исследований космической сферы и создания пригодных для длительного проживания человека космических поселений может являться проблема физических ограничений по нахождению человека в космическом пространстве (в невесомости), так как в наземных условиях наблюдаются ослабление мышц и уменьшение костной массы даже несмотря на специальные тренировки и препараты [4]. Важно внедрять многочисленные разработки в различных областях науки и технологий, позволяющие увеличить время пребывания человека в космосе в здоровом состоянии, что приведёт к значительному скачку в инновационном развитии и экономике [6].

Изучение разноплановых аспектов освоения космоса, колонизации Марса, Луны и других небесных тел с точки зрения создания автономных космических поселений ведутся уже давно [4]. Так, для понимания исследовательских задач и состава команд специалистов (применительно к созданию замкнутой биосферы) в статье проанализирован опыт проведения экспериментов:

- «БИОС-3» (СССР). Представляет собой камеру размерами 14,9 × 14,9 × 2,5 м, содержащую два герметизированных отсека. Экипаж из 2–3 человек мог проживать в данных отсеках до шести месяцев [7];
 - «Биосфера-2» (США). Застеклённое герметичное сооружение площадью 12 750 м², состоящее из семи блоков (в том числе – тропический лес, миниатюрный океан с необычным химическим комплексом, пустыня, саванна и мангровый эстуарий). В нём восемь учёных оставались в изоляции от внешнего мира в течение двух лет [8];
 - Closed Ecological Experimental Facility (CEEFF) (Япония). CEEFF – замкнутая искусственная экосистема, в которой площадь растительных посадок равнялась 150 м², животноводческого модуля – 30 м², жилого – 50 м². Данные о проведении длительных экспериментов по изоляции людей в этой установке отсутствуют [9];
 - «Марс-500» (Россия). В испытательный комплекс вошли пять экспериментальных установок: жилой модуль объёмом 150 м³; медицинский модуль – 100 м³; складской модуль с оранжереей – 250 м³; имитатор марсианского посадочного модуля – 50 м³; имитатор марсианской поверхности – 1200 м³. В эксперименте приняли участие шесть испытуемых из России, Италии, Китая и Франции; они провели в комплексе 520 дней [10];
 - «Юэгуан-1» (Lunar Palace-1) (Китай). Установка общей площадью около 160 м² и объёмом 500 м³ содержала три модуля полуцилиндрической формы. Три члена первого экипажа «Юэгуан-1» провели в герметично закрытом комплексе 105 дней [11];
- Более подробно об описанных испытаниях рассказано в подразделе «Эксперименты по созданию замкнутых экосистем».
- Указанные объекты вскрыли колоссальные проблемы, возникшие при создании искусственной биосферы (продовольственный кризис, гибель урожая, сложности поддержания достаточного количества кислорода, рост численности вредителей, естественная утилизация биомассы растений, возвращение во внутрисистемный обмен выводимых из организма человека солей и др.). Логическим продолжением исследований с целью исправления допущенных ошибок является моделирование замкнутой биосферы с максимальным количеством различных опытных процессов, основанных на природных способах круговорота веществ, энергии и информации. Это возможно при реализации проекта «ЭкоКосмоДом на планете Земля». Для решения поставленных задач по формированию искусственной биосферы важен качественный подбор специалистов-исследователей, чему и посвящена данная статья.

Требуется также определить ключевые факторы, влияющие на формирование состава исследователей. На основе зависимости между выявленными аспектами разработана методика грамотного системного подхода в выборе специалистов различных направлений, которые смогут совместно и без внешнего вмешательства решать исследовательские задачи замкнутой биосферы.

Для достижения целей всего эксперимента необходимо организовать комфортное пребывание испытуемых в замкнутом пространстве, что позволит им сосредоточиться на сути исследований по созданию замкнутой биосферы, не отвлекаясь на побочные факторы (обеспечение себя ресурсами, организация рабочего пространства и др.). Данный вывод побудил автора на более глубокое изучение потребностей человека в условиях высокой автономности (как в описанных выше экспериментах), а также подтолкнул на разработку методики подбора испытуемых для ЭКД-Земля, а со временем – и для орбитальных ЭКД.

Выделяют несколько моделей потребностей человека: иерархическая модель А. Маслоу [12], утилитарная классификация потребностей П.С. Кузнецова [13] и др. Последняя выбрана для дальнейшего применения в разрабатываемом методе благодаря удобству и логичности выделения комплексов потребностей и критериев их группировки (не зависящих друг от друга, как в пирамиде Д. Маслоу). Рассмотрены также принципы построения комфортного пребывания человека с целью самосохранения (бомбоубежища) [14], организации территории для изолированного проживания, получения образования и исследований (университетские кампусы) [15].

Более подробно о потребностях человека и комфортной среде для его жизни и деятельности рассказано в подразделе «Факторы эффективности работы исследователей». Далее в работе описан метод, позволяющий грамотно подобрать специалистов различных направлений для достижения положительного результата в создании замкнутой биосферы. О выводах и новых направлениях исследования изложено в заключительной части статьи.

Обзор литературы

Эксперименты по созданию замкнутых экосистем

В перечисленных выше экспериментах по созданию замкнутых экосистем рассмотрены аспекты, необходимые для разработки методики подбора испытуемых, а именно: количественный состав исследователей, их функции и профессиональные навыки, площади экспериментальных площадок и объёмы проводимых испытаний.

«Марс-500» был нацелен на изучение физико-химических процессов в замкнутой среде, влияния замкнутого пространства на физическое и психическое здоровье человека, а также на исследование физиологии, работоспособности и поведения испытуемых в условиях смоделированного полёта на Марс. Задачей «БИОС-3», «Юэгу-1», СЕЕФ являлось создание замкнутой экологической системы жизнеобеспечения человека с автономным управлением и моделирование системы функционирования космического корабля или обитаемой базы на небольших площадях. «Биосфера-2» на сегодняшний день считается самым крупным реализованным проектом по моделированию замкнутой экологической системы. Данный эксперимент проводился с целью понять, сможет ли человек жить в искусственно организованной среде для колонизации Марса. Герметичное сооружение, возведённое в рамках этого испытания, стало прототипом убежища на Земле в случае глобальной экологической катастрофы.

В состав проекта «Биосфера-2» входили восемь человек. Команда набиралась из числа тех, кто изначально участвовал в процессе подготовки эксперимента. Она формировалась из специалистов, представленных в таблице 1.

Для проведения экспериментов было построено сооружение площадью 12 750 м², а также воссозданы разнообразные экосистемы (пустыня, тропический лес, сельскохозяйственное поле и другие локации). Бионавты находились там в течение двух лет. Для того чтобы поддержать функции экосистемы, испытуемых в искусственно созданной среде сопровождали животные, насекомые, рептилии [8].

Данный проект показал сложность воспроизведения биосферы, вскрыл вопросы, которые не учли при проектировании объекта и в процессе его эксплуатации.

Например, ферма в «Биосфере-2» не смогла обеспечить бионавтов пищей на 100 %, возникли проблемы с кислородом, из-за вредителей гиб урожай. Выявилась нехватка испытателей по различным специальностям: в определённые периоды всем бионавтам приходилось заниматься посадками и уходом за растениями. Не оправдала себя и надежда на использование солнечного света в качестве главного фактора, необходимого для созревания овощных культур: погода стояла пасмурной, что повлияло на фотосинтез растений и, как следствие, привело к снижению количества урожая.

В «БИОС-3» реализованы 10 экспериментов с экипажами от одного до трёх человек. Самый масштабный эксперимент продолжался 180 дней, в нём принимали участие четыре испытателя. В.В. Терских находился в сооружении всё время, остальные специалисты менялись через два месяца, так как объёма воздуха в «БИОС-3» хватало только на троих.

Корпус герметичного помещения разделили на четыре отсека, в двух из которых располагались фитотроны, в третьем – микроводорослевые культиваторы. В последнем находились каюты экипажа, бытовое и вспомогательное оборудование. Больше всех (с перерывами и участием в нескольких экспериментах) в «БИОС-3» прожил инженер Н.И. Бугреев – в общей сложности 13 месяцев [7].

Благодаря грамотному распределению обязанностей, чётко поставленным задачам при минимальных размерах объекта и количестве испытуемых удалось выполнить достаточно большой объём исследований, в том числе по выращиванию пищи с хорошей урожайностью; использованию каталитической печи для окисления органических веществ в целях исключения подавления растений

химическими веществами; тестированию системы конвейера для обеспечения всего жизненного цикла растений (от посева до созревания); возможности проживания человека среди растений в условиях замкнутой биологической системы. Испытуемые достигли полного замыкания системы по газу и воде, а также закрыли потребность в пище на 80 %. Относительно небольшой объём сооружения не позволил проводить эксперименты с участием животных, микроорганизмов, грибов и тем самым наладить полный цикл замкнутой биосферы.

В «Юэгу-1» участвовали трое специалистов: Се Бэйчжэнь (командир экипажа), Дун Чэн и Ван Миньцзюань.

«Юэгу-1» общей площадью около 160 м² и объёмом 500 м³ был построен из трёх модулей полуцилиндрической формы: интегрированный рабочий и жилой модуль (состоял из рабочей зоны, кают-компания, трёх кают, помещения личной гигиены, блока переработки отходов и отсека для насекомых); два модуля оранжереи (каждый был разделён на две изолированные секции). В течение двух месяцев продолжался этап подготовки установки к эксперименту – опробование систем, высадка растений.

В 2014 г. прошли испытания систем жизнеобеспечения будущей лунной станции «Юэгу-1». В течение 105 суток в условиях герметизации модуля экипаж жил в замкнутой экосистеме. Пищевая цепочка, как и в «БИОС-3», строилась из высших растений, животных и почвенных редуцентов. Исследователи питались выращенными внутри капсулы растениями (пять видов зерновых культур, 15 сортов овощей, один сорт фруктов) и насекомыми. Животная пища и некоторые другие компоненты поступали извне по специальному каналу. Кислород поставляли представители флоры, углекислый газ перерабатывался фотосинтезом. Отходы жизнедеятельности использовались как удобрения. Кислород и вода регенерировались внутри капсулы на 100 %. Участники испытаний осуществили ряд научно-технических экспериментов [11].

Как и в «БИОС-3», исследователи смогли достичь определённых результатов при грамотном распределении обязанностей. Тем не менее из-за ограниченного пространства полностью закрыть систему от внешнего мира не удалось.

Данные о проведении испытаний по проживанию людей в замкнутой экосистеме установки СЕЕФ отсутствуют, однако известно, что японский экспериментальный комплекс построили из расчёта пребывания в нём двух человек. Он состоял из модуля растительных посадок (150 м²), животноводческого (30 м²) и жилого (50 м²) модулей. Проходили исследования по моделированию замкнутых циклов газообмена, водооборота и питания в условиях

имитации марсианской обитаемой базы. Были опубликованы результаты моделирования последствий глобального потепления и изучения миграции радионуклидов во внутренних потоках вещества [9].

Объект Closed Ecological Experimental Facility (в отличие от «Юэгу-1» и «БИОС-3») включал в себя и животноводческий модуль, что расширяло количество экспериментов и больше соответствовало аналогу земной биосферы. Результаты по взаимодействию людей в условиях данного модуля не имеются.

В команду проекта «Марс-500» вошли шесть человек различных национальностей и профессиональных навыков: практикующий врач, владеющий методами неотложной медицинской помощи; врач-исследователь, занимающийся клинической лабораторной диагностикой; биолог; инженер – специалист по системам жизнеобеспечения; инженер – специалист по вычислительной технике; инженер – специалист по электронике; инженер-механик. Испытательный комплекс состоял из пяти экспериментальных установок: жилого, медицинского и складского (с оранжереями) модулей; имитатора марсианского посадочного модуля, а также имитатора марсианской поверхности. Перед экспериментом проведена отработка программы научных исследований, обучение и фоновые медицинские осмотры испытуемых.

В ходе «полёта» члены экипажа наблюдали за своим физическим и психическим здоровьем; вели учёт параметров среды обитания (давления, температуры, влажности) и потребляемых ресурсов (пищи, воды, расходных материалов, запасных частей, ресурсов систем жизнеобеспечения); регулярно проводили профилактические регламентные и ремонтные работы по поддержанию нормального функционирования систем модулей, санитарно-гигиенические мероприятия, в том числе на основе результатов токсикологического и микробиологического контроля [10]. Программа исследований, подготовленная перед запуском проекта, предоставила возможность успешно выполнить задачи эксперимента, а также отработать высадку на Марс и возвращение на Землю.

Рассмотренные исследования накопили определённый опыт (как положительный, так и отрицательный) в моделировании тех или иных частей искусственной биосферы. Далее необходимо создать комплекс, охватывающий полный спектр всех систем и позволяющий продолжительно поддерживать замкнутый цикл круговорота веществ, энергии и информации в ограниченном пространстве. В свою очередь, для проведения экспериментов в данном замкнутом комплексе важно сформировать комфортную среду для результативной работы испытуемых.

Таблица 1 – Команда специалистов проекта «Биосфера-2»

Испытатель	Функции
С. Сильверстоун	Финансовая и организационная части проекта
М. Ван Тилло	Техническая часть проекта
А. Айлинг	Профессиональный океанолог, директор по научным исследованиям
Л. Лей	Ботаник, отвечала за флору «Биосферы-2»
Дж. Пойнтер	Специалист по интенсивному сельскому хозяйству, следила за фермой и обеспечивала колонию едой
Т. Маккаллум	Технический ассистент
М. Нельсон	Главный по ирригационным и ассенизационным системам, передавал наружу информацию из «Биосферы-2»
Р. Валфорд	Врач, занимался исследованием состояния здоровья бионавтов при практически полностью вегетарианской органической диете

Факторы эффективности работы исследователей

После изучения объектов создания искусственной биосферы рассмотрен современный опыт в подходах к систематизации человеческих потребностей с целью их удовлетворения в условиях замкнутого пространства.

Проанализированы основные потребности по пирамиде А. Маслоу [12]: физиологические (необходимость в еде, воде, крове и сне); в безопасности (личная безопасность, здоровье, стабильность); в принадлежности (любовь, дружба, общение); в признании (самооценка, уважение); в самовыражении (совершенствование, развитие).

Альтернативой концепции американского психолога является утилитарная классификация потребностей П.С. Кузнецова [13]. За счёт удобства и логичности выделенных комплексов потребностей, критериев их группировки и факторов удовлетворения, присутствующих в современном обществе, теория советского учёного выбрана для исследований с заданными условиями замкнутого пространства. На её основе сформированы семь комплексов потребностей: экономический, регулятивный, самосохранительный, воспроизводственный, коммуникативный, когнитивный, самореализационный.

Для экономического комплекса потребностей критерием группировки становятся деньги и их эквиваленты, а факторами их удовлетворения – наличие зарплаты, льгот, дивидендов, накоплений, драгоценностей. Регулятивный комплекс группируется по критерию работы организма человека, при этом важнейшими факторами удовлетворения оказываются здоровье, климат, режим труда и отдыха, условия проживания, а также эмоциональное состояние. Самосохранительный комплекс базируется на критерии безопасности существования; факторами удовлетворения являются криминальная обстановка в среде проживания, потеря источника доходов, заражение инфекцией. Воспроизводственный комплекс строится на функционировании семьи и сексуальных отношениях; факторы удовлетворения: рождение и воспитание детей, забота о близких, секс. В основу коммуникативного комплекса положены критерии общения и обмена информацией; факторы удовлетворения: отношения с родными, коллегами, друзьями, наличие теле- и радиопрограмм, печати. Когнитивный комплекс потребностей формируется на познании чего-либо нового; факторами удовлетворения считаются образование, повышение квалификации, научные исследования, путешествия, приобщение к искусству. Наконец, комплекс самореализации создаётся на высших достижениях индивида в различных областях; факторы его удовлетворения: творчество, мастерство, первенство в чём-либо, авторитет, достижение смысла жизни, вера в Бога и др.

Кампус как вид обособленной территории с набором основных сооружений для комфортного пребывания людей и удовлетворения их потребностей выбран для исследований в связи со схожестью проведения многочисленных научных мероприятий, проживания в нём людей различных национальностей, образа жизни, традиций, менталитета, профессиональных качеств, специализаций и направлений обучения. Современные мировые университеты стараются организовывать пригородные локальные кампусы, которые характеризуются безопасностью, обособленностью, низкой плотностью освоения территорий (80 человек на 1 га), высоким качеством ландшафтной среды. Согласно статистике данный тип студенческих городков наиболее пригоден для научного прогресса и учебной деятельности. Устойчивое развитие кампуса обуславливается рядом признаков: эффективная концепция его организации и дальнейшей деятельности, обособленная территория, привлекательная архитектурно-пространственная концепция, «зелёная» среда, транспортная доступность, низкая (комфортная) плотность заселения, безопасность (техническая и социальная) [15]. Важно, чтобы замкнутое пространство формировалось исходя из целей и решаемых в нём задач. На объектах такого рода должен ощущаться комфорт, они должны быть безопасными и с малой плотностью заселения.

Необходимость обеспечения комфортной среды для человека в стрессовых ситуациях побудила к изучению сооружений, отличающихся высокими требованиями к безопасности, – бомбоубежищ большой вместимости [14]. Это позволило обратить внимание на социальный и психофизиологический микроклимат в ЭКД-Земля, а также на создание благоприятных условий при нахождении в замкнутом пространстве людей разных социальных классов, возрастов, психологического и физического состояний. Вместе с тем для длительного комфортного пребывания человека в специфических сооружениях нужно учитывать и его потребность в полной занятости, чтобы у него возникали ощущения нормального течения жизни, а следовательно, сохранялось устойчивое психологическое самочувствие.

Очевидно, что одному бионавту не справиться со снабжением себя всеми ресурсами для удовлетворения перечисленных потребностей. Формирование обязательных ресурсов, целесообразных для существования в ЭКД, и контроль за всеми системами, отвечающими за автономность и жизнеобеспечение всего комплекса, требует командной работы исследователей. Грамотный метод подбора специалистов позволит оптимизировать временные ресурсы на решение поставленных задач за счёт навыков у людей в различных сферах деятельности.

Описание метода и анализ его эффективности

Основной целью создания ЭКД-Земля является проведение научных исследований замкнутой биосферы как аналога космического поселения. Проживающие на объекте ЭКД-Земля будут находиться в условиях высокой автономности, обеспечивая себя всем необходимым и поддерживая обслуживающие комплекс системы в оптимальном рабочем состоянии без помощи внешнего мира. В рамках эксперимента по проживанию людей в данной замкнутой системе связь со специалистами извне может осуществляться только для получения консультаций по решению ситуаций специфического характера, которые невозможно урегулировать внутри ЭКД-Земля.

Отталкиваясь от идеи создания искусственной биосферы, существующих проработок и опытов схожих объектов, на основе базовых потребностей человека и критериев



комфортной среды проанализирован метод определения минимально достаточного количественного и качественного состава испытателей для их комфортного пребывания в условиях высокой автономности ЭКД-Земля, а в перспективе – в ЭКД на орбите.

С учётом технических возможностей современного мира максимально допустимое число процессов в ЭКД-Земля следует автоматизировать (например, поддержание температурного режима, герметичности, качественного состава воздушной среды), что позволит сократить количество требуемого персонала и задач для него, а также сконцентрировать внимание специалистов на экспериментах и исследованиях. Тем не менее в рассматриваемом комплексе важно контролировать технологические процессы и биолого-технологические системы (в частности, процессы трансформации и распределения потоков энергии), отвечающие за устойчивое самоподдержание и саморегуляцию объекта, системы биологического обмена веществ; оптимизировать процессы выращивания различных злаковых, овощных, плодовых и ягодных культур (высаживание растений для непрерывного сбора урожая); проводить варианты экспериментов по обращению с отходами и др. Причём системы поддерживаются в работоспособном состоянии неограниченное количество времени и дублируются для обеспечения длительного пребывания человека в указанном сооружении. Искусственная биосфера должна максимально контролироваться человеком, нельзя полагаться на её полное самоподдержание, как это происходит в биосфере Земли. Однако создавать биосферу следует, копируя природные процессы, чтобы и дальнейшее её развитие шло по природному образцу. Это доказывает проект «Биосфера-2», где не были учтены трофические цепи и где из-за расплодившихся вредителей погиб весь урожай. Необходимо сформировать ноосферу с компромиссным взаимодействием человека и природы.

Локальные эксперименты в различных научных и технических областях не могут дать точных результатов, применимых для создания замкнутой биосферы, что делает проект «ЭКД-Земля» уникальным. Данный комплекс является сложной системой, в котором результативно сотрудничают специалисты технических, биологических, химических, медицинских, биофизических, биохимических, радиоэкологических и других научных сфер. В отличие от аналогичных относительно успешных проектов, описанных выше, ЭКД-Земля в несколько раз по площади и объёму превышает большинство из них. Такая разница вызывает свои сложности в части поддержания всех систем в оптимальном состоянии. С другой стороны, немалый объём позволяет масштабнее взглянуть на эксперимент

и провести значительно больше качественных опытно-научных исследований.

Для комфортной работы специалистов в описанной среде рассмотрены комплексы потребностей людей с учётом условий, в которых будут находиться исследователи (таблица 2).

Исходя из анализа данных таблицы 2, потребности делятся на те, что будут удовлетворены при строительстве

ЭКД-Земля и не затронут дополнительных людских ресурсов на территории объекта во время проведения эксперимента (комплекс экономических, самосохранительных, коммуникативных потребностей), и те, которые важно учитывать при формировании команды ЭКД-Земля и ЭКД для организации комфортной среды и плодотворной работы (комплекс регулятивных, когнитивных, воспроизводственных потребностей).

Таблица 2 – Комплексы потребностей людей с учётом условий ЭКД-Земля

Комплекс	Критерий	Факторы	Вывод, сделанный с учётом условий
1	2	3	4
Экономический	Деньги	Зарплата, льготы, дивиденды, накопления	При проведении испытаний на территории ЭКД-Земля нужды в деньгах не будет (например, зарплатный фонд накапливается и выплачивается после окончания эксперимента). Условия, созданные внутри, должны способствовать командной работе и взаимному сотрудничеству (каждый исследователь выполняет для своих коллег доверенное ему задание). Это и может являться фактором удовлетворения экономических потребностей
Регулятивный	Функционирование организма человека	Здоровье, климат, режим труда и отдыха, условия проживания, эмоциональное состояние	В ЭКД-Земля планируется создать все условия для нормального функционирования организма, хорошего эмоционального состояния, здорового режима труда и отдыха. Комфортная среда проживания также заложена проектом. Перед проведением испытаний все кандидаты пройдут углублённое медицинское обследование. Для решения непредвиденных ситуаций (серьёзное заболевание испытуемых и др.) будет организовано взаимодействие с внешним миром. Необходимо подобрать специалистов с функциями по обеспечению сохранения здоровья людей (физического и психического); регулированию процессов проживания и отдыха, а также физиологических потребностей (питание, сон, физическая нагрузка)
Самосохранительный	Безопасность существования	Криминальная обстановка в среде обитания, потеря источника доходов, заражение инфекцией	Программа исследований, команда и условия пребывания в ЭКД-Земля должны исключать тревогу у людей о недостаточной безопасности. Боязнь остаться без поддержки извне и отсутствие возможности решения возникших проблем внутренними ресурсами компенсируются грамотным подбором специалистов, компетенции которых закрывают основные обязанности по жизнеобеспечению замкнутого пространства
Воспроизводственный	Функционирование семьи и сексуальные отношения	Рождение и воспитание детей, забота о близких, секс	Группа испытуемых будет находиться в замкнутом пространстве ограниченное количество времени. По этой причине потребность в организации семьи отсутствует; связь с близкими осуществляется посредством современных способов коммуникации. При длительных экспериментах возможно участие в исследовании целых семей

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Коммуникативный	Общение и обмен информацией	Отношения с родными, коллегами, друзьями; наличие теле- и радиопрограмм, печати	Общение с родными, коллегами и друзьями, обмен информацией и доступ к ней будут налажены с помощью существующих средств связи. Необходимо также создать команду специалистов, которые станут не только коллегами, но и смогут общаться по интересам, поддерживать дружеские отношения
Когнитивный	Познание чего-либо нового	Образование, повышение квалификации, научные исследования, путешествия, приобщение к искусству	Целью эксперимента является жизнеобеспечение замкнутого пространства и проведение научных исследований в различных сферах. Данная задача и понимание того, что происходящий эксперимент – это скачок в прогрессе как научных трудов, так и технологий, будут стимулом к удовлетворению когнитивных потребностей. Вместе с тем участники исследований изначально идут в проект, чтобы получить новые знания и умения
Самореализационный	Высшие достижения индивида в различных областях	Творчество, мастерство, первенство в чём-либо, авторитет, достижение смысла жизни	Создание ЭКД-Земля и ЭКД подразумевает организацию обособленной территории со своей социальной структурой и общественными принципами, где каждый сможет найти своё место для самореализации, достижений смысла жизни, проявления творчества и мастерства. Сам проект – это завоевание новых высот в разных областях

Для определения количественного и качественного состава испытателей ЭКД-Земля предстоит связать функции для удовлетворения потребностей людей с необходимыми для этого их профессиональными навыками. Это позволит выявить минимально достаточное количество людских ресурсов для проведения комплекса исследований, максимально обеспечить работой испытателей, а также не допустит при недостаточном количестве персонала (из-за ограниченного пространства) перегрузки ЭКД-Земля технологическими процессами. Структурирование требуемых навыков специалистов ЭКД-Земля сбалансирует ограниченное количество испытателей, набор технологических процессов и пространство, задействованное под комплекс (рисунок 1).

Комплексно (для формирования команды) важно учитывать:

- план проведения испытаний (разрабатывается на этапе проектирования объекта перед определением состава испытателей);
- технические составляющие объекта – искусственные гидросфера, ветер, замкнутая система переработки отходов, полив растений, контроль качества воздуха, другие системы (определяются на этапе детального проектирования);

- инженерные системы, поддерживающие комфортную среду обитания, – температурно-влажностный режим; степень освещённости и её интенсивность отдельно для людей, животных и растений; отопление, вентиляция и другие средства и устройства (формируются на этапе детального проектирования);
- количественный и качественный состав растений, животных, насекомых, микроорганизмов, грибов и др. (обсуждается на этапе детального проектирования);
- другие составляющие (утверждаются как на этапе проектирования, так и в процессе предварительных испытаний в открытом режиме).

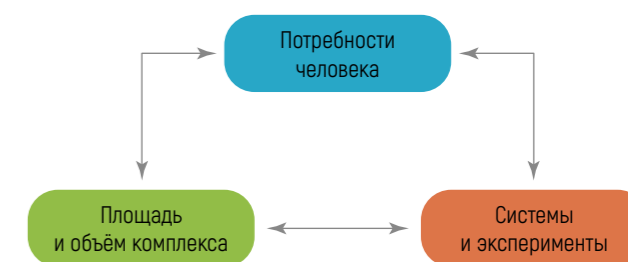


Рисунок 1 – Зависимость факторов, обеспечивающих комфортное пребывание специалистов в ЭКД-Земля

Оптимальная плотность заселения ЭКД-Земля в большей степени зависит от возможности гарантировать людям питание, воду и воздух. Это напрямую влияет на число исследователей, что в свою очередь сказывается на объёме и скорости проводимых внутри экспериментов и количестве технологических процессов, которые необходимо автоматизировать. Перегрузка ЭКД-Земля системами и внутренними экспериментами способна привести к негативным последствиям (психологическим, моральным, физическим) для испытателей, что в итоге может неблагоприятно отразиться на конечном результате и исходе всего эксперимента.

На рисунке 2 даны факторы с основными показателями, влияющими на успешное завершение исследовательских задач в подобном рода объектах.

Взаимозависимость указанных факторов подчёркивает, что проектирование ЭКД-Земля как испытательного «полигона» замкнутой биосферы должно прежде всего исходить из достаточного количества специалистов, которые обеспечат изнутри работоспособное состояние объекта на неограниченно долгий период и в то же время сами будут иметь всё необходимое для здоровой жизни.

Укрупнённая последовательность метода подбора специалистов, отвечающих за функционирование Эко-КосмоДома на планете Земля, формулируется согласно данному алгоритму:

- в рамках предпроектной проработки определить габаритные параметры ЭКД-Земля (площадь и объём);
- создать функциональное зонирование (деление пространства и выстраивание всех инженерных систем, технических составляющих объекта, площадей под посадки, водные объекты, размещение животных внутри ЭКД-Земля

для организации работоспособности и эффективности сооружения и удовлетворения потребностей специалистов), основные планировочные решения объекта;

- рассчитать количественные составляющие базовых потребностей человека (еды, воды, воздуха), что позволит выявить максимально возможную численность при заданных площади и объёме сооружения;
- сформировать план проведения испытаний с распределением ответственности за каждым специалистом по всем пунктам исследований, а также контроля за инженерными системами и факторами, влияющими на удовлетворение потребностей людей внутри ЭКД-Земля;
- выявить слабое место (например, недостаточное количество пищи и, как следствие, ограниченное число испытателей) при несоответствии параметров (в частности, при нехватке специалистов для проведения исследований).

Так, при переизбытке задач персонал может не справиться с контролем за техническими составляющими объекта, не уделит должного внимания экспериментам из-за недостатка времени, потраченного на обеспечение себя самым необходимым для выживания. При перенаселении объекта заданной площади появятся вопросы, связанные с удобством местожительства, дефицитом воды, еды и воздуха. Неудовлетворение потребностей человека (плохие условия проживания; неблагоприятный климат; некомфортные условия работы; отсутствие прогресса, роста, определённых достижений; невозможность общения с родными) спровоцирует психологический дискомфорт и исчезновение желания участвовать в дальнейших исследованиях. Описанные проблемы являются лишь некоторыми примерами негативных результатов от несоблюдения баланса

Потребности человека	Системы и эксперименты	Площадь и объём комплекса
<ul style="list-style-type: none"> • Экономические • Регулятивные • Самоохранительные • Воспроизводительные • Коммуникативные • Когнитивные • Самореализационные 	<ul style="list-style-type: none"> • Температурно-влажностный режим • Искусственная гидросфера • Освещённость и её интенсивность • Переработка отходов • Исследования • Другое 	<ul style="list-style-type: none"> • Количество еды • Количество воды • Количество воздуха • Размещение систем • Благоприятные условия труда • Комфорт для человека

Рисунок 2 – Факторы с основными показателями, влияющими на обеспечение успешного завершения исследовательских задач проекта «ЭКД-Земля»

количества и качества задач и тех, кто их выполняет. Даже одна из рассматриваемых ситуаций может повлечь отрицательный исход всего эксперимента и в конечном счёте возвращение на начальные этапы реализации проекта;

- оптимизировать слабые места (например, улучшить способы производства или расширить площади, используемые для выращивания продуктов питания за счёт переконфигурации функциональных зон или увеличения объекта);
- при достижении баланса всех требуемых параметров приступить к детальным проектным работам и последующей реализации проекта.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Определена зависимость трёх основных факторов при формировании состава исследователей: потребностей человека; систем и экспериментов; площади и объёма комплекса. Обозначена структура метода, которая при детальном проектировании объекта предоставит возможность грамотно подобрать специалистов различных направлений для достижения положительного результата в создании замкнутой биосферы ЭКД-Земля и поддержании его систем неограниченно долгий период времени.



Далее, на стадии комплексного детального проектирования, будет определён перечень профессиональных навыков специалистов ЭКД-Земля с описанием их необходимости и компоновкой по различным категориям (блокам). На основании проанализированных трудозатрат специалистов на те или иные задачи будут разработаны методические указания по формированию плана проведения исследований, что позволит максимально загрузить испытателей и обезопасить весь эксперимент от форс-мажорных обстоятельств, связанных с нехваткой временных ресурсов на решение поставленных вопросов.

Литература

1. Доклад Научно-технического подкомитета о работе его пятьдесят пятой сессии, проведённой в Вене 29 января – 9 февраля 2018 года [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://conferences.unite.un.org/dcpms2/api/finaldocuments?Language=ru&Symbol=A/AC.105/1167>. – Дата доступа: 19.07.2020.
2. Повестка дня «Космос-2030» и глобальное управление космической деятельностью. Записка Секретариата [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: https://www.unoosa.org/oosa/oosadoc/data/documents/2018/aac.105/aac.1051166_0.html. – Дата доступа: 19.07.2020.

3. Кричевский, С.В. «Космический» человек: идеи, технологии, проекты, опыт, перспективы / С.В. Кричевский // Воздушно-космическая сфера. – 2020. – № 1 (102). – С. 26–35.
4. Циолковский, К.Э. Вне Земли / К.Э. Циолковский. – Калуга: Калужское общество изучения природы местного края, 1920. – 118 с.
5. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
6. Газизуллин, Н.Ф. Освоение космоса и модернизация экономики / Н.Ф. Газизуллин, О.А. Грунин, С.О. Царёва // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 2 (38). – С. 8–11.
7. Павлов, А.Е. Вклад красноярских биофизиков в изучение космоса / А.Е. Павлов, А.П. Дворецкая, А.А. Терскова // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2020. – № 1. – С. 140–147.
8. Сильвестров, С.Н. Конфликт между эволюцией биосферы и эволюцией человеческой цивилизации / С.Н. Сильвестров // Мир новой экономики. – 2013. – № 3–4. – С. 6–10.
9. Морозов, С.Д. Из истории создания искусственных экосистем / С.Д. Морозов, Ю.Л. Ткаченко // Общество: философия, история, культура. – 2017. – № 6. – С. 88–92.
10. Григорьев, А.И. «Марс-500»: предварительные итоги / А.И. Григорьев, Б.В. Моруков // Наука в России. – 2012. – № 3. – С. 4–11.
11. Павельцев, П. «Юэгу-1» – наследник проекта БИОС-3 / П. Павельцев // Новости космонавтики. – 2014. – № 7. – С. 63–65.
12. Майлс, Т. Пирамида эффективности: от разрозненных техник к цельной системе / Т. Майлс. – М.: МИФ, 2014. – 240 с.
13. Мулик, А.Б. Разработка и определение эффективности метода качественной и количественной оценки потребностей человека / А.Б. Мулик [и др.] // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2010. – № 4. – С. 52–61.
14. Бойченко, И.С. Социальные и психофизиологические аспекты организации внутренней среды в бомбоубежищах большой вместимости / И.С. Бойченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2016. – № 2. – С. 144–148.
15. Пучков, М.В. Университетский кампус. Принципы создания пространства современных университетских комплексов / М.В. Пучков // Вестник ТГАСУ. – 2011. – № 3. – С. 79–88.





Единая цифровая экономическая модель для управления объектом «ЭкоКосмоДом на планете Земля»

Юницкий А.Э.

*Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»*

Кушниренко А.В.

*Беларусь, г. Минск,
планово-экономический отдел ЗАО «Струнные технологии»*

Костюк А.В.

*Беларусь, г. Минск,
отдел адресных проектов
управления развития бизнеса ЗАО «Струнные технологии»*

Кулик Е.Н.

*Татарстан, Верхнеуслонский район, с. Набережные Моркваши,
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра общего менеджмента Казанского федерального университета /
Институт управления, экономики и финансов*

УДК 338



Проведён сравнительный анализ традиционных способов оценки инвестиционной привлекательности инфраструктурных проектов и подхода, основанного на технологии сбора и обработки больших данных. Традиционные методы хотя и рассматривают влияние рисков на окупаемость проекта и его инвестиционную привлекательность на начальном этапе планирования, однако не позволяют осуществить связь экономических параметров с физическими процессами внешней и внутренней среды, учесть воздействие множества других факторов, что важно при реализации глобальных инновационных проектов. Используя традиционную методологию оценки инвестиционной привлекательности проекта и дополнив её принципами технологии больших данных, разработана единая цифровая экономическая модель на примере объекта «ЭкоКосмоДом на планете Земля». Созданная модель предоставляет возможность как проводить оценку инвестиционной привлекательности инфраструктурного объекта на раннем этапе планирования, так и применять её в дальнейшем для управления рыночной стоимостью (Enterprise value) и оценки экономических параметров проекта. Подобный подход способен обеспечить инвестиционную привлекательность объекта для инвесторов и акционеров.

Ключевые слова:

большие данные в финансах, рыночная стоимость компании, технология больших данных, чистая приведённая стоимость, ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля), экономическая модель.



Введение

Оценка инвестиционной привлекательности проекта традиционно проводится для принятия решения об эффективности вложенных инвестиций. Однако в сложных, комплексных объектах, к которым относится «ЭкоКосмодом на планете Земля» [ЭКД-Земля] [1], успех реализации проекта зависит не только от экономических факторов внешней среды, но и других причин, связанных с непосредственной эксплуатацией изучаемого объекта. Например, функционирование замкнутой биосферы внутри ЭКД-Земля [2], или использование солнечной энергии при решении задач энергоснабжения объекта [3], или обеспечение автономности объекта, позволяющей создать ЭКД-Земля на территории со сложными внешними природно-климатическими условиями, а в дальнейшем и на околоземной орбите. Все перечисленные аспекты необходимо рассматривать и учитывать не только в части физических процессов, протекающих в самом объекте, но и анализировать их влияние на инвестиционную привлекательность проекта и изменение его рыночной стоимости.

Авторами настоящей статьи предложен подход внедрения технологии больших данных для проведения оценки инвестиционной привлекательности проекта «ЭКД-Земля». Указанный комплекс – сложный инфраструктурный объект с многофункциональным назначением. Применяемые в нём технологии обеспечивают работу замкнутой автономной экосистемы, в рамках которой реализован полный цикл круговорота веществ, энергии и информации, основанный на воспроизводстве природных процессов с использованием естественной почвенной микрофлоры и микрофауны, благодаря чему и создаётся экокомфортная среда для проживания людей [4]. Для оценки инвестиционной привлекательности ЭКД-Земля разработана единая цифровая экономическая модель, представляющая собой на верхнем уровне базу данных из более чем 100 000 значений, собранных по девяти вариантам конструктивных решений.

В отличие от традиционных подходов к оценке инвестиционной привлекательности инфраструктурных проектов, где одной из проблем является значительное количество внешних [5] и внутренних [6] факторов, обуславливающих результирующие показатели, которые при этом не всегда поддаются анализу степени влияния рисков на проект, предложенный способ позволяет собирать существенный массив данных и моделировать различные сценарии, определяя значения по запрашиваемым параметрам, используя необходимую формулу для расчёта [7].

Применение разработанного подхода обеспечивает новое качество получаемой информации и формирует



в том числе дополнительное конкурентное преимущество ЭКД-Земля перед другими аналогичными объектами. Авторы разделяют точку зрения многих исследователей [8], утверждающих, что аналитика больших данных способствует значительному конкурентному преимуществу. При этом более 90 % экспертов считают, что успешные инициативы в области больших данных благодаря скорости, объёму и качеству обрабатываемой информации определяют победителей будущего. Именно поэтому уже на раннем этапе планирования проекта «ЭКД-Земля» при оценке его инвестиционной привлекательности и разработке единой цифровой экономической модели закладываются принципы использования технологии больших данных, создавая конкурентное преимущество объекта и позволяя рассматривать возможность его тиражирования на планете и строительства подобных инфраструктурных систем на околоземной орбите. В указанных условиях велико влияние количества собираемой и обрабатываемой информации, а также скорости её обработки при принятии решений.

Авторами проведён подробный анализ литературы в области технологии обработки больших данных в финансах в сопоставлении с текущими подходами. Результаты исследования представлены в следующем разделе в виде сравнительной таблицы. Большое внимание уделено составлению методики построения единой цифровой

экономической модели на основе технологии больших данных, которая показана в разделе «Описание предлагаемого подхода». Там же перечислены главные преимущества нового подхода. В заключительной части сформулированы основные выводы и направления дальнейшей деятельности.

Обзор литературы

На текущий момент разработано много различных экономических методов оценки инвестиционной привлекательности инфраструктурных проектов. Существующие подходы основаны на сценарии, когда имеется набор первичных данных, показаны необходимые формулы для расчёта, проведён непосредственный расчёт, сделаны выводы об инвестиционной привлекательности рассматриваемого объекта. Примерами использования таких методов являются:

- оценка NPV-at-Risk, объединившая средневзвешенную стоимость капитала и метод двойного риска и доходности [9], приведённая на основе строительства завода;
- оценка чистой приведённой стоимости (NPV), внутренней нормы доходности (IRR), окупаемости и возврата инвестиций (ROI) на основе учёта капиталовложений в создание

энергетической инфраструктуры [10], учитывающей специфику объектов;

- многокритериальный экономический анализ эффективности проектов мегатранспортной инфраструктуры, с дополнением оценки NPV матрицей достижения целей и балансового подхода [11];
- оценка NPV с использованием статического и динамического подходов, рассмотренная на условном примере, но при этом демонстрирующая преимущества каждого из них [12];
- методика дисконтирования денежных потоков и проведения анализа чувствительности при определении стоимости компании на рынке [13].

Развитие технологии больших данных, в том числе в области финансов [8], влияет на трансформацию подхода к разработке экономических моделей. Не изменяя сами принципы оценки инвестиционной привлекательности проектов, технология больших данных в первую очередь затрагивает процесс их сбора и обработки, представления собранных результатов, доступных для визуального восприятия.

Как считают авторы [8], ведущие финансовые институты и компании на текущий момент активно внедряют передовые технологии больших данных. С помощью различных инноваций они получают полезную информацию из массива данных, проводят её систематизацию, сокращают время отклика для принятия решений, улучшают масштабируемость алгоритмов, совершенствуют модель и структуру данных для обеспечения создания новых бизнес-архитектур. Столь значительная трансформация подхода к области финансов затрагивает и задачу оценки инвестиционной привлекательности проектов, предоставляя возможность управления объектом с ориентацией на рост рыночной стоимости активов.

Тема использования технологии больших данных на сегодняшний день широко показана в публикациях многих учёных и практиков во всём мире. С каждым годом она становится только актуальнее, поскольку растёт и объём самих данных [14], и количество источников их формирования [15], также развиваются технологии, позволяющие собирать и обрабатывать полученную информацию [16]. Вместе с тем подобные реалии затрагивают и такую область знаний, как управление финансами [17].

Некоторые авторы отмечают наличие двух ключевых тенденций, воздействующих на область управления финансами, – увеличение размера компании и развитие информационных технологий [18]. При этом происходит расширение функционального назначения области управления финансами.

Кроме таких функций, как планирование, организация, контроль, мотивация, адаптация, координация, прогнозирование [19], образуются новые специфические возможности, например управление добавленной стоимостью компании [20], включая внедрение информационных технологий. Среди них могут быть технологии, которые относятся к области компьютерных программ и систем обработки информации и описывают подход, направленный на оценку и повышение стоимости компании с использованием повторных циклов планирования [21, 22].

Поскольку развитие технологии больших данных позволяет учитывать влияние множества факторов внешней и внутренней среды, ещё одной новой функцией управления финансами становится мониторинг за сигналами, получаемыми от информационных баз с целью формирования актуальных знаний об объекте, способствующих, в частности, разработке более усовершенствованных бизнес-моделей [18].

Применение технологии больших данных в инфраструктурных проектах, в том числе в ЭКД-Земля, предоставляет возможность обеспечить реализацию не только основных функций управления финансами, но и расширить функциональную область по следующим направлениям:

- оценка инвестиционной привлекательности сети объектов ЭКД-Земля;
- управление рыночной стоимостью единичного объекта или сети подобных объектов в мире;
- принятие взвешенных решений на основе анализа факторов внешней и внутренней среды;
- визуальное представление процессов, связанных с данным объектом, в том числе с оценкой воздействия этих процессов на экономические параметры.

Необходимо отметить, что создание единой экономической модели тиражирования объекта «ЭкоКосмоДом на планете Земля» предусматривает выявление ключевых параметров, обуславливающих формирование рыночной стоимости активов и показателей, полученных в результате инвестиционной оценки. Установленные аспекты можно увязать с соответствующими им драйверами роста стоимости, которые в свою очередь существенно влияют на инвестиционную привлекательность ЭКД-Земля, повышая капитализацию объекта [7].

Использование технологии больших данных дополняет традиционный подход к оценке инвестиционной привлекательности инфраструктурных проектов, основанный на расчёте показателей NPV [23].

Однако стоит выделить главные отличия технологии больших данных в области управления финансами на этапе оценки инвестиционной привлекательности проекта и дальнейшей функции управления стоимостью компании от традиционных подходов к оценке. Сравнение двух способов представлено в таблице 1.

Приведённое сравнение демонстрирует как общие черты, присущие традиционным технологиям, которые практикуются для оценки инвестиционной привлекательности проекта (расчёт экономических показателей – NPV и IRR; используемые в сценарном планировании методы, например метод Монте-Карло), так и указывает на уникальные подходы, которые обеспечивает технология больших данных в области управления финансами (в частности, многофакторный анализ; связь с физическими объектами; повышенная скорость сбора и обработки информации; принятие решений, основанных на множестве данных, в том числе с применением искусственного интеллекта).

Таблица 1 – Сравнительная оценка традиционного подхода к определению инвестиционной привлекательности проекта и метода с использованием технологии больших данных

Параметр для сравнения	Традиционный подход	Метод, основанный на технологии больших данных
1	2	3
Технология оценки и управления рисками	Основана на коэффициентах, установленных ранее (вторичных данных) [24]	Строится на основе собранных первичных данных, снижая риск неопределённости владения активами [18]
Сценарное планирование	Базируется на распределении вероятностей и возможных сценарных значений [25]. Используемый метод: метод Монте-Карло [26]	Создано на системе анализа больших данных, позволяющих вести автоматическое планирование рыночных сценариев на основе программного обеспечения на базе цифровых платформ. Методология планирования сценариев опирается на предписывающую аналитику, состоящую из генерации бизнес-сценариев и их оптимизации [27]

Окончание таблицы 1

1	2	3
Междисциплинарное взаимодействие при формировании первичных данных	Ограничено только факторами и полученными данными внешней и внутренней среды, характеризующей рыночные процессы [28]	Возможность дополнить рыночные факторы данными, получаемыми от физических объектов (киберфизических систем), повышая достоверность данных для принятия решений [14]
Получаемые параметры при расчётах	Возможность расчёта ключевых показателей для оценки инвестиционной привлекательности проекта (NPV, IRR, ROI, PI), ограниченных формулами при вычислении значений без связи с собираемыми данными [29]	Возможность получения комплексной аналитики по параметрам и значениям, находящимся в базе или образующих связи между собой [17]
Подход к сбору данных для построения модели оценки и дальнейшее использование модели оценки	Данные для оценки поступают не своевременно, а с задержкой, при этом с искажением и долей погрешности [30]	Высокая оперативность сбора данных способствует выработке взвешенных стратегических решений [31]
Вероятность и точность прогнозов	Точность оценок ниже, поскольку просчитано влияние незначительного количества факторов [32]	Использование технологии больших данных помогает в улучшении прогнозов при условии, что технология предоставляет возможность анализировать и обнаруживать скрытые закономерности [33]
Назначение модели для целей управления стоимостью	Управление стоимостью компании связано с функцией оценки её текущей стоимости, применяемой для целей слияния, поглощения, продажи, покупки активов, внесения в уставной капитал и учёта влияния рисков на изменение её стоимости [34]	Модель становится инструментом для оценки и/или повышения стоимости компании, а также для определения возможных сценариев и их влияния на будущую стоимость компании. Модель даёт возможность учитывать внешние и внутренние факторы, воздействующие на показатель стоимости компании на рынке, обеспечивая 360-градусный обзор оцениваемого объекта [8]
Преимственность данных	На момент выведения оценки первичные данные могут быть пересмотрены, что искажает полученный конечный результат (модель и описанная взаимосвязь показателей остаются неизменными)	Благодаря высокой оперативности сбора и обработки данных подобная задержка обновления первичных данных минимальна, что с меньшей погрешностью сказывается на достоверности полученных результатов [33]
Используемые технологии для расчёта модели	Преимущественно применение стандартного пакета Microsoft Office, разработанного специализированного программного обеспечения (COMFAR 2.1, Project Expert Альт-Инвест и др.)	Позволяет использовать следующие технологии для финансового моделирования: визуализация данных с помощью технологии Power BI [35], сценарное планирование с помощью квантовых технологий [36], хранение и обработка данных с помощью облачных технологий [37]

Развитие технологии больших данных трансформирует и подходы к принятию решений, смещая их в сторону непрерывной циклической обработки данных, оценки, выбранных заранее параметров, что позволяет задействовать указанную технологию в том числе для управления стоимостью компании.

Описание предлагаемого подхода

Единая цифровая экономическая модель представляет собой совокупность значений, характеризующих

физические процессы деятельности компании и записанных в форме массива данных, что даёт возможность проводить не только оценку NPV-проекта на этапах его планирования и реализации, а также строить прогнозы изменения стоимости компании, основанные на дисконтировании денежных потоков (DCF-модель) [34].

Новый подход позволяет оценивать экономические показатели, среди которых и определение рыночной стоимости компании, рассчитанной на основе DCF-модели (на начальном этапе без учёта количества выпущенных акций и стоимости их на рынке), собирая два типа данных [34].

Первый тип – данные, полученные от ведения хозяйственной деятельности при управлении объектом. Второй тип – данные, собранные в ходе мониторинга протекающих процессов или физических явлений внутри объекта или во внешней среде (например, изменение объёма потребления электроэнергии или колебание цен на рынке). При этом информация обоих типов записывается в соответствующую структуру, а затем просчитывается с использованием технологий для работы с большими данными; далее принимаются взвешенные управленческие решения. Модель является частью подхода к оценке инвестиционной привлекательности ЭКД-Земля, основанной на многофакторном анализе [38].

В ходе подготовки единой цифровой экономической модели рассмотрены шесть основных факторов, которые в наибольшей степени влияют на результирующие показатели оценки инвестиционной привлекательности проекта:

- матрица достижимости рынка [39] и основанная на результатах её оценки модель формирования целевой выручки по объекту (Revenue model);
- оценка потенциального объёма инвестиций по основным конструктивным решениям (CAPEX model);
- оценка потенциального объёма операционных затрат по основным статьям расходов (OPEX model);

- основные налоги и платежи в бюджет, указанные в модели без национальной привязки и требующие корректировки при выборе конкретной локации;

- оценка рисков и ставки дисконтирования, рассчитанная по методике оценки WACC [40];

- временной интервал планирования, необходимый для строительства и запуска объекта.

Построение единой цифровой экономической модели проведено на примере варианта конструктивного решения в виде фрагмента тора высотой 30 м как наиболее оптимального по форме объекта, соответствующего своему назначению [1]. При разработке модели пройдено четыре этапа.

Первый этап заключался в сборе первичной информации о предполагаемых физических процессах и явлениях, которые будут протекать в ЭКД-Земля с учётом требований к их созданию и поддержанию. Материалы компоновались таким образом, чтобы имелась возможность построить непрерывный динамический ряд значений.

Сбор первичных данных об ЭКД-Земля проводился по шести ключевым факторам, образующим единое концептуальное решение [7]. В таблице 2 представлены основные группы факторов (и характеризующие их параметры), которые оказывают наибольшее влияние на прогнозное значение стоимости бизнеса, а также способствуют формированию инвестиционной привлекательности всего анализируемого объекта.

Таблица 2 – Группы факторов, оказывающие наибольшее влияние на прогноз рыночной стоимости ЭКД-Земля

Группы факторов, влияющие на стоимость компании	Значение
1	2
Первая группа факторов. Туризм и гостиничное дело	
Количество гостиничных двухместных номеров, ед.	180
Средняя стоимость номера в ЭКД-Земля в сутки, USD	100
Средняя стоимость питания в ЭКД-Земля в сутки, USD	60
Количество персонала, чел.	107
Вторая группа факторов. Биосфера и фермерское хозяйство	
Площадь объектов озеленения внутри ЭКД-Земля, м ²	17 574
Общий вес почвенного слоя внутри ЭКД-Земля, тонн	Более 50 000
Общий вес живого плодородного гумуса внутри ЭКД-Земля, тонн	Более 300
Общее количество растительных культур внутри ЭКД-Земля, ед.	Более 100
Общее количество видов животных (включая птиц и рыб) внутри ЭКД-Земля, ед.	Более 100
Количество персонала, чел.	26

Окончание таблицы 2

1	2
Третья группа факторов. Отдых и объекты рекреации	
Количество дополнительных платных услуг, усл. зн.	34
Средний чек на человека по прочим услугам в сутки, USD	90
Площадь под объекты рекреации внутри ЭКД-Земля, м ²	5060
Четвёртая группа факторов. Технологичность создания замкнутой экосистемы	
Площадь здания, м ²	21 500
Объём здания, м ³	316 200
Площадь внешнего покрытия, м ²	28 000
Пятая группа факторов. Адаптация объекта к внешней среде	
Площадь, занимаемая солнечными панелями, м ²	Не менее 2000
Оптимальный диапазон температур внутри ЭКД-Земля, °C	20–25
Годовая потребность среднестатистического человека в кислороде, кг	250
Шестая группа факторов. Научная деятельность	
Количество проживающих внутри ЭКД-Земля, чел.	100
Доля затрат на НИОКР от общего объёма инвестиций, %	20



Второй этап включал в себя использование доступных инструментов обработки сведений для подготовки информации к дальнейшему анализу. В результате предпринятых действий получен массив в форме списка из более чем 100 000 значений по экономическим параметрам, собранным на начальной стадии планирования. Подобная база показана на рисунке 1.

Рисунок 1 – База значений ЭКД-Земля

Третий этап – непосредственно обработка массива данных и формирование единой цифровой экономической модели, записанной по девяти вариантам конструктивных решений. Пример полученной модели – на рисунке 2.

Модель представляет собой набор связанных данных, образующих сводную таблицу по соответствующим разделам.

Рисунок 2 – Единая цифровая экономическая модель

Четвёртый этап – графическая визуализация полученных результатов, выполненная с использованием технологии обработки информации Power BI [35]. В качестве результирующего значения на рисунке 3 выведена информация по планируемому размеру прибыли до уплаты процентов, налогов и амортизации (показатель EBITDA) по девяти вариантам конструктивных решений.

Из рисунка 3 видно, что наибольшее значение показателя EBITDA имеется у варианта конструктивного решения в виде фрагмента тора высотой 30 м (верхний левый сектор), что свидетельствует об оптимальности выбранной формы ЭКД-Земля, в том числе с точки зрения оценки инвестиционной привлекательности указанного инфраструктурного объекта. Образованная в таком виде единая цифровая экономическая модель на основе принципов технологии обработки больших данных даёт возможность дополнить

привычные табличные формы подходом, связанным с моделированием и сценарным планированием, совмещая его с инструментами аналитики и визуализации. При этом можно формировать целевые прогнозные значения, полученные при использовании единой цифровой экономической модели в традиционной методологии оценки (таблица 3).

Предлагаемая модель даёт возможность провести одновременно оценку множества различных вариантов конструктивных решений, рассмотреть влияние различных факторов при тиражировании объекта (в частности, создание сети подобных многофункциональных комплексов в мире). Данная модель также позволяет осуществлять повариантную оценку на этапе планирования проекта для выбора наиболее оптимального решения. Более подробное описание полученных результатов будет предложено в бизнес-плане проекта «ЭКД-Земля».

4. Тор высотой 30 м (покрытие из отдельных ферм) EBITDA 82,49 млн	6. Пирамида (прямоугольная в плане) EBITDA 81,31 млн	5. Пирамида (квадратная в плане) EBITDA 81,12 млн	7. Фрагмент тора с продольным разрезом EBITDA 81,11 млн
3. Совмещённые купола EBITDA 82,35 млн	1. Тор высотой 50 м (покрытие из треугольных ферм) EBITDA 81,29 млн	8. Вариант с плоской кровлей EBITDA 81,12 млн	9. Пирамида (150 × 150 м) EBITDA 79,52 млн
2. Тор высотой 30 м (покрытие из треугольных ферм) EBITDA 81,71 млн			

Рисунок 3 – Визуализации показателя EBITDA по девяти вариантам конструктивных решений

Таблица 3 – Ключевые показатели эффективности реализации проекта «ЭКД-Земля», полученные при использовании единой цифровой экономической модели на примере решения фрагмента тора высотой 30 м

Параметр	Значение
Простой период окупаемости (Payback Period – PP) с момента ввода объекта в эксплуатацию, лет	7,6
Простой период окупаемости (Payback Period – PP) с момента начала проектирования и первых капитальных затрат, лет	13,1
Дисконтированный период окупаемости (Discounted Payback Period – DPP) с момента ввода объекта в эксплуатацию, лет	9
Дисконтированный период окупаемости (Discounted Payback Period – DPP) с момента начала проектирования и первых капитальных затрат, лет	14,5
Чистая приведённая стоимость (NPV), тыс. USD	1809,1
Внутренняя ставка доходности инвестиций (IRR), %	5,2
Индекс доходности	1,05

Конечный результат в виде единой цифровой экономической модели формирует базовый уровень оценки исследуемого проекта для проведения в дальнейшем многофакторного анализа.

Полученные сведения представляют собой плановые значения ведения хозяйственной деятельности ЭКД-Земля (первый тип данных) и в последующем должны быть дополнены и связаны со вторым типом данных, собранных при мониторинге состояния объектов, физических процессов и явлений, протекающих внутри ЭКД-Земля и вне его. Хотя эффект от внедрения технологии больших данных в указанном объекте в настоящее время сложно оценить, поскольку требуется более детальная проработка его внутренних систем и элементов комплексной аналитики, однако можно сформулировать основные принципы, которые должны подтвердиться при использовании этой технологии в подобном комплексе:

- оперативно собирать данные и предоставлять их в удобном для пользователя виде;
- проводить динамику показателей по итогам обработки первичных данных;
- осуществлять план-фактный и функционально-стоимостной анализы [41] по запланированным прогнозным значениям в инвестиционной модели проекта;
- оценивать различные сценарии поведения систем внутри ЭКД-Земля, поскольку собранные сведения не представляют уже готовую форму, а имеются лишь в виде упорядоченного массива информации. При этом управленческая

форма отчётности может принимать необходимый вид с нужным набором значений, обеспечивая принятие взвешенных управленческих решений.

Подтверждение указанных принципов позволит внедрять рассматриваемый подход не только для такого объекта, как ЭКД-Земля, но и для других инфраструктурных систем с многофункциональным назначением, например для линейных городов [42]. Для подобных объектов нужно организовать сбор и обработку больших данных с целью оценки и контроля экономических параметров их функционирования.

Выводы и дальнейшие направления исследования

На текущий момент авторы оперировали лишь некоторыми принципами технологии больших данных, применяющимися для оценки инвестиционной привлекательности многофункционального объекта «ЭкоКосмоДом на планете Земля».

Модель подходит как для изучения инвестиционной привлекательности проекта на этапе раннего планирования, так и для дальнейшего управления объектом при принятии стратегических решений, в том числе благодаря возможности моделирования различных сценариев реализации проекта путём перегруппировки и дополнения данных, формирования различных типов отчётности и их мгновенного анализа на основе комплексной обработки событий.



Предложенный авторами подход помогает структурировать экономические сведения об объекте в виде массива информации и тем самым учитывать влияние большого количества факторов, обеспечивать в будущем их сбор от различного типа источников в режиме реального времени при функционировании ЭКД-Земля.

Полученная единая цифровая экономическая модель представляет собой одну из форм внедрения технологии больших данных в области управления финансами. Она позволяет использовать технологию больших данных и в то же время решать задачу в области визуализации собираемой информации (например, на основе BI-технологий [35]), а также служит целям привлечения финансирования и последующего управления рыночной стоимостью объекта.

Благодаря организации связей между физическими явлениями и их экономической оценкой научный эксперимент, к которому относится ЭКД-Земля, следует рассматривать в том числе с точки зрения инвестиционной привлекательности и дальнейшей капитализации, обеспечивая возможность тиражирования данного объекта в мире.

Предполагается, что внедрение указанного подхода позволит другим коммерческим организациям не только использовать при реализации проектов традиционные способы привлечения финансирования, такие как заёмный банковский капитал, субсидирование со стороны инвестиционных фондов, публичное размещение долей компании на рынке, но и ввести новые инструменты, представленные на финансовом рынке (например, выпуск токенов с применением цифровых платформ). Описанный подход

содействует созданию условий раскрытия компанией публичной финансовой отчётности, а также предпринятых действий и планируемых финансовых результатов, влияя в конечном счёте на рост рыночной стоимости объекта. Кроме того, подобный метод даёт возможность оценивать внедрение различных алгоритмизированных стратегий в области управления операционной деятельностью компании.

Дальнейшее изучение рассматриваемой темы планируется вести в следующих направлениях:

- разработка бизнес-процессов по сбору и обработке больших данных на основе связи физических явлений, запланированных в ЭКД-Земля, с экономическими показателями функционирования всего объекта;
- создание инструментов сбора больших данных с инфраструктурных систем и объектов разного типа на примере ЭКД-Земля в совокупности с оценкой их воздействия на прогнозные экономические параметры;
- реализация корпоративной информационной системы, применяемой в управлении большими данными для финансового моделирования и управления рыночной стоимостью объекта;
- поиск возможной интеграции единой цифровой экономической модели с технологиями блокчейн, искусственного интеллекта, квантового шифрования данных.

Использование рассмотренного в настоящей статье подхода позволит в будущем сформировать стратегию роста рыночной стоимости объекта (показатель Enterprise value [43]) и его инвестиционной привлекательности для инвесторов и акционеров.

Литература

1. Unitsky, A. Review of Possible Structural Solutions of the EcoCosmoHouse Facility on the Planet Earth / A. Unitsky, S. Zhary, A. Bonus, N. Yerakhovets // *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf. Maryina Gorka, June 21, 2019 / Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky.* – Minsk: Paradox, 2019. – P. 169–177.
2. Unitsky, A. Plants of Special Purpose and Their Use in EcoCosmoHouse / A. Unitsky, N. Zyl, N. Batalevich, E. Shakhno // *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf. Maryina Gorka, June 21, 2019 / Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky.* – Minsk: Paradox, 2019. – P. 191–197.
3. Unitsky, A. System for Maintaining Optimal Climatic Parameters of EcoCosmoHouse on the Planet Earth / A. Unitsky, V. Grigoryev // *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf. Maryina Gorka, June 21, 2019 / Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky.* – Minsk: Paradox, 2019. – P. 185–189.
4. Unitsky, A. Features of Design of a Residential Space Cluster “EcoCosmoHouse” – Mission, Goals, Purpose / A. Unitsky // *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf. Maryina Gorka, June 21, 2019 / Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky.* – Minsk: Paradox, 2019. – P. 51–57.
5. Lefley, F. Strategic Methodologies of Investment Appraisal of AMT Projects: A Review and Synthesis / F. Lefley // *The Engineering Economist.* – 1996. – Vol. 41, No. 4. – P. 345–363.
6. Chan, F. Investment Appraisal Techniques for Advanced Manufacturing Technology (AMT): A Literature Review / F. Chan [et al.] // *Integrated Manufacturing Systems.* – 2001. – Vol. 12, No. 1. – P. 35–47.
7. Unitsky, A. Economic Replication Model of the Eco-CosmoHouse Facility on the Planet Earth / A. Unitsky, A. Kushnirenko, E. Kulik // *Non-Rocket Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: Materials of the II Intern. Scient. and Techn. Conf. Maryina Gorka, June 21, 2019 / Astroengineering Technologies; under total. ed. A. Unitsky.* – Minsk: Paradox, 2019. – P. 159–166.
8. Fang, B. Big Data in Finance / B. Fang, P. Zhang // *Big Data Concepts, Theories, and Applications.* – Cham: Springer, 2016. – P. 391–412.
9. Ye, S. NPV-at-risk Method in Infrastructure Project Investment Evaluation / S. Ye, R.L.K. Tiong // *Journal of Construction Engineering and Management.* – 2000. – Vol. 126, No. 3. – P. 227–233.
10. Konstantin, P. Investment Appraisal Methods / P. Konstantin, M. Konstantin // *Power and Energy Systems Engineering Economics.* – Cham: Springer, 2018. – P. 39–64.
11. Dimitriou, H.T. Presenting the Case for the Application of Multi-Criteria Analysis to Mega Transport Infrastructure Project Appraisal / H.T. Dimitriou, E.J. Ward, M. Dean // *Research in Transportation Economics.* – 2016. – Vol. 58. – P. 7–20.
12. Häcker, J. Investment Appraisal / J. Häcker, D. Ernst // *Financial Modeling.* – London: Palgrave Macmillan, 2017. – P. 343–384.
13. Cassia, L. Equity Valuation Using DCF: A Theoretical Analysis of the Long-Term Hypotheses / L. Cassia, A. Plati, S. Vismara // *Investment Management and Financial Innovations.* – 2007. – No. 4. – P. 91–107.
14. Yin, S. Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends (Point of View) / S. Yin, O. Kaynak // *Proceedings of the IEEE.* – 2015. – Vol. 103, No. 2. – P. 143–146.
15. Russom, P. Big Data Analytics / P. Russom [et al.] // *TDWI Best Practices Report, Fourth Quarter.* – 2011. – Vol. 19, No. 4. – P. 1–34.
16. Plageras, A.P. Efficient IoT-based Sensor BIG Data Collection-Processing and Analysis in Smart Buildings / A.P. Plageras [et al.] // *Future Generation Computer Systems.* – 2018. – Vol. 82. – P. 349–357.
17. Cavanillas, J.M. New Horizons for a Data-driven Economy: A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe / J.M. Cavanillas, E. Curry, W. Wahlster. – Springer Nature, 2016. – 312 p.
18. Begenu, J. Big Data in Finance and the Growth of Large Firms / J. Begenu, M. Farboodi, L. Veldkamp // *Journal of Monetary Economics.* – 2018. – Vol. 97. – P. 71–87.
19. Dudin, M. The Organization Approaches Peculiarities of an Industrial Enterprises Financial Management / M. Dudin [et al.] // *Life Science Journal.* – 2014. – Vol. 11, No. 9. – P. 333–336.
20. Stern, J. The EVA Financial Management System / J. Stern, B. Stewart, D. Chew // *Journal of Applied Corporate Finance.* – 1995. – Vol. 8, No. 2. – P. 82–87.
21. Enterprise Value Enhancement System and Method [Electronic resource]: Pat. US6411936B1 / A.M. Sanders. – Publ. date 25.06.2002. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US6411936B1/en>. – Date of access: 20.04.2020.
22. Method of and System for Valuing Elements of a Business Enterprise [Electronic resource]: Application US20010041996A1 / J. Eder. – Publ. date 15.11.2001. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US20010041996A1/en>. – Date of access: 20.04.2020.
23. Cheng, C.S.A. The Applicability and Usage of NPV and IRR Capital Budgeting Techniques / C.S.A. Cheng, D. Kite, R. Radtke // *Managerial Finance.* – 1994. – Vol. 20, No. 7. – P. 10–36.
24. Farber, A. A General Formula for the WACC / A. Farber, R.L. Gillet, A. Szafarz // *International Journal of Business.* – 2006. – Vol. 11, No. 2. – P. 211–218.
25. Rebiasz, B. Fuzziness and Randomness in Investment Project Risk Appraisal / B. Rebiasz // *Computers & Operations Research.* – 2007. – Vol. 34, No. 1. – P. 199–210.
26. Platon, V. Monte Carlo Method in Risk Analysis for Investment Projects / V. Platon, A. Constantinescu // *Procedia Economics and Finance.* – 2014. – Vol. 15, No. 14. – P. 393–400.
27. Hong, S. Design of Marketing Scenario Planning Based on Business Big Data Analysis / S. Hong [et al.] // *Intern. Conf. on HCI in Business.* 21.07.2015. – Springer, Cham, 2015. – P. 585–592.
28. Magni, C.A. Investment Decisions and the Logic of Valuation / C.A. Magni [et al.]. – Springer International Publishing, 2020. – 689 p.
29. Žižlavský, O. Net Present Value Approach: Method for Economic Assessment of Innovation Projects / O. Žižlavský // *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* – 2014. – Vol. 156, No. 26. – P. 506–512.
30. Kosy, D.W. Self-Explanatory Financial Planning Models [Electronic resource] / D.W. Kosy, B.P. Wise. – 1984. – Mode of access: <https://www.aaai.org/Papers/AAAI/1984/AAAI84-033.pdf>. – Date of access: 20.04.2020.
31. Yu, S. Big Data Concepts, Theories, and Applications / S. Yu, ed.: S. Guo. – Springer, 2016. – 412 p.
32. Qin, X. A Risk-Sensitivity Analysis on NPV Model of Investment Projects / X. Qin, X. Ma, H. Bai // *Modeling Risk Management in Sustainable Construction.* – Berlin – Heidelberg: Springer, 2011. – P. 277–281.
33. Hassani, H. Forecasting with Big Data: A Review / H. Hassani, E.S. Silva // *Annals of Data Science.* – 2015. – Vol. 2, No. 1. – P. 5–19.
34. Damodaran, A. Damodaran on Valuation: Security Analysis for Investment and Corporate Finance / A. Damodaran. – John Wiley & Sons, 2016.
35. Webb, C. Power Query for Power BI and Excel / C. Webb. – New York: Apress, 2014. – P. 78.
36. Orus, R. Quantum Computing for Finance: Overview and Prospects / R. Orus, S. Mugel, E. Lizaso // *Reviews in Physics.* – 2019. – Vol. 4.
37. Aljabre, A. Cloud Computing for Increased Business Value / A. Aljabre // *International Journal of Business and Social Science.* – 2012. – Vol. 3, No. 1. – P. 234–239.
38. Anderson, M.J. A New Method for Non-Parametric Multivariate Analysis of Variance / M.J. Anderson // *Austral Ecology.* – 2001. – Vol. 26, No. 1. – P. 32–46.
39. Luh, D.B. A Structural Matrix-Based Modelling for Designing Product Variety / D.B. Luh, Y.T. Ko, C.H. Ma // *Journal of Engineering Design.* – 2011. – Vol. 22, No. 1. – P. 1–29.
40. Farber, A. A General Formula for the WACC / A. Farber, R.L. Gillet, A. Szafarz // *International Journal of Business.* – 2006. – Vol. 11, No. 2. – P. 120–128.
41. Sharashkina, T.P. Methodical Aspects of Organization and Carrying out of Functional-Cost Analysis on the Basis of Process Approach for the Purpose of Expenses and Quality Optimization // *European Research Studies.* – 2016. – Vol. 19, Spec. Is. 3, Part B. – 2016. – P. 77–96.
42. Unitsky, A. String Transport Systems: On Earth and in Space: Scient. Publication / A. Unitsky. – Silakrogs: PNB Print, 2019. – 576 p.: il.
43. Platt, H. Free Cash Flow, Enterprise Value, and Investor Caution / H. Platt, S. Demirkan, M. Platt // *The Journal of Private Equity.* – 2010. – Vol. 13, No. 4. – P. 42–50.



Особая роль пищи как строительного материала для организма человека в условиях замкнутой биосферы ограниченных размеров

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Зыль Н.С.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

Шахно Е.А.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

УДК 641.1



Описаны потребности человека в питательных веществах: ультра-, микро-, макроэлементах, витаминах. Приведены их среднесуточные нормы для мужчин и женщин. Рассмотрены продукты питания как источники восполнения всех жизненно важных веществ в организме человека. Представлены возможные пути их биопроизводства в условиях замкнутой биосферы. Новизна и уникальность исследования состоит в учёте потребности человека в ультра-, микро-, макроэлементах, а также в получении полного набора сельскохозяйственной продукции при использовании минимального объёма замкнутой экосистемы.

Ключевые слова:

биопроизводство, витамины, замкнутая экосистема, макроэлементы, микроэлементы, ультраэлементы, питание, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

Согласно информации Всемирной организации здравоохранения [1] сегодня перед человечеством стоят две проблемы: недостаток питания и избыточный вес. Питание населения – подсистема, которая является ключевым социальным индикатором общества [2]. Нарушение режимов питания неблагоприятно влияет на организм человека – увеличивается риск развития основных социально значимых заболеваний [3], обусловленных преимущественно социально-экономическими условиями. Существует глобальная продовольственная проблема мирового масштаба – неспособность людей полностью обеспечить себя продуктами питания, которые соответствуют принятым физиологическим нормам [4]. В настоящий момент чрезвычайно актуален вопрос получения правильного и полного набора жизненно важных элементов при питании.

На основании вышеизложенного, а также с позиций учёта основных потребностей человеческого организма [5] авторы считают целесообразным рассмотреть процесс биопроизводства продуктов питания в условиях замкнутой биосферы ЭкоКосмоДома (ЭКД), куда доставка продуктов питания извне не предполагается. Данная работа ориентирована на определение путей обеспечения жителей ЭКД полным спектром ультра-, микро-, макроэлементов, витаминов и прочих веществ, обязательных для строительства здорового организма при помощи продуктов питания, производимых непосредственно в ЭКД.

Роль питания

в функционировании организма человека

Питание – это основной процесс, который обеспечивает человека необходимыми материалами для построения здорового организма [6–12]. В условиях ЭкоКосмоДома, т. е. замкнутой биосферы, данный фактор будет играть ключевую роль. Человеку жизненно важно постоянно восполнять потребность в ультра-, микро-, макроэлементах, витаминах и других веществах, которые содержатся в тысячах различных сложнейших органических соединений (входят в состав пищи, а не в продаваемые в аптеках так называемые витаминные комплексы), включающих более 70 химических элементов таблицы Менделеева и способствующих нормальному функционированию всех органов и тканей. Пища – не только источник энергии, но и строительный материал для организма человека; именно от качества еды во многом зависит его здоровье и долголетие.

Для определения списка продуктов, необходимых для получения человеком всех ультра-, микро-, макроэлементов, витаминов в условиях ЭКД, следует знать среднесуточные нормы по основным компонентам веществ (приведены в таблице 1 [9, 13]).

Таблица 1 – Среднесуточная потребность человека в микро-, макроэлементах и витаминах

Компонент	Среднесуточная потребность	
	Мужчины	Женщины
Кальций	1000 мг	
Фосфор	700 мг	
Магний	300 мг	350 мг
Натрий	550 мг	
Калий	2000 мг	
Железо	10 мг	
Йод	150 мкг	200 мкг
Фтор	3,1 мг	3,8 мг
Цинк	7 мг	10 мг
Селен	30–70 мкг	
Медь	1–1,5 мг	
Марганец	2–5 мг	
Хром	30–100 мкг	
Молибден	50–100 мкг	
Мышьяк	50–100 мкг	
Свинец	10–20 мкг	
Германий	0,8–1 мг	
Золото	2–4 мкг	
Кадмий	10–35 мкг	
Витамин С	50–100 мг	
Витамин В ₁	1,4–2,4 мг	
Витамин В ₂	1,5–3 мг	
Витамин В ₆	2–2,2 мг	
Витамин В ₃ (РР)	15–25 мг	
Фолиевая кислота	0,2–0,5 мг	
Витамин В ₁₂	2–5 мг	
Витамин А	0,5–2,5 мг	



Нужно учитывать, что ЭКД – замкнутая экосистема, поэтому все органические вещества и материалы должны быть экологичными, простыми в производстве, удобными в переработке. Значимым является не только наличие тех или иных микроэлементов в продуктах питания, но и сбалансированность такого продовольствия в целом. Например, для получения дневной нормы белка требуется съесть 12,5 кг огурцов, однако подобный подход к составлению диеты не оправдан с точки зрения здравого смысла.

Если в продуктах будет низкая концентрация определённых микроэлементов (например, цинка, молибдена или германия), то и своего положительного влияния на организм человека они не окажут. Крайне важно знать: какой набор необходимых человеку микроэлементов содержится в сельскохозяйственной продукции, выращенной на используемой плодородной почве; присутствует ли в ней весь комплекс 70–80 химических элементов; находятся ли они друг с другом в нужных пропорциях и в тех ли соединениях, которые способен усвоить наш организм. На данный момент биологическая роль установлена примерно для 30 основных ультра-, микро- и макроэлементов. Влияние остальных ультра- и микроэлементов продолжает исследоваться. В данной статье рассматривается получение биопродукции, не уступающей по качеству выращенной на Земле на самой плодородной и продуктивной почве – чернозёме; это будет достигаться закладкой полного набора

обязательных почвенных составляющих уже при создании биосферы ЭКД.

Следует отметить, что химические элементы не появляются в продуктах питания из ниоткуда – они должны быть заложены в почву изначально с учётом жизненного цикла ЭКД и круговорота веществ в нём.

Организм человека обновляется в среднем каждые три месяца – такова средняя продолжительность жизни клеток, большинство из них отмирают и выводятся из организма [14]. На их месте будут построены новые клетки – в этом процессе задействованы более 70 химических элементов таблицы Менделеева [6]. Человек состоит приблизительно из 30 трлн клеток, значительная доля которых (24 трлн) являются эритроцитами – красными кровяными тельцами. Ещё триллион – тромбоциты, отвечающие за свёртывание крови. На всё остальное тело приходится лишь 3 трлн клеток [6]. Время жизни клеток крови, образующих 90 % от общего количества всех элементарных структурных единиц живого существа, относительно короткое. Тромбоциты и лейкоциты живут 8–12 дней; эритроциты – значительно дольше: до 120 дней [6]. Именно поэтому клетки крови расходуются в организме в огромном количестве – каждую секунду их погибает более 2 млн, а в день – свыше 200 млрд, которые затем создаются снова из веществ, поступающих с пищей и водой.

Специфика расчёта необходимого количества продукции и площади под её культивирование в условиях замкнутой экосистемы

Расчёты по каждому продукту проводились в соответствии с потребностями в микро-, макроэлементах, представленных в таблице 1, согласно следующей формуле:

$$\% \text{ от среднесуточной потребности} = \frac{\text{Содержание элемента в продукте, мг}}{\text{Среднесуточная потребность, мг}} \times 100 \%. \quad (1)$$

Результаты сводились в общую таблицу, а затем для каждого продукта устанавливались условия по их биопроизводству.

Определение размера площади, необходимой для выращивания каждого вида растительной продукции, размещения козлятника, крольчатника, птицефабрики, рыбной фермы, выполнялось исходя из потребности человека в каждом виде продукции и производительности объекта.

При этом учитывалось, что животные (козы, кролики, перепела, куры, рыбы и др.) будут питаться специально выращенным кормом и частично отходами производства

продовольственных продуктов (непригодные в пищу растительные остатки, жмых и т. д.):

$$\text{Площадь, м}^2 = \frac{\text{Годовая потребность в продукте, кг}}{\text{Производительность объекта, кг/м}^2} \quad (2)$$

При расчёте принимались во внимание максимально возможная урожайность растений и грибов, молочная производительность коз, скорость роста животных и другие факторы.

Жизненно важные химические элементы и планируемые источники их получения в условиях ЭкоКосмоДома

В данной статье рассмотрены химические элементы и их содержание в продуктах питания.

Главными источниками кальция являются молоко и молочные продукты:

- в 100 г коровьего молока жирностью 2,5 % – 120 мг [15], что составляет 12 % от среднесуточной потребности;
- в 100 г творога жирностью 5 % – 164 мг (16,4 % от среднесуточной потребности);
- в 100 г сыра «Пармезан» – 1118 мг (118 % от среднесуточной потребности).

Для сравнения: в курином яйце – 55 мг кальция (5 % от среднесуточной потребности). В ЭКД основным способом биопроизводства продуктов, содержащих кальций, будет разведение домашних животных (коров, коз). Одна корова в среднем может дать в день 15–20 л молока жирностью 3,2–5,5 %. Значит, для обеспечения 100 человек по 800 г коровьего молока и молочных продуктов каждому (в пересчёте на цельное молоко) в условиях ЭКД необходимо восемь коров. Альтернативой коровьему молоку может выступать козье молоко, по химическому составу и свойствам близкое к коровьему. Кроме того, оно имеет на 10–15 % более высокую пищевую ценность. При этом разведение коз значительно проще. Для обеспечения 100 человек по 700 г козьего молока в сутки потребуется 25 коз. Стоит также учесть, что часть продукции в зависимости от нужд жителей ЭКД будет использоваться для приготовления питьевого молока, масла, творога, сыра и др. Молоко содержит витамин D, способствующий усвоению кальция человеческим организмом. Источником кальция могут служить перепелиные яйца (в одной штуке – 9,8 мг кальция, что составляет 1 % от суточной дозы). В скорлупе перепелиных яиц, которая также может употребляться в пищу в измельчённом виде, – 98,4 % карбоната кальция (к примеру,



один из авторов статьи – А.Э. Юницкий – в течение многих лет принимает перепелиные яйца целиком, мелко пережёвывая их со скорлупой). При массе 0,8 г скорлупа одного перепелиного яйца восполняет 30 % суточной потребности в кальции.

Основными поставщиками фосфора в условиях ЭКД могут выступать:

- коровье или козье молоко (в 250 мл коровьего молока содержится 200 мг фосфора, т. е. 28,5 % суточной потребности);
- сыры (до 200 мг в 50 г сыра – 28,5 % суточной потребности);
- куриные яйца (одно яйцо – 60 мг фосфора – 8,6 % суточной потребности);

- перепелиные яйца (одно яйцо – 213 мг фосфора – 29,8 % суточной потребности);
- рыба и морепродукты (до 300 мг в 100 г в зависимости от вида – 42 % суточной потребности) [16].

Таким образом, в качестве источника фосфора планируется использовать перепелиные яйца (3–4 шт. на человека в сутки). Для производства данного количества яиц понадобится птицефабрика на 450 перепелов.

Получить магний можно, введя в ежедневный рацион тёмно-зелёные листовые культуры и овощи:

- брокколи (140 мг в 100 г приготовленного продукта дают практически 50 % суточной потребности);
- горох (21 мг в 100 г – 7 % суточной потребности);
- шпинат (314 мг в 100 г – практически 100 % суточной потребности).

В условиях ЭКД предусмотрено культивирование данных растений. Например, на 100 человек при условии ежедневного приёма 50 г шпината необходимо выращивать 5 кг в сутки, или 1825 кг за год. Урожайность шпината составляет около 2 кг с 1 м², а вегетационный период – 30 дней. Значит, под эту овощную зелень задействуется всего 76 м² территории.

Для восполнения среднесуточной дозы натрия достаточно 30 г сыра «Пармезан». В курином яйце содержится 134 мг этого элемента, в курином мясе – 40–90 мг, в перепелином яйце – 21,2 мг. Важно отметить: принимая в пищу куриные или перепелиные яйца, можно одновременно удовлетворить потребность во многих микроэлементах.

Основные источники калия, пригодные для жителей ЭКД:

- фрукты – бананы (в 100 г – 348 мг калия), абрикосы (в 100 г – 305 мг калия), персики (в 100 г – 363 мг калия);
- овощи – редис (в 100 г – 255 мг калия), картофель (в 100 г – 568 мг калия).

Например, для 100 человек необходимо 40 кг таких овощей в день при пересчёте на картофель. Урожайность одного куста картофеля составляет 6 кг за сезон. То есть для того чтобы закрыть суточную дозу в калии жителя ЭКД, в день достаточно снимать урожай с семи кустов. Дополнительно из картофеля путём сбраживания и последующей перегонки можно получать спирт, который будет использоваться в качестве антисептика, а также для иных целей.

Для восполнения нуждемости в магнии, калии и других микроэлементах, имеющихся в большом количестве в овощах, зелени и грибах, понадобится суммарно около



400 г данной продукции. При максимальной урожайности и использовании пятиярусной схемы посадки на картофель следует отвести 160 м², на остальные овощи, зелень и грибы – 220 м².

Источниками железа выступают любые виды мясной продукции, бобовые, грибы. Например, до 49 % среднесуточной дозы железа могут дать 100 г говяжьей печени; до 50 % – 100 г лущёного гороха; до 100 % – 200 г кроличьего мяса (для этого необходимо построить крольчатник на 900 голов).

Среднесуточную потребность в йоде можно возместить, принимая в пищу морскую рыбу (в 100 г – до 100 % суточной нормы). Для того чтобы в ежедневное меню жителя ЭКД ввести 50 г морской рыбы и морепродуктов, запланирована постройка рыбной фермы площадью 450 м².

Существенное содержание фтора отмечено в грецких орехах (100 г восполняют 32 %) и рыбе скумбрии (100 г восполняют 35 %). Для выращивания низкорослых, скороплодных сортов грецких орехов, всего 20 г которых компенсируют недостающее количество фтора и других важных микроэлементов, в ЭКД будет отведён участок размером 110 м² при пятиярусной схеме посадок.

Около 20–30 % суточной потребности в цинке обеспечивают такие продукты, как куриные или перепелиные яйца, сыры, говядина, крольчатина, гречневая крупа (в пересчёте на 100 г). Для закрытия нормы в цинке и других микроэлементах предлагается дополнить рацион 170 г круп, на выращивание которых при пятиярусной системе предусмотрено выделение территории 200 м².

В качестве основного поставщика селена стоит использовать: перепелиное яйцо (100 г – 98 % суточной потребности); творог жирностью 5 % (100 г – до 55 % суточной потребности).



Источниками меди и марганца служат нут, чечевица, гречневая крупа (100 г продукта – до 70 % суточной нормы).

Хром возможно получать из свёклы (100 г восполняют до 40 % суточной дозы), рыбы скумбрии (100 г – до 45 %).

Молибден содержится в зелёном горохе, чечевице, фасоли (в 100 г – до 100 % суточной потребности).

Самым богатым источником мышьяка в пище считаются съедобные моллюски, некоторые виды морских рыб (в 100 г – до 100 % суточной нормы). Следует отметить: в рационе современного человека находится достаточное количество мышьяка, следовательно, нет необходимости в дополнительном приёме данного элемента. Наоборот, в связи с токсичностью мышьяка производители сельскохозяйственной продукции постоянно добиваются снижения его наличия в продовольственных продуктах.

Ещё совсем недавно учёные считали, что германий абсолютно бесполезен для человека и не выполняет совершенно никакой функции в теле живых организмов. Однако исследования [13, 17] показали, что отдельные органические соединения этого химического элемента могут успешно использоваться даже в роли лекарственных составов, хотя касательно их эффективности говорить пока рано. Тем не менее опыты, проводимые на лабораторных грызунах, демонстрируют, что благодаря даже минимальному приёму германия увеличивается продолжительность жизни животных на 25–30 % (данный факт – хорошая причина задуматься о пользе элемента и для человека).

Германий наличествует в чесноке (до 100 % суточной потребности на 100 г), пшеничных отрубях, бобовых культурах, белых грибах, томатах, рыбе и морепродуктах (в частности, кальмарах, креветках и мидиях), морской капусте и молоке.

Наибольшее содержание золота – в кукурузе (100 г обеспечивают до 25 % суточной потребности), в её зёрнах, листьях и стеблях, а также в продуктах пчеловодства,

мясе, икре океанических рыб, желтушнике сером (травянистое растение).

Один из признаков недостаточного поступления кадмия в организм (менее 0,5 мкг/сут) – замедление роста. Именно таким образом у лабораторных животных проявляется искусственный дефицит кадмия. Во избежание подобных осложнений ежедневное меню человека должно содержать устрицы, мидии, капусту, шпинат, щавель, базилик, петрушку, укроп, зерновые культуры.

Суточную дозу витамина С можно восполнить, употребив 100 г цветной капусты, брокколи, 50 г белых грибов, 90 г чёрной смородины, 90 г болгарского перца.

Почти 60 % суточной нормы витамина В₁ содержится в 100 г зелёного гороха, 123 % – в 100 г семян подсолнечника, 28,6 % – в пяти перепелиных яйцах. Всего 100 г куриного белка на 33 % обеспечивают организм витамином В₂, 100 г говяжьей печени – на 122 %.

Около 20–40 % суточной потребности в витамине В₆ можно получить из 100 г гречневой, рисовой, пшённой, пшеничной круп, мяса цыпленка, грецких орехов. Примерно 60–70 % суточной дозы витамина В₃ (РР) дадут 100 г мяса цыпленка, индейки, кролика, а также говяжьей печени.

Для того чтобы закрыть 20–30 % суточной нормы в фолиевой кислоте (витамин В₉), достаточно использовать в дневном меню 100 г шпината, авокадо, чечевицы, белых грибов, кресс-салата, фасоли.

Витамин В₁₂ содержится в основном в продуктах животного происхождения. В условиях ЭКД удовлетворить суточную потребность в данном элементе можно, введя в рацион блюда из говяжьей печени, говядины, яиц, сыров.

Суточная норма витамина А восполнима при включении в меню 100 г сельдерея, куриного желтка, шпината, петрушки, укропа, двух перепелиных яиц.

В качестве иммуномодулятора и источника большого спектра микроэлементов и быстроусвояемых углеводов предлагается принимать в пищу мёд в количестве не менее 10 г на человека в сутки.

В таблице 2 приведены основные продукты, а также требования по их биопроизводству в условиях ЭКД с учётом круглогодичного цикла. Продуктовый перечень выбран исходя из вышеизложенной информации по содержанию необходимых компонентов.

Следует учитывать, что приведённые расчёты являются предварительными, так как рассматриваются достаточно распространённые земные технологии, хотя и работающие с максимально возможной на данный момент в земных условиях эффективностью. При организации биопроизводства в условиях ЭКД могут быть использованы и принципиально иные решения как по способам получения растительной и животноводческой продукции (например, аэро- и гидропоника на жидком биогумусе; альтернативные варианты козьего молока и др.), так и по применённым

источникам питательных веществ для человека (например, среди них – насекомые и мелкие животные, в том числе почвенные, хлорелла и другие одноклеточные зелёные водоросли, одноклеточные дрожжевые грибы и др.). В частности, дождевой (земляной) червь известен в народной медицине Китая более 5000 лет как поставщик важных для нашего пищеварения микроорганизмов (в кишечнике человека, являющемся основой его иммунной системы, проживают десятки триллионов микроорганизмов тысяч видов, преимущественно почвенных) и многих лекарственных веществ, содержащих незаменимые ультра- и микроэлементы.

В статье описан подход, позволяющий в теории получить полностью здоровое питание без каких-то экстремальных вариантов, вроде употребления одних легко культивируемых овощей и зелёных водорослей. Оптимизация биопроизводства необходима, особенно в условиях ограниченных ресурсов и пространства, однако это не означает снижения качества пищи.

Таблица 2 – Рекомендуемая суточная норма потребления продуктов и требования по их биопроизводству в условиях ЭКД

Компонент	Потребление в день, г		Требования по биопроизводству на 100 человек
	Мужчины	Женщины	
Картофель	420	380	160 м ² (посадка в пять ярусов. Общая высота – около 6 м)
Крупы	180	160	200 м ² (посадка в пять ярусов. Общая высота – около 6 м)
Овощи, зелень, грибы	430	370	220 м ² (посадка в пять ярусов. Общая высота – около 6 м)
Фрукты, ягоды, лекарственные травы	210	190	100 м ² (посадка в пять ярусов. Общая высота – около 6 м)
Яйцо перепелиное	56 (4 шт.)	42 (3 шт.)	Птицефабрика. Количество перепелов – 450 шт., площадь – 50 м ² (размещение в пять этажей: на первом – птицефабрика, в которой в 3–4 яруса размещаются клетки; на остальных – выращиваются зёрна. Общая высота – около 7,5 м)
Молочные продукты из козьего молока	750	650	Козлятник на 25 голов. Площадь – 100 м ² (размещение в пять этажей: на первом – козлятник, на остальных – выращиваются корма. Общая высота – около 7,5 м)
Мясо кролика	210	190	Крольчатник на 900 голов. Площадь – 90 м ² (размещение в пять этажей: на первом – крольчатник, на остальных – выращиваются корма. Общая высота – около 7,5 м)
Рыба, ракообразные, моллюски	55	45	Рыбная ферма – 450 м ² (размещение в пять этажей: на первом – рыбная ферма, на остальных выращиваются корма для других животных. Общая высота – около 6 м)
Орехи	20		110 м ² (посадка в пять ярусов. Общая высота – около 7,5 м)
Мёд	10		5 м ² (посадка размещается рядом с цветущими растениями)

Выводы и дальнейшие направления исследования

На основании вышеизложенного сделан вывод, что в комплексное меню жителя ЭКД следует включать спектр продовольствия, содержащего все ультра-, микро-, макроэлементы, витамины и другие жизненно важные вещества. Приводится перечень продуктов, производство которых должно быть приоритетно налажено в ЭкоКосмоДоме. Таким образом, при серьёзной оптимизации получения биопродукции в условиях, подобным земным, возможно обеспечить продуктами питания 100 человек, проживающих в ЭКД, использовав всего около 1500 м² площади.

Авторами проанализированы основные источники поступления ультра-, микро-, макроэлементов, а также витаминов в ЭКД и основные требования по их биопроизводству. В дальнейшем планируется расширить исследование: составить общий список оптимальных продуктов питания и способов их биопроизводства; подробно рассмотреть возможность утилизации образующихся органических отходов для их возврата в производственный цикл; разработать различные виды рационов (халяльная, кошерная, веганская пища); исследовать способы оптимизации производства продуктов питания для человека; детализировать видовое разнообразие используемых при биопроизводстве живых организмов; обстоятельно рассчитать производственные циклы с учётом переработки отходов, тем самым связав животный и растительный мир ЭКД в целостную экосистему.

Литература

1. Основные проблемы питания [Электронный ресурс] // ВОЗ. – Режим доступа: <https://www.who.int/nutrition/challenges/ru/>. – Дата доступа: 22.06.2020.
2. Шарипов, М.М. Рациональное питание населения как компонент качества его жизни в условиях рыночной экономики: дис. ... канд. социол. наук: 22.00.03 / М.М. Шарипов. – Казань, 2010. – 146 л.
3. Проблемы современного питания [Электронный ресурс] // Мин-во здравоохранения Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/en/dlya-beloruskikh-grazhdan/profilaktika-zabolevaniy/zdorovoe-pitanie/problemy-sovremennogo-pitaniya.php>. – Дата доступа: 20.06.2020.
4. Лысак, М.А. Продовольственная проблема и пути её решения в мире / М.А. Лысак // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – Т. 7, № 10. – С. 1545–1549.



5. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
6. Информационный портал германского общества детских гематологов и онкологов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kinderkrebsinfo.de/zabolevanija/lejkozy/pohpatinfoall120060414/kostnyj_mozg_i_krov/kostnyj_mozg/index_rus.html. – Дата доступа: 10.06.2020.
7. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
8. Тырсин, Ю.А. Микро- и макроэлементы в питании / Ю.А. Тырсин, А.А. Кролевец, А.С. Чижик. – М.: Дели плюс, 2012. – 224 с.
9. Теплов, В.И. Физиология питания: учеб. пособие / В.И. Теплов, В.Е. Боряев. – М.: Дашков, 2017. – 456 с.
10. Дроздова, Т.М. Физиология питания: учебник / Т.М. Дроздова, П.Е. Влощинский, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 352 с.: ил.
11. Воробьёв, В.И. Поиски научно-обоснованных критериев дефицита микроэлементов в организме животных / В.И. Воробьёв, Д.В. Воробьёв, Е.Т. Казунина // *Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований*. – 2014. – № 3. – С. 80–85.
12. Скальный, А.В. Микроэлементозы человека: гигиеническая диагностика и коррекция / А.В. Скальный // *Микроэлементы в медицине*. – 2000. – Т. 1. – С. 2–8.
13. Ребров, В.Г. Витамины и микроэлементы / В.Г. Ребров, О.А. Громова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 960 с.
14. Березина, Т.Н. Вероятностный подход к продолжительности жизни в современных теориях старения / Т.Н. Березина // *Психолог*. – 2016. – № 1. – С. 93–106.
15. Гришина, Г.И. Минеральный состав молока коров различных линий / Г.И. Гришина // *Аграрный вестник Урала*. – 2009. – № 4. – С. 88–89.
16. Calvo, M.S. Assessing the Health Impact of Phosphorus in the Food Supply: Issues and Considerations / M.S. Calvo, A.J. Moshfegh, K.L. Tucker // *Advances in Nutrition*. – 2014. – Vol. 5, No. 1. – С. 104–113.
17. Комплексные соединения германия с аминокислотами и карбоновыми кислотами: пат. RU 2476436 / А.Д. Исаев, Т.О. Манашеров, И.В. Амбросов, С.К. Матело. – Оpubл. 27.02.2013.



Пути адаптации и установления саморегуляции замкнутой экосистемы

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Налётов И.В.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

Зяц В.С.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

УДК 574.42



Создание замкнутой экосистемы подразумевает сложную и высокоорганизованную конфигурацию её элементов. Процессы, происходящие в ней, должны быть саморегулируемыми, а также самовозобновляемыми. В основе такой искусственно созданной системы – переход энергии, живого вещества и информации от одних организмов к другим. Адаптация в закрытых экосистемах является базисом существования всей системы. Следовательно, необходимо соблюсти условия развития организмов. В статье изучаются важные аспекты адаптивных процессов популяций при размещении их в закрытой экосистеме.

Ключевые слова:

автономная система, адаптация популяции, биоразнообразие, замкнутая экосистема, саморегуляция, численность популяции, ЭкоКосмоДом (ЭКД), ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля).



Введение

Самой острой проблемой современности становится нарастание экологического кризиса в глобальных масштабах [1]. Проблемы окружающего мира обостряются вследствие того, что техносфера по своей энерговооружённости оказывает всё большее негативное влияние на природную среду [2]. Единственный выход для сохранения биоразнообразия и снижения воздействия технократической цивилизации – перенос вредного производства на орбиту Земли и индустриализация ближнего космоса. Для постоянной комфортной жизни человека в космосе требуется создание условий, приближённых к земным, например в замкнутой экосистеме.

В данной статье рассматривается процесс создания замкнутой экосистемы, для того чтобы в дальнейшем её органично реализовать в ЭкоКосмоДоме на планете Земля (ЭКД-Земля) – прототипе космического поселения ЭкоКосмоДом (ЭКД) [2].

Каждое живое существо в биосфере взаимодействует с другими организмами и находится под влиянием абиотических факторов среды [3]. В замкнутой экосистеме



существует ряд правил, основанных на принципе сохранения энергии и передачи её другим живым организмам [4]. Одной из главных проблем при организации искусственных замкнутых экосистем является установление стабильных круговоротов органического вещества (химических элементов, соединённых в органические молекулы) и информации, в том числе наследственной. Эти процессы происходят благодаря адаптации живых организмов в изолированной среде и постепенному вводу системы в состояние равновесия.

Цель работы – изучение адаптационных периодов при формировании замкнутой экосистемы (с учётом трофических связей). Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- создать установку, в которой будет обеспечиваться функционирование изолированной закрытой экосистемы;
- изучить развитие живых организмов в экосистеме;
- проанализировать взаимодействие между живыми объектами.

Раздел, представляющий основные этапы формирования природных экосистем, раскрывает вопросы и решения установления ключевых процессов в замкнутых экосистемах, а также взаимодействия адаптивных факторов. Раздел «Описание эксперимента» включает в себя презентацию установки для проведения исследования и изучения процессов внутри популяций. В разделе «Описание метода» даны основные параметры, по которым проводилась оценка процесса адаптации. В разделе «Результаты и анализ» приведены полученные данные при постановке эксперимента по изучаемой тематике. В заключительной части описаны краткие выводы по проведённым опытам, а также сформулированы новые вопросы, возникшие в ходе испытаний.

Основные этапы формирования природных экосистем

Биоценоз в замкнутой экосистеме – это в первую очередь взаимодействие всех живых организмов между собой. Любая существующая экосистема должна пройти основные этапы: рождение, взросление, молодость, старость. На последнем этапе возможно провести омоложение экосистемы [5]. Экологические процессы начинаются и заканчиваются через определённые промежутки времени [6]. Например, рассмотрим почвообразование на планете Земля. В начале сукцессии на материнской породе (скала, камни и т. д.) появляются микроорганизмы [7, 8].



Существует мнение [5–8], что этими организмами являются археобактерии, способные синтезировать органическое вещество в процессе хемосинтеза. В дальнейшем образуется питательная база для водорослей и растений [9]. При накоплении органического вещества формируется «первичная почва» [7]. Затем зарождаются простейшие животные; продукты их жизнедеятельности поступают в почву и участвуют в выработке гумуса. Со временем появляются всё более высокоорганизованные растения и животные. Всё это ведёт к установлению климакса в экосистеме [4]. После старения экосистемы возможно её самообновление либо смерть и рождение новой экосистемы. Под понятием «самообновление» следует понимать возникновение новых эволюционных форм живых организмов, способных адаптироваться под окружающую среду (например, вредителей, питающихся мелкими хвойными растениями; лиственных растений, не восприимчивых к низкому рН почвы; и др. Все процессы от рождения до старения должны пройти в замкнутой экосистеме, проектируемой в установке [10]. Однако для этого требуются десятки лет, поэтому стоит ускорить процесс за счёт осуществления контроля за элементами, циркулирующими в границах экосистемы, и динамикой развития популяций, используя искусственное

повышение или уменьшение (удаление) отдельно взятых видов живых организмов [9].

Как показывают экологические опыты, для функционирования замкнутой системы необходимо наладить цикл передачи энергии и элементов от одного организма к другому, учитывая биохимические и физиологические факторы [3]. Так, описанное в публикациях М.Ю. Салтыкова [4] исследование экосистемы, в котором использовались лишь трофические цепи передачи энергии и движения вещества по замкнутой системе, не позволяет сделать точного прогнозирования её развития в целом. Значит, нужно учитывать также дополнительные лабораторные показатели поведения животных и растений при постановке эксперимента по созданию замкнутой системы. Например, отдельные особи вида (или весь вид) способны под влиянием стрессовых факторов (избыточная влажность, высокая или низкая температура, внутривидовые конфликты и т. д.) начать питаться не теми элементами, которые изначально рассчитывались в трофической цепи [9].

Рассмотрим трофическую цепь, состоящую из двух видов продуцентов (водоросли вольвокс (*Volvox*), диатомовые водоросли) и одного представителя консумента первого порядка – дафнии обыкновенной (*Daphnia pulex*). При размещении указанных живых организмов в аквариуме с искусственным освещением консумент поедает продуценты в равной степени. Со временем дафния начинает активно потреблять вольвокс, накапливая энергию и вещество внутри вида *Daphnia pulex*, что способствует активному росту численности особей в популяции. При длительном периоде такой ситуации возникает нестабильность экосистемы. В данном случае наблюдается огромный скачок роста диатомовых водорослей и численности дафний, а популяция вольвокса выпадает из экосистемы [3].

Как правило, одна из главных проблем замкнутых экосистем – быстрый рост численности консументов первого порядка, что приводит к резкому обнищанию продуцентов. Следовательно, необходим контроль количества всех особей популяций [6]. Элиминирование одних и рост численности других популяций дестабилизирует существующую экосистему [7]. Для устранения сложности, возникшей в процессе формирования экосистем, следует прорабатывать различные варианты трофических цепей.

Трудности при создании замкнутых экосистем связаны с адаптацией и взаимоотношениями популяций как внутри, так и между ними. При построении прототипов замкнутых экосистем редко отслеживалась тенденция развития трофических путей, а также адаптация организмов к новым условиям. Так, в процессе построения замкнутых моделей экосистем всегда использовался один

эмпирический подход (метод проб и ошибок) [9], при котором в замкнутую систему загружалось большое количество различных живых организмов, зачастую не связанных между собой трофическими путями. В результате многие живые организмы вступали в борьбу за ресурсы существования, вытесняя при этом других особей, входящих в трофическую цепь. Подобные действия приводят к утрате биоразнообразия внутри экосистемы, нарушая таким образом циркуляцию химических элементов и живого вещества.

Для решения схожих проблем необходимо предусмотреть различные варианты трофических связей, которые смогут взаимозаменять звенья в цепях. Кроме того, нужно уделить особое внимание адаптации популяций, вследствие чего будут отмечены рост и развитие видов, размножение и смертность, а также сменяемость стадий онтогенеза живых организмов.

У различных видов имеются свои особенности в процессах адаптации. Растения, относящиеся к одному семейству и одной экологической группе, по-разному проходят адаптацию в равных условиях [11]. Главным показателем увеличения биомассы у растений является наличие роста листьев, побегов и корневой системы [12]. У животных наблюдаются такие же процессы, однако они обусловлены несколькими иными критериями – ростом организма до взрослой особи без гибели молодняка [5].

При изучении адаптации также следует учитывать динамику сохранения постоянства численности особей. Этот показатель может варьироваться в пределах $\pm 10\%$ [9]. В положительный процент входят выжившие и вновь рождённые особи, а в отрицательный – погибшие. Возможно резкое уменьшение численности особей под воздействием негативных аспектов в период адаптации экосистемы. Подобное снижение зачастую объясняется биологическими причинами (паразитизм, рост патогенов) [13], однако в процессе адаптации необходимо принимать в расчёт и абиотические факторы. Например, избыточная влажность воздуха плохо сказывается на растениях и животных и способствует развитию патогенных организмов, которые будут вызывать замедление адаптации системы или вовсе её гибель [14]. Свет в закрытой экосистеме положительно влияет на синтез органических веществ и регуляцию биологических ритмов животных. Световая волна должна максимально соответствовать естественному освещению в природных биоценозах и иметь длину 430–780 нм [12]. Кроме того, в начале адаптации экосистемы следует искусственно поддерживать pH водной системы: резкое снижение или повышение может вызвать гибель организмов или прекращение их физиологических процессов, замедляя адаптацию организмов [13].

В мировых исследованиях известен опыт построения замкнутых экосистем. Наиболее удачные – «Биосфера-2», «БИОС-3», «Юэгу-1», однако основной проблемой в них оказалось отсутствие учёта циркуляции всех веществ внутри системы и их передачи от одного трофического уровня другому. Проекты основывались на полном воссоздании биосферы планеты Земля, проводилось изолированное разделение системы на природные биомы. Тем не менее масштабы не позволили отслеживать все процессы, что привело к избытку CO_2 , недостатку кислорода и другим вопросам. Следовательно, перед созданием большого биогеоценоза есть необходимость в организации прототипа экосистемы для анализа возможных сложностей, которые могут возникнуть при установлении равновесия в системе.

Описание эксперимента

Описание установки изолированной замкнутой экосистемы

В качестве ёмкости для границ экосистемы используется аквариум на 80 л, заполненный на 1/3 водой с камнями и грунтом. Внутри устанавливаются пластиковые перегородки для разграничения и удержания грунта от смешивания с водной составляющей (рисунок 1).

Вся конструкция условно разбита на сушу с грунтом и наземными популяциями, а также на водную часть с соответствующими видами и популяциями.

Водная часть разделена на открытую и закрытую зоны. Закрытая расположена под сушией и включает в себя

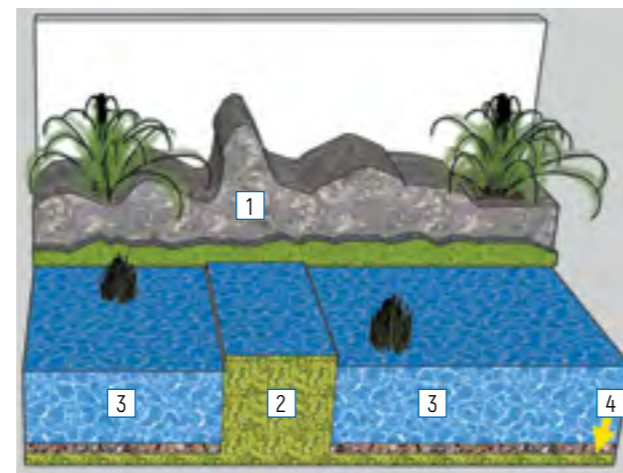


Рисунок 1 – Визуализация построения экосистемы в аквариуме: 1 – имитация суши; 2 – камера хлореллы и диатомовых водорослей; 3 – камера водной среды; 4 – полость под фальшдном

пространства для роста корневой массы водостойких растений. Дно заполнено минеральной загрузкой (галькой) для фиксации корней.

Открытая часть содержит три отсека. В нижнем имеется оборудованное сеткой фальшдно, созданное для фильтрации от продуктов жизнедеятельности. Пространство под дном соединено со вторым отсеком в нижней части конструкции таким образом, чтобы не создавались препятствия при движении воды.

Второй отсек водной части находится в середине аквариума, возвышается на 1,5 см от уровня воды и оснащён разделительными конструкциями (сетками) со всех сторон. Полученный отсек предназначен для развития водорослей. Основные резервуары, установленные для обитания живых организмов, располагаются с обеих сторон от второго отсека. Их дно заполнено гравием и мелкой галькой.

Конструкция имитации суши необходима для произрастания водостойких растений, а также в качестве среды обитания мелких животных. Как и водная среда, она разделена на три отсека, имеющих углубления, отверстия для прорастания корней растений внутрь конструкции с целью поглощения оттуда минеральных элементов.

Сверху установка изолирована прозрачным стеклом; извне конструкции размещается источник освещения – светодиодная лампа с длиной волны 430–740 нм.

Описание трофических связей между организмами внутри замкнутой экосистемы

Создание прототипа замкнутой экосистемы базируется на процессах, проходящих в естественных условиях. При постановке эксперимента за основу трофических связей были выделены уже существующие цепи на планете Земля, а за критерии оценки адаптации популяций приняты рост и развитие организмов, численность популяций, динамика размножения и смертность.

В водной среде основы трофических систем в рассматриваемом эксперименте составляют хлорелла и диатомовые водоросли. Они потребляют элементы, необходимые для фотосинтеза, производят большое количество органических веществ и выделяют кислород. Одноклеточные организмы способны к быстрому делению и приросту биомассы, что будет являться кормовой базой для водных консументов [7]. Кроме того, одноклеточные растения могут поглощать углекислый газ и азотные вещества. В водной среде животные – главные потребители органических веществ, при дыхании они выделяют углекислый газ, который включается в процесс питания одноклеточных [8].



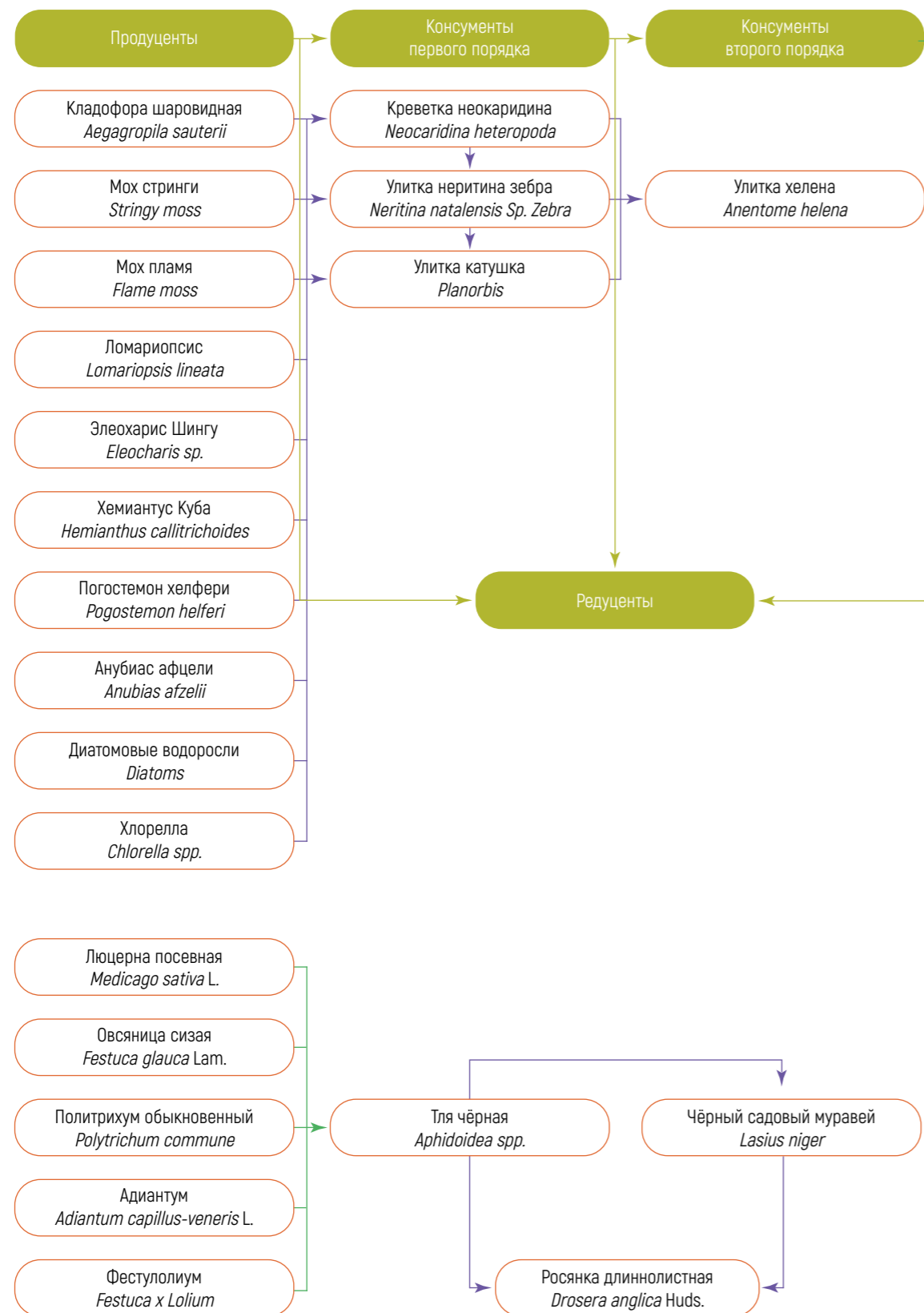


Рисунок 2 – Трофические цепи в установке

Продукты жизнедеятельности водных растений, а именно отмирающие части и органы, постепенно разлагаются. Части этих растений также включены в процесс трофических путей питания водных животных. Отмирающие водные животные (креветки) войдут в пищевую цепь улиток, проживающих в данной системе. Сами улитки при отмирании станут звеном пищевой цепи друг друга и хищной улитки хелены (*Anentome helena*), которая после отмирания также послужит частью пищевой цепи других улиток. Рисунок 2 иллюстрирует все трофические цепи в установке.

Под фальшдном размещается большое количество редуцентов (микроорганизмов) вместе с водорослями. Здесь проходят процессы распада органического вещества до их составляющих, что является отличной питательной базой для растений и водорослей.

Трофические связи суши представлены двумя уровнями консументов. Консумент первого уровня – тля чёрная (*Aphidoidea spp.*); консумент второго уровня – чёрный садовый муравей (*Lasius niger*). Данные животные в естественной среде выработали систему сосуществования. Она заключается в том, что муравьи находятся в симбиотических отношениях с тлей, распространяя её по растению и контролируя численность путём поедания лишней особей. Муравьи заселяются в том числе для контроля роста растительной биомассы.

Для снижения численности тлей и муравьёв также предусмотрено растение росянка английская (*Drosera anglica Huds.*) – насекомоядное, неспособное питаться элементами из почвы. С помощью срабатывающего одиножды листа (ловчего аппарата) растение улавливает насекомых, а впоследствии на протяжении длительного времени потребляет их элементы. Затем лист засыхает и попадает на почву, где войдёт в круговорот веществ почвы.

Трофическая система суши частично связана с водной. Трофический путь включает в себя продуцентов: люцерна посевная (*Medicago sativa L.*), политрихум обыкновенный (*Polytrichum commune*), овсяница сизая (*Festuca glauca Lam.*), фестулолиум (*Festuca x Lolium*) и папоротник адиантум (*Adiantum capillus-veneris L.*). Данные растения выбраны ввиду наилучших показателей интенсивности фотосинтеза (ИФ), низкорослости и водостойкости. Кроме того, фестулолиум и адиантум являются водоочистителями. Конструкция позволяет их корневой массе проникнуть под грунтовый слой фальшдна и извлекать оттуда излишки азота и других питательных элементов. Люцерна выступает как симбиотический организм и связывается с азотофиксирующими бактериями, которые накапливают азот в почве или тканях самого растения.

Описание метода

Для изучения процесса адаптации организмов в замкнутой экосистеме следует выделить несколько критериев – устойчивый рост и развитие популяций.

В результате эксперимента оценивается прирост растительной биомассы всех продуцентов, входящих в трофические цепи замкнутой экосистемы. Фиксируется количество отдельных растений, среднее количество листьев, среднее количество стеблей или ветвистость, а также прирост корней в сантиметрах. У животных (креветка неокаридина, тля чёрная, улитка катушка) определяются численность особей в популяции, её прирост или смертность.

В качестве абиотических факторов изучаются влажность (%), температура (°C), pH. Влажность и температура измеряются гигрометром и термометром, встроенными внутрь экосистемы. Уровень pH проверяется Tetra WaterTest Set, отбор воды происходит с помощью внешней трубки, погружённой в водную среду экосистемы.

Полученные показатели способствуют пониманию этапа развития изолированной экосистемы, установлению момента акклиматизации, а также движения паров воды в системе. Динамика развития популяции позволяет выявить момент завершения адаптации и определить первичную направленность развития симбиоза трофических связей.

Результаты и анализ

После того как создан прототип замкнутой экосистемы и запущены популяции живых организмов, как в водной среде, так и на суше наблюдается процесс адаптации. Об этом свидетельствует ряд показателей: развитие и рост отдельных организмов, а также численности популяции.

Данные таблицы демонстрируют показатель прироста вегетативных органов растений. Увеличение биомассы свидетельствует об адаптации растений, интенсивном потреблении ими минеральных веществ и газов из окружающей среды. Рост листьев указывает на активное поглощение световой волны и протекание фотосинтеза. Как следствие, активизируется дыхание и ускоряется накопление органических веществ внутри растений. Начинается формирование вторичных метаболитов и большого количества энергии в виде аденозинтрифосфата (АТФ). При накоплении АТФ у растений стимулируется рост регенеративных органов – стеблей и корней.

Описываемый процесс активно наблюдается у фестулолиума (межвидовой гибрид) – растение было выведено для пастбищных целей, обладает высоким показателем

Таблица – Показатели роста и развития вегетативных частей растений

Название растений	Количество	Среднее количество листьев		Прирост	Среднее количество стеблей или ветвистость		Прирост	Прирост корней, см	
		Данные на 06.05.2020	Данные на 25.05.2020		Данные на 06.05.2020	Данные на 25.05.2020		Данные на 06.05.2020	Данные на 25.05.2020
Мох стринги <i>Stringy moss</i>	1	30	45	15	20	25	5	-	-
Мох пламя <i>Flame moss</i>	2	30	45	15	20	25	5	-	-
Ломариопсис <i>Lomariopsis lineata</i>	2	60	80	20	15	20	5	-	-
Элеохарис Шингу <i>Eleocharis sp.</i>	2	18	23	5	1	7	6	2	5
Хемиянтус Куба <i>Hemianthus callitricoides</i>	30	40	42	2	50	58	8	-	-
Погостемон хелфери <i>Pogostemon helferi</i>	1	10	12	2	1	2	1	-	-
Анубиас афцели <i>Anubias afzelii</i>	2	44	46	2	3	8	5	-	-
Люцерна посевная <i>Medicago sativa</i> L.	2	21	27	6	1	2	1	-	-
Овсяница сизая <i>Festuca glauca</i> Lam.	15	4	5	2	1	2	1	-	-
Политрихум обыкновенный <i>Polytrichum commune</i>	15	18	20	2	1	2	1	-	-
Адиантум <i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	1	46	55	9	9	11	2	-	-
Фестулолиум <i>Festuca x Lolium</i>	1	18	23	6	1	6	5	15	19
Росянка длиннолистная <i>Drosera anglica</i> Huds.	1	6	9	3	1	2	1	-	-

интенсивности фотосинтеза, а также повышенным накоплением сахаров внутри стеблей.

В данной статье представлены результаты 19-дневного исследования в период 6–25 мая 2020 г. (в это время экосистема находилась в процессе первичной адаптации). На момент публикации наблюдения продолжают.

На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы. Активное развитие растений свидетельствует о правильном образовании устойчивости в замкнутой экосистеме ввиду их чувствительности к световому режиму и климатическим условиям. Наряду с этим они выступают одними из главных организмов, стабилизирующих питательные цепи и газовый баланс экосистемы в целом.

У растений в установке изначально возникает дефицит углекислого газа; при адаптации процессов транспирации (баланса потреблённого газа) наблюдается рост вегетативных органов. По мере акклиматизации и развития численности популяций конкуренция снижается. Единственная существующая конкуренция между всеми популяциями – борьба за углекислый газ между растениями, а также за кислород у креветок, живущих в воде.

Показатели на рисунке 3 иллюстрируют численность животных в исследуемой экосистеме. В период наблюдения количество улиток катушек увеличилось с 6 до 23; тли чёрной – с 30 до 80; креветки неокаридины снизили свою численность с 15 до 6 особей.

В связи с длительной адаптацией водорослей и водных растений из-за активного распада органического вещества 26 мая 2020 г. в воде наблюдался пониженный pH 5,4. В результате окисления органического вещества выделилось большое количество углекислого газа и снизился уровень кислорода. Такое значение pH ускорило

гибель креветок, однако 10 июня 2020 г. pH составил 7,5, что свидетельствовало об адаптации растений и водорослей в водной среде. Это способствовало повышению концентрации кислорода и нейтрализации кислотности и, как следствие, снижению смертности креветок. Для саморегулирования численности креветок неокаридина в качестве источника питания 11 июня 2020 г. был добавлен новый организм – циклоп (*Cyclops sp.*) (существовала вероятность дисбаланса углекислого газа и кислорода, что могло привести к гибели всей популяции креветок). После ввода дополнительного консумента численность креветок перестала уменьшаться и стабилизировалась.

Из полученных данных очевидно, что проходит индивидуальная адаптация организмов, однако для становления трофических связей между собой и адаптации к абиотическим факторам требуется более длительный промежуток времени, чем у отдельно взятых организмов. Поддержание постоянных параметров окружающей среды позволяет ускорить адаптацию популяций [11, 15–17]. Герметизация и изолирование прототипа экосистемы возможны после основной акклиматизации видов. Согласно наблюдениям этот момент реален при устойчивом росте численности видов, активности хищников и балансе газовой среды – поступлении кислорода и углекислого газа и их потреблении всеми организмами замкнутой экосистемы.

Адаптивные процессы популяций свидетельствуют, что процесс идёт правильно. Гибель отдельных особей внутри популяции способствует сокращению нагрузки на нижестоящий трофический уровень, позволяя ему провести свою адаптацию и прирост биомассы. Однако из-за абиотических факторов и резкого снижения ввода отдельных элементов, например органического вещества, может происходить резкое уменьшение или гибель основных звеньев трофической системы вследствие голода.

При построении больших замкнутых систем (большей площади) на первых этапах необходимо вести усиленный контроль поступления и потребления различных неорганических веществ, а также мониторинг количества особей в момент адаптации. По мере сбалансированного роста и установления постоянства численности подобные отслеживания целесообразно прекратить и перейти к общим системам изучения динамики популяции.

В случае гибели значительного количества особей внутри популяции следует изучить в первую очередь все абиотические факторы влияния на организм и лишь затем – биологические. Выявленную причину нужно устранять искусственно – путём добавления или изъятия фактора из экосистемы. При невозможности данного действия стоит провести замену трофических звеньев.

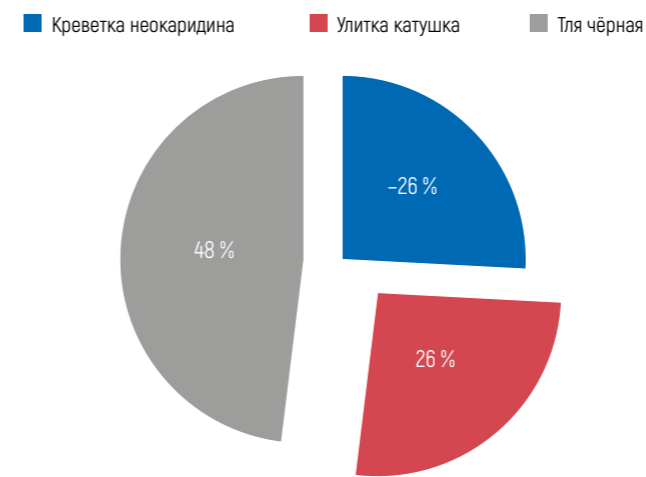


Рисунок 3 – Численность исходного количества животных, %

Выводы и дальнейшие направления исследования

При создании изолированных экосистем требуется прохождение основного процесса – адаптации ограниченного количества живых организмов (как видов, так и особей), взятых из глобальной природной экосистемы – биосферы планеты, содержащей миллионы видов живых организмов со множеством сложных взаимосвязей, в том числе трофических, – и перенесённых в искусственно созданную локальную экосистему. Все организмы попадают из естественной среды обитания в новый несбалансированный биогеоценоз и находятся под воздействием ранее неизвестных экологических условий замкнутой системы.

В ходе исследования удалось проследить становление искусственных трофических связей, взаимодействие между живыми организмами, а также процессы адаптации всей популяции. Скорость адаптации растений к замкнутой среде оказалась лучше, чем у животных, что диагностировалось по активному приросту растительной биомассы. Животные адаптируются хуже вследствие их более высоких требований к условиям окружающего мира. Трофические связи были выстроены правильно, так как в процессе эксперимента не наблюдалось исчезновение каких-либо видов живых организмов; более того, происходило их взаимодействие.

По итогам поставленного эксперимента возникли дополнительные вопросы, которые нуждаются в дальнейшей проработке: рассмотрение условий, приводящих к постоянному балансу газообмена в водной среде в результате жизнедеятельности живых организмов; проведение ряда специальных исследований по изолированию различных трофических систем (с лабораторными замерами показателей движения газа). Следует изучать концентрацию кислорода, углекислого газа, содержание основных элементов в воде и почве для более детального выяснения состояния экосистемы; интенсивность фотосинтеза у растений в замкнутых экосистемах. Для решения данных задач необходимо сконструировать установку закрытой экосистемы, рассчитанную на проживание людей, и производить из неё прямые отборы образцов. Помимо этого, стоит проанализировать сезонность и смену погодных условий в замкнутых экосистемах (это один из главных показателей). Большинство растений тесно связаны с сезонностью и в зависимости от различных климатических условий переходят в ту или иную фазу роста).

На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что процесс адаптации живых организмов в замкнутой экосистеме является обязательным, значит,



и в ЭКД [2] он должен быть поэтапным. Полученные результаты планируется использовать при проектировании ЭКД-Земля – по сути, биосферного питомника для ЭКД на орбите, где адаптация живых организмов будет происходить в течение нескольких лет, что позволит отработать различные задачи и новые возникающие вопросы. Одним из вариантов для адаптации элементов экосистемы ЭКД могут служить созданные на Земле мини-экосистемы, например в капсулах общепланетарного транспортного средства (ОТС) [2], в которых запустят процесс адаптации всех живых составляющих. Затем капсулы доставят на орбиту в ЭКД, где на тот момент будет только почва (её состав сбалансирован ещё при приготовлении на Земле). В дальнейшем эти мини-экосистемы масштабируются в ЭКД, там же пройдут адаптацию высшие растения и животные, уже на Земле начавшие приспосабливаться именно к подобным замкнутым условиям.

В проработке этих и других решений авторы видят следующее направление исследований в данной сфере.

Литература

1. Стадницкий, Г.В. Экология: учебник / Г.В. Стадницкий. – СПб.: Химиздат, 2017. – 288 с.
2. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
3. Миркин, Б. Основы общей экологии / Б. Миркин, Л. Наумова. – Litres, 2017. – 214 с.
4. Салтыков, М.Ю. Зависимость устойчивости моделей замкнутых экосистем от числа видов / М.Ю. Салтыков, С.И. Барцев, Ю.П. Ланкин // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 197–208.
5. Смирнова, О.В. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс / О.В. Смирнова, Н.А. Торопова // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128, № 2. – С. 129–144.
6. Нагаев, С.В. Вероятностная непрерывно-дискретная модель динамики численности изолированной популяции /

С.В. Нагаев [и др.] // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 147–152.

7. Хомутова, Т.Э. Сукцессия микробного сообщества серой лесной почвы при разложении различных органических соединений / Т.Э. Хомутова [и др.] // Почвоведение. – 2019. – № 8. – С. 966–973.
8. Чернышёв, В.Б. Экология насекомых / В.Б. Чернышёв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – С. 304.
9. Дегерменджи, А.Г. Создание искусственных замкнутых экосистем земного и космического назначения / А.Г. Дегерменджи, А.А. Тихомиров // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84, № 3. – С. 233–242.
10. Dong, C. Twin Studies in Chinese Closed Controlled Ecosystem with Humans: The Effect of Elevated CO₂ Disturbance on Gas Exchange Characteristics / C. Dong [et al.] // Ecological Engineering. – 2016. – Vol. 91. – P. 126–130.
11. Панфилова, О.Ф. Экологическая физиология растений как теоретическая основа рационального земледелия / О.Ф. Панфилова, Н.В. Пильщикова // Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях: материалы межд. науч.-практ. конф., Киров, 5–7 дек. 2017 г. – Киров, 2018. – С. 180–184.
12. Кузнецов, В.В. Физиология растений в 2 т. / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Юрайт, 2016. – Т. 2. – 201 с.
13. Ulanowicz, R.E. Mass and Energy Flow in Closed Ecosystems / R.E. Ulanowicz // Journal of Theoretical Biology. – 2010. – Vol. 34, No. 2. – P. 239–253.
14. Дорошенко, Е.А. Влияние влажности на почвенные микцелиальные бактерии / Е.А. Дорошенко [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 45–48.
15. Свистова, И.Д. Микробная сукцессия в чернозёмах заповедника «Стрелецкая степь» под влиянием длительного агрогенного воздействия / И.Д. Свистова, Л.Д. Стахурлова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 1. – С. 40–42.
16. Dubois, S. Origin and Composition of Sediment Organic Matter in a Coastal Semi-Enclosed Ecosystem: An Elemental and Isotopic Study at the Ecosystem Space Scale / S. Dubois [et al.] // Journal of Marine Systems. – 2012. – Vol. 94. – P. 64–73.
17. Mei, W. Adaptation in Plant Genomes: Bigger is Different / W. Mei [et al.] // American Journal of Botany. – 2018. – Vol. 105, No. 1. – P. 16–29.



Роль почвы в циркуляции макро- и микроэлементов между живыми организмами в изолированных замкнутых экосистемах

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Налётов И.В.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

Зяц В.С.

Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»

УДК 631.412



Почва является основным источником макро- и микроэлементов, циркулирующих в замкнутой экосистеме. Все элементы, находящиеся в почве, поступают в растения, откуда дальше без изменений или в результате метаболических превращений передаются на более высокие трофические уровни. В данной статье оценивается роль почвы (с участием растений как промежуточной стадии) в доставке жизненно важных элементов человеку и животным. Предлагается методика осуществления эксперимента на лабораторных животных по изучению передачи элементов на примере селена, йода, меди.

Ключевые слова:

гормоны щитовидной железы, здоровье человека, передача минеральных элементов, почва, содержание минеральных элементов, ферменты, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

На протяжении многих десятилетий почва сельскохозяйственного назначения наряду с механическим воздействием подвергается обработке различными химическими веществами – удобрениями, пестицидами (гербицидами, инсектицидами, фунгицидами и др.) [1]. Подобное интенсивное земледелие приводит к эрозии почвы и разрушению её структуры, обеднению состава аэробных и анаэробных микроорганизмов, уничтожению животных (к примеру, дождевых червей), а также к накоплению различных токсических веществ [2, 3]. В отдельных случаях наблюдается переизбыток микроэлементов. Так, оптимальное содержание железа в почве – до 3,8 % [4]; повышение его процентного соотношения вызывает закисление почвы (понижение pH), в результате чего растения прекращают рост и развитие.

Согласно исследованиям продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (FAO) [5] и учениям В.И. Вернадского [6] почва как объект биосистемы является основным источником питательных элементов для растений, а также системой для снижения патогенной нагрузки. В почве имеется значительный объём различных минеральных веществ; среди них есть распространённые в большом количестве во всех организмах (макро- и микроэлементы) и в меньшем (наноэлементы). Кроме того, в почве присутствуют органические вещества, которые питают микроорганизмы.

Соединения химических элементов – органические и неорганические, содержащиеся в почве, – попадают в растения, после чего связываются в паренхиме с органическими веществами. В результате такого процесса накапливаются активные соединения, а также энергия внутри растений, а их переход по трофической цепи животным или человеку происходит в виде связей элементов с органическим веществом или самостоятельно [7]. В конечном итоге из поступивших элементов осуществляется синтез новых, более сложных компонентов структур тканей и органов человека и животных. Информация о циркулировании элементов позволит подобрать идеальный состав почвы для создания почвенного режима в замкнутой экосистеме ЭкоКосмоДома (ЭКД) – варианта космического поселения на орбите Земли [8].

Целью данного исследования является разработка методики определения передачи селена, йода и меди из почвы через растения животным. Для этого необходим теоретический анализ по установлению оптимального органо-минерального состава почвы для производства растительной пищи; требуется изучение влияния растений

как промежуточного звена в передаче жизненно важных элементов человеку и животным.

Циркуляция веществ между трофическими уровнями

Основные свойства почвы, определяющие плодородие, зависят от её химического состава, который в свою очередь напрямую связан с минералогическим [4]. Элементы, входящие в состав почвы, служат питанием для растений. В целом выделяют два способа питания: автотрофное и гетеротрофное. Гетеротрофное питание возникает только раз в жизни – в момент прорастания семян (зародыш использует биополимеры из эндосперма при помощи ферментов) [9].

Автотрофный тип присущ всем этапам жизни растения и заключается в процессе фотосинтеза. Зелёным насаждениям наряду с фотосинтезом нужно получить через корни макро- и микроэлементы, входящие в состав почвы [10].

При формировании первичных и вторичных тканей у растений усиленно расходуются минеральные элементы из почвы, а при их функционировании потребление заметно уменьшается. Важную роль в объёме минерального питания также играют особенности приспособления организмов к внешним факторам [9].

Известны наиболее приемлемые составы минеральных сред для роста и развития клеток и тканей растения. Широкое применение для питания клетки и культивирования изолированных тканей получил метод *in vitro* на питательной среде Мурасиге и Скуга [11], являющейся базовой



для ряда растительных культур. Решение разрабатывалось исходя из особенностей корневого питания: именно таким образом задействуется значительное количество минеральных элементов, входящих в основу почвообразующих пород. Растворённые в воде минеральные соли поступают через ризосферу корней в толще корневой массы, двигаясь по направлению к центру корня, где располагается ксилема и проводящие пучки. По ксилеме вода с минеральными солями движется к листовой пластине или другим вегетативным и генеративным органам [12].

Минеральные соли, попав в листья, расходятся по межклетникам к клеткам растений и через полупроницаемую мембрану поступают в клетку. В клетке растений реализуется очень много физиологических процессов под действием ферментов и белков [12]. Поступающие растворённые соли разрушаются внутри клетки и встраиваются в органическое соединение. Макро- и микроэлементы запасаются в пластидах клетки (лейкопластах) или участвуют в биохимическом процессе клетки. В связи с этими процессами потребление макро- и микроэлементов осуществляется постепенно и равномерно [11]. Многие макроэлементы в соединениях растений могут быть вредными для человека, например соединения нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-). Для растительного мира они безвредны и зачастую используются как элемент азотного питания. Поступление этих элементов происходит как из минеральных удобрений, так и из органического вещества [12].

На данный момент известно большое количество оптимальных по составу почв для выращивания растений [13]. Из них следует выделить чернозём, обладающий богатым

составом макро- и микроэлементов в хелатной форме, а также значительным числом микроорганизмов [14]. Хелатная форма способствует наилучшему усвоению элементов растениями [15].

Жизнедеятельность почвенных организмов (червей, насекомых, бактерий и грибов) приводит к накоплению в почве органической массы – гумуса. Основными элементами гумуса являются гумины и гуматы. Эта группа веществ оказывает прямое воздействие на рост растений. Кроме того, гумус содержит различные биополимеры, которые попали в почву с растительными или животными остатками, а также в результате жизнедеятельности организмов. Почвенные редуценты разрушают биополимеры путём питания и тем самым создают питательную базу для растений [16] – высокоорганизованных организмов, имеющих тесные симбиотические связи с грибами, а в некоторых случаях и с бактериями [17].

Таким образом, состав почвы напрямую влияет на рост и развитие растений. Они в свою очередь воздействуют на организмы, для которых служат питательной базой. Можно проследить движение всех элементов от почвы до человека. В настоящей статье рассматриваются входящие в состав живых организмов селен, йод и медь. Их дефицит, встречающийся повсеместно, вызывает серьёзные заболевания у человека и животных [18–20]. Вместе с тем данные элементы нужны для роста и развития растений [21–24]. Ранее не изучалась передача селена, йода и меди через растения.

Человеческому организму селен необходим для нормального функционирования эндокринной, иммунной, репродуктивной, сердечно-сосудистой и нервной систем [18]. Более 40 заболеваний вызваны дефицитом этого элемента. Он играет значимую роль в работе щитовидной железы: входит в состав фермента (йодтирониндейодиназы), который способствует переходу тироксина в активную форму – трийодтиронин; функционально связан с витамином Е. Более того, составляет важную часть ферментов обезвреживания активных форм кислорода – глутатионпероксидазы. Ежедневная потребность человека в селене: для мужчин – 75 мкг, для женщин – 60 мкг [18].

У растений селен входит в состав антиоксидантных ферментов (каталаза, пероксидаз). Основная функция антиоксидантной системы – ингибирование процессов окисления, что защищает организм от избыточного действия свободных радикалов, которые активно образуются при стрессе [21]. Селен также оказывает влияние на общую протеазную активность, в том числе на биохимический статус растений в целом. Существенную роль данный элемент играет в процессе роста и развития семян [22].

Йод – составная часть тиреоидных гормонов (тироксина и трийодтиронина) и, следовательно, избирательно накапливается в щитовидной железе. Эти гормоны регулируют скорость обмена веществ в организме, координируют работу всех органов и систем [19]. Ежедневная потребность взрослого человека в йоде – 150 мкг, максимально допустимая доза – 300 мкг. В период беременности и лактации норма 175–200 мкг [19].

Для высших растений йод не самый первостепенный элемент, но при его достаточном количестве стимулируется рост корней, улучшается углеводный обмен, повышается синтез аскорбиновой кислоты, а у водных растений увеличивается образование свободных аминокислот [23].

Медь, как и селен, входит в комплекс активных и аллостерических центров многих ферментов. Одним из таких металлоферментов является цитохромоксидаза – заключительный фермент в дыхательной цепи митохондрий. Молекула включает два гема (внутри которых содержатся атомы железа), два атома меди, а также 20–30-процентный липидный компонент. Основная функция – восстановление O_2 до H_2O . Помимо этого, медь требуется для введения железа в состав гемоглобина (отвечает за газообмен в органах и тканях). Она участвует в переводе аминокислоты тирозин в доступную для использования форму, которая необходима как фактор пигментации волос и кожи. После усвоения кишечником медь транспортируется в печень. Данный элемент принимает участие в процессе роста и размножения, образовании коллагена и эластина, синтезе эндорфинов [20]. Ежедневная потребность человека в меди – 700 мкг [20].

У растений медь включается в состав окислительно-восстановительных ферментов. Входит в структуру энзимов,

участвующих в фотосинтезе, и ускоряет его; способствует образованию хлорофилла. При достаточном поступлении меди в растения повышается их устойчивость к бактериальным и грибковым заболеваниям [24].

При изучении литературы по настоящей проблематике обнаружено, что имеются данные об отдельной передаче или накоплении веществ из почвы в растениях [7], а также передаче энергии по трофической цепи [11, 12]. Однако отсутствуют материалы об экспериментах по улучшению здоровья животных и содержанию у них активных соединений при изменении состава почвы, на которой выращиваются продукты питания.

Описание эксперимента и методология исследования

Использование почвы как главного источника питательных элементов для растений является основой для здоровья человека и животных в условиях ЭкоКосмоДома [8]. Значит, в ЭКД следует в обязательном порядке применять почву, которая сможет обеспечить проживающих на орбите всеми необходимыми элементами.

Почва имеет определённый органоминеральный состав, полностью отвечающий за минеральное питание растений согласно таблице [1]. Дополнительно нужно предусмотреть поступление азотных элементов в комплексе органических веществ. Азот, фосфор, калий позволят протекать основному синтезу органических веществ, который увеличит биомассу растений и накопит внутри полезные минеральные вещества – селен, йод, медь.

Исследования будут проводиться на лабораторных животных – крысах.

Таблица – Оптимальный органоминеральный состав почвы для культивирования растений [1]

Показатель	Количество
Подвижный фосфор P_2O_5 , млн ⁻¹	250–150
Обменный калий K_2O , млн ⁻¹	250–170
Нитратный азот NO_3^- , млн ⁻¹	20
Аммонийный азот NH_3^+ , NH_4^+ , млн ⁻¹	40
Содержание гумуса [C орг*1,724], % от массы почвы	6–10
pH	6,5–7
Селен, мг/кг почвы [20]	160
Йод, мг/кг почвы [20]	5
Медь, мг/кг почвы [20]	10



В качестве объекта исследования выступит объединение почвы с определённым составом микроэлементов: гороха посевного (*Pisum sativum* L.), фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.), льна долгунца (*Linum usitatissimum* L.), расторопши пятнистой (*Silybum marianum* L.), пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.), ржи посевной (*Secale cereale* L.), овса посевного (*Avena sativa* L.), гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench), чечевицы пищевой (*Lens culinaris* Medikus), подсолнечника обыкновенного (*Helianthus annuus* L.), свёклы обыкновенной (*Beta vulgaris* L.), тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima* Duchesne).

Анализ содержания макро- и микроэлементов в почве планируется провести согласно предложенному методу Пейве и Ринькинса [25–27].

Растения должны быть пророщены до стадии трёх настоящих листьев и изучены на содержание исследуемых элементов. По завершении процесса сбора и анализа проб партия микроэлементов, которая не будет использоваться в данный момент, подвергнется шоковой заморозке (–50 °C) и будет храниться при температурах не выше –10 °C.

После того как станут известны результаты биохимического состава, растительную биомассу можно направить на корм подопытным грызунам.

У животных будет изучаться количество активных веществ и элементов, содержащих селен (глутатионпероксидаза), йод (тироксин, трийодтиронин) и медь (цитохромоксидаза).

Экспериментально у крыс активность глутатионпероксидазы фиксируется в лизатах эритроцитов согласно методу Моина [28]. Содержание селена в исследуемых образцах определяется флуориметрически с применением специфического реагента, чувствительного на селен, – 2,3-диаминонафталина [29].

Объём тироксина и трийодтиронина вычисляется посредством иммуноферментного анализа (ИФА) [30].

Для определения цитохромоксидазы в скелетной мускулатуре лабораторных животных используется метод выявления реактивом НАДИ (соединение α -нафтола и диметилпарафенилендиамина) [31].

Выводы и дальнейшие направления исследования

Основываясь на научно-теоретической базе, выявлен оптимальный (с точки зрения органоминеральных компонентов) состав почвы. Исходя из полученных показателей будут созданы почвосмеси и осуществлены дополнительные эксперименты.

В результате теоретической проработки определена возможность исследования меди, селена и йода на их способность передаваться от одного трофического уровня другому. Изученные материалы позволяют поставить эксперимент с целью детальной практической оценки данных о качественном воздействии почвы на передачу минеральных элементов растениям, а через них – животным.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов на лабораторных животных (крысах) и проверка теоретической базы. В итоге будет установлено содержание селена, йода и меди в анализируемом образце почвы, обозначена их количественная передача растениям и далее животным. У животных предполагается качественное использование элементов путём их включения в молекулы ферментов и гормонов. Согласно полученной в ходе исследований информации удастся сделать выводы о передаче элементов из почвы через растения живым организмам, возможности регулирования гормонального фона щитовидной железы, а также о работе антиоксидантной ферментативной системы.

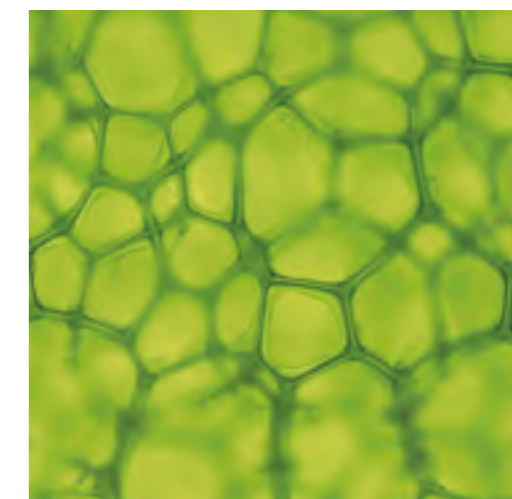
Литература

1. Малюкова, Л.С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций / Л.С. Малюкова [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 2. – С. 75–84.
2. Авагян, А.С. Ущерб, причиняемый эрозией почв / А.С. Авагян // *Теоретические и практические аспекты формирования и развития «новой науки»: материалы конф.*, Калуга, 14 февр. 2020 г. – Уфа: *Омега сайнс*, 2020. – С. 42–44.
3. Шапиро, В.А. Хомобионика как основа свободной и независимой жизни / В.А. Шапиро. – М.: *Делли плюс*, 2013. – 43 с.
4. Виноградов, А.П. О происхождении вещества земной коры / А.П. Виноградов // *Геохимия*. – 1991. – № 1. – С. 3–29.
5. *Besoin énergétique et besoins en protéines: rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS/ONU*. – Genève: *Organisation mondiale de la Santé*, 2011. – 226 p.
6. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – М.: *Наука*, 1978. – 358 с.
7. Битюцкий, Н.П. Минеральное питание растений: учебник / Н.П. Битюцкий. – *Litres*, 2017. – 549 с.
8. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – *Силакросс: ПНБ принт*, 2019. – 576 с.: ил.

9. Акиншина, Н.Г. Новые возможности в оценке состояния растений / Н.Г. Акиншина [и др.] // *Сибирский экологический журнал*. – 2010. – Т. 2. – С. 249–254.
10. Попов, А.И. Научное обоснование биологической коррекции продуктивности сельскохозяйственных культур / А.И. Попов, Н.М. Ковалёва // *Научные труды по агрономии*. – 2019. – № 2. – С. 37–45.
11. Trigiano, R.N. *Plant Tissue Culture, Development and Biotechnology*. – Boca Raton: *CRC Press*, 2010. – 186 p.
12. Кузнецов, В.В. *Физиология растений* / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: *Абрис*, 2012. – 783 с.
13. Shackley, S. *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice* / S. Shackley [et al.]. – *Routledge*, 2016. – 324 p.
14. Кравченко, Ю.С. Российский чернозём: генезис, распределение и управления / Ю.С. Кравченко // *Научные труды SWorld*. – 2015. – Т. 23, № 1. – С. 23–26.
15. Pakhomova, V.M. *Chelated Micronutrient Fertilizers as Effective Antioxidants Applied for Foliar Plant Treatment* / V.M. Pakhomova, A.I. Daminova // *BIO Web of Conferences*. – *EDP Sciences*, 2020. – Vol. 17. – P. 1–4.
16. Мохов, Д.Р. Роль деструкторов в биотическом круговороте веществ / Д.Р. Мохов // *В мире научных открытий: материалы III междунар. студ. науч. конф.*, Ульяновск, 22–23 мая 2019 г. – Ульяновск: *УлГАУ*, 2019. – Т. V. – С. 27–29.
17. Chandrasekaran, M. *Mycorrhizal Symbiotic Efficiency on C₃ and C₄ Plants under Salinity Stress – A Meta-Analysis* / M. Chandrasekaran [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–13.
18. Решетник, Л.А. Биогеохимическое и клиническое значение селена для здоровья человека / Л.А. Решетник, Е.О. Парфенова // *Микроэлементы в медицине*. – 2001. – Т. 2, № 2. – С. 2–8.
19. Хинталь, Т.В. Дефицит йода и йоддефицитные заболевания: актуальность проблемы профилактики и лечения / Т.В. Хинталь // *Terra Medica Nova*. – 2010. – Т. 1. – С. 25–28.
20. Зорин, С.Н. Получение и физико-химическая характеристика комплексов эссенциальных микроэлементов (цинк, медь, марганец, хром) с ферментативными гидролизатами пищевых белков / С.Н. Зорин // *Микроэлементы в медицине*. – 2007. – Т. 8, № 1. – С. 53–55.
21. Gupta, M. *An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants* / M. Gupta, S. Gupta // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 7. – P. 1–14.
22. Вихрева, В.А. Селен в жизни растений / В.А. Вихрева [и др.]. – Пенза: *РИО ПГСХА*, 2012. – 222 с.

23. Halka, M. *Organic Iodine Supply Affects Tomato Plants Differently than Inorganic Iodine* / M. Halka [et al.] // *Physiologia Plantarum*. – 2018. – Vol. 164, No. 3. – P. 290–306.
24. Churilova, V.V. *Influence of Biodrugs with Nanoparticles of Ferrum, Cobalt and Cuprum on Growth, Development, Yield and Phytohormone Status of Fodder and Red Beets* / V.V. Churilova // *Nano Hybrids and Composites*. – 2017. – Vol. 13. – P. 149–155.
25. Кидин, В.В. *Агрохимия* / В.В. Кидин. – М.: *Проспект*, 2015. – 338 с.
26. Дышко, В.Н. *Методики агрохимических исследований почв и растений: учеб.-практ. пособие* / В.Н. Дышко [и др.]. – Смоленск: *Смоленская ГСХА*, 2014. – 197 с.
27. *Корма растительные. Методы определения меди: ГОСТ 27995-88*. – Введ. 01.01.1990. – М.: *Госстандарт России: Изд-во стандартов*, 1990. – 16 с.

28. Моин, В.М. Простой специфический метод определения активности глутатионпероксидазы в эритроцитах / В.М. Моин // *Лабораторное дело*. – 1986. – № 12. – С. 724–727.
29. Назаренко, И.И. Флуориметрическое определение селена 2,3-диаминонафталином в биологических материалах / И.И. Назаренко [и др.] // *Журнал аналитической химии*. – 1975. – № 4. – С. 733–738.
30. Кресова, И.А. Иммуноферментный анализ свободного тироксина и тиреотропного гормона в сыворотке крови человека в норме и при разных патологиях / И.А. Кресова, В.В. Заякин // *Учёные записки Брянского государственного университета*. – 2018. – № 4. – С. 48–51.
31. Кривенцев, Ю.А. *Биохимия: строение и роль белков гемоглобинового профиля* / Ю.А. Кривенцев, Д.М. Никулина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: *Юрайт*, 2019. – 75 с.





Разработка состава почвогрунта для замкнутой экосистемы в космическом пространстве

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Костеневич А.А.

Беларусь, г. Минск,
кандидат биологических наук,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

Парфенчик М.М.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

Бойко Е.Г.

Беларусь, г. Минск,
управление перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

УДК 57.084.1:631.42



Разработка «космического» почвогрунта обусловлена необходимостью его использования в ЭкоКосмоДоме (ЭКД) многометровым слоем для защиты от метеоритов и в то же время для снижения общей массы плодородного пласта, что удешевит его доставку на орбиту. Предложены варианты почвогрунта, обладающие повышенной ударной вязкостью и уменьшенным весом по сравнению с обычной почвой. Запланированы эксперименты по изучению влияния созданного почвогрунта на растения. Обоснована возможность включения в состав почвогрунта, предназначенного для применения в ЭКД, недорогих и экологичных материалов.

Ключевые слова:

замкнутая экосистема, «космический» грунт, почва, почвогрунт, разрыхлители почв, ЭкоКосмоДом (ЭКД), экологичность.





Введение

В жилом космическом кластере «ЭкоКосмоДом» (ЭКД) запланировано создание условий, комфортных для проживания людей, а также в целях моделирования соответствующих параметров замкнутой биосферной среды для устойчивого симбиоза представителей флоры и фауны, в том числе микрофлоры и микрофауны. Жизненно необходимый критерий – образование кислорода в замкнутой экосистеме ЭКД посредством растений [1]. Для благоприятной активности растительным организмам требуются оптимальные режимы температуры, влажности, но самое главное – наличие живой плодородной почвы. Помимо питательной функции она является местом обитания тысяч видов микроорганизмов, мелких почвенных животных и грибов, без которых немислимо существование представителей флоры.

Известно, что основное органическое вещество почвы, т. е. самый плодородный её слой, – это гумус, содержащий гуминовые вещества, обязательные для развития и роста растений [2]. Данные, опубликованные в литературе, подтверждают возможность замены неплодородной части почвы на более лёгкие материалы (перлит [3–6], керамзит [7], пемза и др.), в то время как функцию плодородного компонента будет выполнять почвогрунт UniTerra, имеющий в составе гуминовые вещества и полезные почвенные микроорганизмы [3, 8].

Задача, которую призвано решить настоящее исследование, заключается в создании «космического» почвогрунта, в отличие от обычной почвы обладающего рядом преимуществ:

- сниженный суммарный вес;
- повышенное водопоглощение и исключительная ударопрочность;
- низкая стоимость;
- увеличение питательной ценности для эффективного роста и развития растений;
- содержание необходимого для жизни полного набора ультра-, микро- и макроэлементов.

В настоящей статье рассмотрены вопросы строения плодородной почвы, возможности создания «космического» грунта на основе минеральных компонентов (перлита, керамзита) и почвогрунта UniTerra, пригодного для роста и развития растений. Кроме того, описан эксперимент, касающийся изучения влияния «космического» почвогрунта на жизнь растительных культур, и предположены его вероятные результаты. В заключительной части подведены итоги проделанной работы, обозначены её дальнейшие перспективы.

Подбор компонентов «космического» почвогрунта

С точки зрения науки в почве выделяют минеральную и органическую части. Минеральный компонент образован в результате процессов выветривания горных пород и накопления обломков различной величины, механически перемешанных под действием силы тяжести, ветра и воды. Он составляет 80–90 % массы почвы, за исключением органических почв, в которых его доля может уменьшаться до 10–15 % [9].

Авторами данной статьи на основании публикаций [3–5, 7] предложено минеральную часть, т. е. 80–90 % от почвенной массы, заменить на более лёгкие минералы, позволяющие сформировать нужную структуру субстрата (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, в качестве альтернативной замены минеральной части почвы рассматриваются только природные и экологические чистые минералы (перлит, вермикулит, керамзит, дроблёная кора и кокосовый субстрат), имеющие в составе элементы практически всей таблицы Менделеева. Помимо критерия экологичности используемых материалов учитываются следующие их параметры: размер фракций, плотность, водопоглощение, стоимость и, что наиболее значимо, содержание минеральных веществ, требуемых для жизнедеятельности представителей флоры, растущих на этой почве.

Размер фракций важен для возникновения необходимой структуры почвы: очень мелкая фракция (менее 1 мм) образует пыль и грязь, а при насыпании толстым слоем она будет иметь немалый вес. В то же время применение

Таблица 1 – Характеристика заменителей минеральной части почвы [10–13]

Название вспененного минерала	Описание	pH	Размер фракции, мм	Ориентировочная стоимость, USD/м³*	Насыпная плотность, кг/м³	Водопоглощение, %
Перлит (агроперлит)	Вспученный продукт измельчения и термической обработки вулканической породы	7–7,5	1,5–5	37,6	65–232	100–1000
Вермикулит	Вспученный слоистый минерал	6,8–7	2–4	100,4	65–130	400–530
Керамзит	Формованная и вспененная обожжённая глина	7	1–4	96,2	350 (в зависимости от фракционного состава. Размер гранул: 20–40 мм)	15–25
Дроблёная кора	Дроблёная кора хвойных пород деревьев	< 7	0–10 10–30	33,5 54,4	100–600 (в зависимости от фракционного состава и породы древесины)	140–200 (в зависимости от фракционного состава и породы древесины)
Дроблёная пемза	Вулканическая порода	7–8	1–3 5–8 15–25 30–50	719	450–750	11–17
Кокосовый субстрат	Измельчённая и спрессованная оболочка кокоса	5,8–6,5	Брикеты, маты различной формы	418	330	700–900

* Стоимость материалов приведена исключительно в ознакомительных целях и будет в значительной степени зависеть от поставщика и объёмов поставки.

больших фракций (20–50 мм) ограничено тем, что сквозь подобные крупные минеральные фрагменты мелкодисперсный органический слой почвы промоется при поливе.

Такая характеристика материала, как плотность, позволяет рассчитать его вес в определённом размере. Установлено, что численное значение указанного параметра обычных плодородных почв в зависимости от их вида находится в диапазоне 1100–1700 кг/м³ [9]. В то же время плотность перлита равна всего 65–232 кг/м³. Значит, при замене минерального слоя почвы высотой 1 м с плотностью 1500 кг/м³ на слой, содержащий 90 % перлита, её вес снизится в 4,2–7,2 раза.

Из [1] известно, что ориентировочная масса плодородной почвы, которая понадобится в ЭКД на 5000 человек, составит 200 000 тонн. Следовательно, за счёт снижения объёмного веса можно получить существенную экономию при доставке компонентов почвы с планеты на орбиту.

Водопоглощение (способность вещества впитывать и удерживать в порах и капиллярах воду) – важный параметр при разработке «космического» грунта. Чем выше данная величина у материала, тем больше он сможет связать воды и дольше удерживать её в своей структуре. Благодаря этому свойству будет происходить постепенное выделение воды, которая пойдёт на потребление растениями, что в свою очередь позволит уменьшить кратность поливов. По обозначенному критерию лидирует перлит, способный в зависимости от размера фракции удерживать 100–1000 % воды от массы собственного сухого веса.

Наименьшую стоимость из рассмотренных в таблице 1 материалов имеет перлит, что является ещё одним преимуществом для его использования в составе «космического» грунта в ЭКД.



В научных публикациях, посвящённых применению перлита в сельском хозяйстве [4, 5], описаны следующие его положительные качества:

- позволяет решить проблему полива растений в засушливых районах;
- делает почву рыхлой и воздухопроницаемой;
- играет каталитическую роль в окислительных процессах, происходящих в почве;
- помогает снизить кислотность почвы;
- при остаточном разложении не выделяет побочных продуктов, загрязняющих окружающую сферу [6].

Специалистами [7] изучена возможность применения керамзита (3–5 мм) в качестве субстрата для выращивания томатов в открытом грунте. При этом почва не требовалась. Подкормка растений осуществлялась питательными растворами в разных дозах и с определёнными составами.

Установлено, что основными соединениями субстратов из керамзита, как и минеральной части почвы, являются оксиды кремния – 55,3 %, алюминия – 16,9 % и железа – 10,5 %. Кроме того, в керамзите, подобно перлиту, в микродозах имеются практически все химические элементы таблицы Менделеева, которые могут «добывать» микроорганизмы и питать ими растения. Суммарное содержание оксидов кремния и железа за пятилетний период использования этих корнеобитаемых сред уменьшилось примерно на 2 %. Валовое содержание оксидов алюминия за указанный срок, напротив, возросло с 16,9 % до 18,4 %. Подобные изменения обусловлены постепенным разрушением структуры субстратов [7]. Полученные показатели позволяют заключить, что применение керамзита в составе почвогрунта возможно без его замены в течение всего срока эксплуатации ЭКД.

Таким образом, авторами в качестве альтернативы минеральной составляющей почвы предлагается брать перлит, керамзит и их смесь (размер фракций до 1–4 мм), однако не прибегать к приёмам гидропоники.

Органическая часть почвы образована мёртвыми остатками растений (их наземных и подземных частей), микроорганизмов и представителей животного микромира в разных стадиях разложения и гумификации, а также гуминовыми кислотами и их солями [4]. Вместо органического профиля рекомендуется почвогрунт UniTerra, созданный на основе переработки бурого угля. Кроме того, он содержит гуминовые вещества и почвенные микроорганизмы. Все перечисленные компоненты являются обязательным условием для организации высокоплодородной почвы [3, 8].



Описание планируемого эксперимента

Цель планируемого эксперимента – исследовать влияние разрабатываемого «космического» почвогрунта на рост и развитие растений. Задачи, которые ставят перед собой авторы статьи:

- произвести подбор лёгких минеральных компонентов почвы;
- подобрать растения для посадки на «космическом» грунте;
- изучить воздействие «космического» грунта на рост и развитие растений.

В качестве минеральной части почвы предполагается использовать перлит, керамзит и их смесь. Вносимые

компоненты должны минимизировать вес грунта, но вместе с тем увеличивать его ударопрочность, снижать стоимость, быть экологичными и содержать необходимый набор микроэлементов. Органический сегмент заменит почвогрунт UniTerra.

Предложено конструирование трёх высоких гряд, внутренний размер каждой составляет 1500 × 700 × 1000 мм (высота × ширина × длина), объём – 1,05 м³. Над грядами разместится искусственное освещение, требуемое для развития растений; полив будет осуществляться вручную.

Лекарственные и плодовые растения, предложенные для высадки в высокие гряды, приведены в таблице 2.

Выбор растений проходил согласно следующим критериям: наличие круглогодичного вегетационного периода

Таблица 2 – Условия роста и развития предлагаемых растений

Растение	Температура, °С	Влажность, %	Вегетационный период
Мелисса	18–22	50	Круглогодично
Лаванда	18–22	50	Круглогодично
Мята	20–25	50	Круглогодично
Тимьян	20–25	50	Круглогодично
Алоэ	20–25	40–60	Круглогодично
Каланхоэ	20–25	40–60	Круглогодично
Лимон	18–25, минимум 6 ч солнечного света	50	Весна – осень
Мандарин	16–30	60	Весна – осень
Кумкват	25–30	60	Весна – осень
Перец многолетний	20–25	60	Весна – осень
Грейпфрут	20–27	50–60	Весна – осень

или способности к плодоношению; температурный режим в диапазоне 20–25 °С; влажность 40–60 %; плоды, листья и корнеплоды растений являются съедобными (деревья, кустарники, овощи и др.) или можно использовать их части для заваривания травяного чая (лекарственные растения).

Яблони, груши, сливы и другие плодовые культуры подвержены сезонным изменениям, что выражается в сбрасывании листвы и переходе в период покоя, поэтому в эксперименте они не участвовали. В качестве альтернативы выбраны комнатные цитрусовые представители, которые хотя и имеют сезонность цветения, но не сбрасывают листву и круглый год остаются зелёными. Данная особенность считается важным психологическим фактором для релаксации человека, находящегося в замкнутом пространстве ЭКД [14, 15].

Размещение растений на высоких грядах определяется исходя из размера кроны, а также толщины стволика

у корневой шейки. Например, для лимона с кроной диаметром 40 см посадочное место должно быть такого же размера. Следовательно, на гряде можно высадить в один уровень два цитрусовых дерева и дополнительно под ними – лекарственное растение. Учитывая необходимость экономии площади в ЭКД, возможна высадка мини-деревьев в два яруса (таблица 3).

В ходе эксперимента важно фиксировать следующие условия: температуру, влажность, освещённость, дополнительный полив.

Полученные результаты будут полезны для организации в ЭКД гряд, на которых планируется выращивать различные растения (в том числе плодовые) с применением разработанного «космического» почвогрунта.

Для предварительной экспериментальной проверки возможности задействования «космического» грунта в качестве субстрата для роста и развития представителей флоры поставлен следующий опыт (рисунки 1а, 1б).

Таблица 3 – Подбор растений для высадки на высоких грядах

Номер гряды	Состав грунта	Растения
1	Перлит + почвогрунт UniTerra	<p>Деревья*:</p> <p>1-й ряд – мандарин; 1-й ряд – кумкват; 2-й ряд (более высокий) – лимон; 2-й ряд – лайм.</p> <p>Травы**:</p> <p>камнеломка</p>
2	Керамзит + почвогрунт UniTerra	<p>Деревья:</p> <p>1-й ряд – каламондин; 1-й ряд – лимон Мейера; 2-й ряд – бергамот; 2-й ряд – цитрон.</p> <p>Травы:</p> <p>ягель (олений лишайник) или тимьян ползучий</p>
3	Керамзит + перлит + почвогрунт UniTerra	<p>Деревья:</p> <p>1-й ряд – цитрофортунелла; 1-й ряд – мандарин японский; 2-й ряд – лимонелла; 2-й ряд – грейпфрут.</p> <p>Травы:</p> <p>микромята</p>

* При посадке двух деревьев на гряде предлагается выбрать из четырёх растений.

** Предложенные травы являются почвопокровными (до 15 см) и обладают лекарственными свойствами.

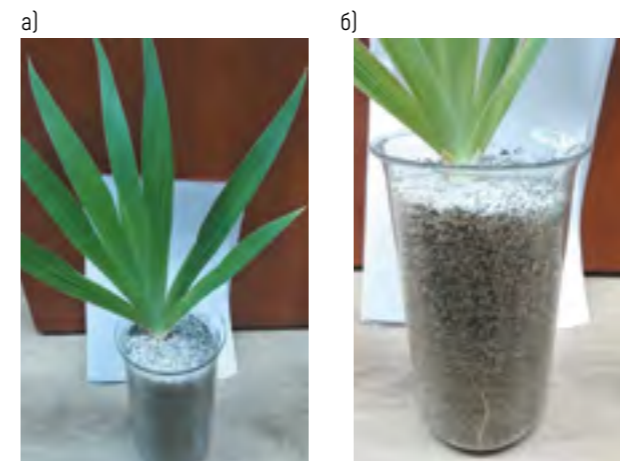


Рисунок 1 – Рост растения на «космическом» грунте: а – общий вид; б – крупный план

Был приготовлен «космический» грунт, состоящий из 97,5 % перлита и всего 2,5 % UniTerra (рисунок 1а). Даже при таком небольшом содержании органического компонента почвы неприхотливое растение прижилось. Тем не менее на рисунке 1б видно, что корневые волоски растительной культуры достигли дна ёмкости. Вероятно, данный факт обусловлен миграцией органической части грунта вниз из-за его промывания водой.

Именно поэтому для изучения процесса промывания органической части грунта приготовлены ещё два варианта «космического» грунта, имеющие 10 % (рисунки 2а, 2б) и 20 % (рисунки 2в, 2г) UniTerra. Наименьшее вымывание органической части грунта наблюдается при 20 % концентрации UniTerra, промежуточное положение занимает 10 % UniTerra. Следует отметить, что немаловажным преимуществом

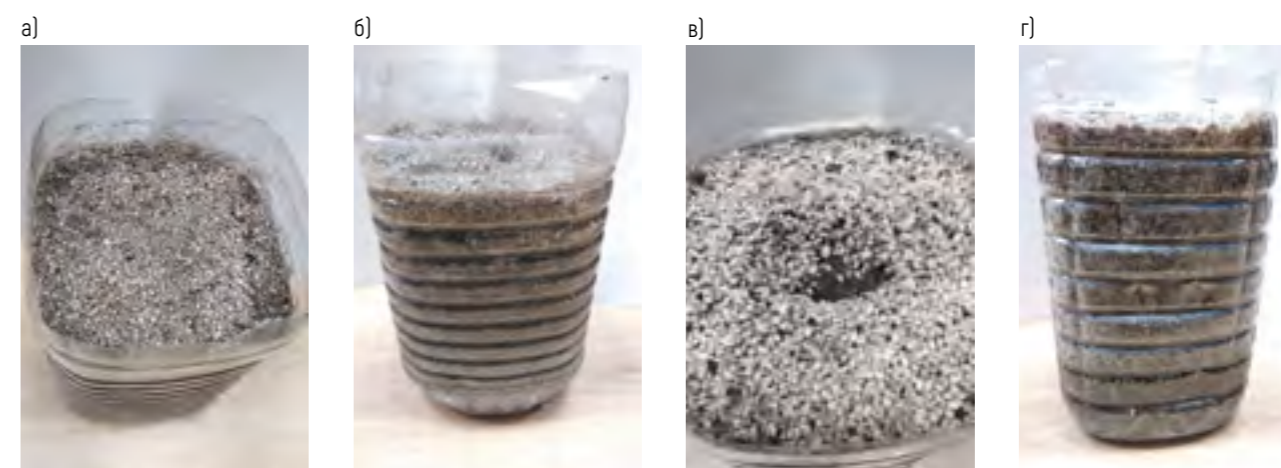


Рисунок 2 – Варианты «космического» грунта с различной концентрацией минеральной части и UniTerra: а, б – 10 % UniTerra; в, г – 20 % UniTerra

использования 10 % UniTerra является снижение общего веса почвогрунта по сравнению с содержанием UniTerra в количестве 20 %.

На основании предварительного эксперимента произведён расчёт необходимых материалов для различных вариантов состава «космического» грунта с учётом того факта, что почвогрунт UniTerra занимает объём пор между минеральными компонентами. Результаты вычислений представлены в таблице 4.

По данным расчётам будут приготовлены «космические» грунты для изучения их влияния на рост и развитие растений (таблицы 2, 3).



Таблица 4 – Количественная характеристика компонентов «космического» почвогрунта

Номер гряды (варианты)	Вид минеральной части	Плотность минеральной части, кг/м ³	Массовый процент минеральной части, %	Масса минеральной части, кг	Объёмный процент UniTerra, %	Масса UniTerra, кг	Общая масса «космического» почвогрунта на одну высокую грядку, кг
1	Перлит	65	90	68,3	10	105	173,3
1	Перлит	149	90	156,5	10	105	261,5
1	Перлит	232	90	243,6	10	105	348,6
2	Керамзит	350	90	367,5	10	105	472,5
3	Перлит + керамзит	65 + 350	60 + 30	166,8	10	105	271,8
3	Перлит + керамзит	149 + 0,35	60 + 30	225,6	10	105	330,6
3	Перлит + керамзит	232 + 350	60 + 30	283,7	10	105	388,7

Выводы и дальнейшие направления исследования

В статье рассмотрены физико-механические и агрономические свойства разрабатываемого почвогрунта. Произведён подбор лёгких минеральных компонентов почвы (перлит, керамзит, смесь перлита и керамзита). Для посадки на «космическом» грунте выбраны растения, которые имеют сезонность цветения, однако не сбрасывают листву и круглый год остаются зелёными.

На основании вышеизложенного следует вывод: авторами теоретически обосновано создание «космического» почвогрунта, состоящего из лёгких минеральных наполнителей (по сравнению с обычной почвой) и органической части – почвогрунта UniTerra. По совокупности свойств разрабатываемый почвогрунт может быть эффективно применён в ЭКД, поскольку обладает высокой плодородностью

и низкой плотностью. Таким образом, исчезает потребность в доставке в ЭКД тяжёлой почвы, достигающей толщины в несколько метров, что даст существенный экономический эффект.

Далее планируется провести эксперименты и проанализировать их результаты, показывающие возможность использования «космического» грунта для эффективного роста и развития как лекарственных, так и плодово-ягодных растений.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение / А.Э. Юницкий // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты:

материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 51–57.

2. Шапиро, В.А. Гетерогенная теория сотворения материи / В.А. Шапиро. – М.: Дели плюс, 2013. – 104 с.
3. Юницкий, А.Э. Почва и почвенные микроорганизмы в биосфере ЭкоКосмоДома / А.Э. Юницкий, Е.А. Соловьёва, Н.С. Зыль // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 179–183.
4. Салахов, М.С. Перспективы использования перлита в сельском хозяйстве / М.С. Салахов [и др.] // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 3. – С. 60–63.
5. Кашкай, М.-А.С. Перлиты и обсидианы / М.-А.С. Кашкай, А.И. Мамедов. – Баку: Изд. АН АзССР. – 1961. – 145 с.
6. Волохова, О.А. Применение перлита в сельском хозяйстве / О.А. Волохова, Н.А. Майданников // Наука и молодёжь: инновации в современном агропромышленном комплексе: сб. науч. тр.; вып. 3. – Новочеркасск: Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2016. – С. 9–11.
7. Веремейчик, Л.А. Использование промышленного керамзита для производства томатов в условиях защищённого грунта / Л.А. Веремейчик, Л.С. Герасимович // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: материалы междунар. науч. эколог. конф., Краснодар, 27–29 марта 2018 г. – Краснодар: Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, 2018. – С. 84–86.
8. Мелиорант-почвоулучшитель «Гумус UniTerra». Технические условия: ТУ ВУ 691935133.002-2019. – Введ. 19.03.2019. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2019. – 12 с.
9. Почвоведение / О.В. Кормилицина [и др.]; под общ. ред. В.А. Рожкова. – М.: Лесная промышленность, 2006. – 272 с.
10. Perlit Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.perlitgroup.com/ru/svoystva-i-xarakteristiki-perlita/>. – Дата доступа: 22.07.2020.
11. Слюдяная фабрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spbsluda.ru/>. – Дата доступа: 22.07.2020.
12. GrowBOOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://growboom.by/perlit-vermikulit/vermikulit-1-l-fasovka>. – Дата доступа: 22.07.2020.
13. Завод керамзитового гравия г. Новолукомль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.keramzit.by/>. – Дата доступа: 22.07.2020.
14. Ераховец, Н.В. Принципы построения здоровой среды для жизни, деятельности, развития и отдыха человека в условиях ЭкоКосмоДома / Н.В. Ераховец // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 139–143.
15. Психология стресса и методы его профилактики: учеб.-метод. пособие / Авт.-сост. В.Р. Бильданова [и др.]. – Елабуга: Изд-во ЕИ КФУ, 2015. – 142 с.





Применение реликтовых археобактерий как потенциальных микробиологических объектов в замкнутых экосистемах

Верещак С.Н.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

Парфенчик М.М.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

УДК 579.695



Описаны открытые в конце XX в. археобактерии, обладающие уникальными для микроорганизмов строением клетки, биохимическими свойствами, а также способностью осуществлять жизнедеятельность в окружающей среде с экстремальными параметрами (высокие температура, кислотность или концентрация солей). Применение данных особенностей археобактерий целесообразно для переработки отходов в условиях замкнутых систем ЭкоКосмоДома (ЭКД).

Начат отбор проб для микробиологического анализа и внесены специальные закваски в экспериментальный биоколлектор с целью изучения процессов разложения органического вещества археобактериями метаногенами.

Ключевые слова:

археобактерии, метаногенные бактерии,
микроорганизмы-экстремофилы,
промышленная микробиология, систематика архей,
экобиотехнология, ЭкоКосмоДом (ЭКД).



Введение

Ещё в 1977 г. благодаря работам американских учёных К. Вёзе и Г. Фокса стало известно об уникальных бактериях, принципиально отличающихся по составу генома, строению и среде обитания от обычных бактерий [1, 2]. Особенности микроорганизмов назвали архебактериями (от лат. *Archaea*, от др.-греч. ἀρχαῖος – «извечный, древний, первозданный, старый»). Открытие произошло при изучении молекулярно-биохимических свойств биополимеров клеток различных видов бактерий. Архебактерии были выделены в отдельную группу, так как последовательность нуклеотидов в 16S-рРНК у них кардинально различалась от других микроорганизмов.

Основные отличия архебактерий [1, 2]:

- среди них нет выявленных патогенных и паразитических форм;
- для питания могут использовать отходы жизнедеятельности микро- и макроорганизмов, а также человека;
- занимают необычные экологические ниши (недоступные другим организмам биосферы), по условиям окружающей среды относящиеся к экстремальным: температура воды до 110 °С при давлении в десятки и сотни атмосфер; высокие кислотность (рН 1–5), щёлочность (рН 9–11) и солёность среды [массовая доля соли в растворе может достигать 25–30 %] [3];
- имеют некоторые особенности генома и строения клеток по сравнению с истинными бактериями (зубактериями): отсутствие муреина в клеточной стенке; другая липидная структура клеточной мембраны; иная морфология клеток; определённая система рибосомального синтеза белка; отличие тРНК и геномной ДНК от таковых у зубактерий; сходство с геномом эукариотических организмов; уникальная биохимическая и биосинтетическая специфика группы [1, 2].

По мнению ряда учёных, архебактерии могут являться первыми живыми организмами на Земле, когда ещё в атмосфере не было свободного кислорода, а на поверхности планеты протекала активная геотермальная и вулканическая деятельность, связанная с выбросом паров серы и перегретой воды с растворёнными в ней кислотами, солями или щелочами. К таким условиям и приспособлены архебактерии – экстремально термофильные, галофильные и ацидофильные микроорганизмы.

Перечисленные свойства позволяют безопасно использовать архебактерии в ЭкоКосмоДоме (ЭКД) – замкнутой биологической системе с полным циклом превращения веществ [4] – для переработки отходов самых разных типов [5–11].

На основании вышеизложенного авторам статьи представляется перспективным направлением изучение возможности применения уникальных микроорганизмов-экстремофилов в условиях замкнутой биосферы ЭКД [4] с позиций биопереработки органических отходов. Цель данной работы – исследование особых способностей архебактерий: рост в экстремальной среде, отсутствие необходимости в кислороде для жизнедеятельности, получение органических веществ при использовании различных соединений, в том числе соединения неорганической серы. Имеет научный интерес разработка технологии задействования архебактерий в замкнутых циклах как источника новых биологически активных соединений, белков, ферментов, экзополисахаридов, а также в качестве биодеградантов в условиях ЭКД.



Классификация архебактерий

Согласно второму изданию «Руководства Берджи по систематической бактериологии» [12] для классификации прокариот применяется система, основанная на сравнении последовательности нуклеотидов в 16S-рРНК. В указанном справочнике учитывается также организация геномов прокариот в сочетании с фенотипическими особенностями; в итоге прокариоты отнесены к доменам *Bacteria* и *Archaea* [12].

В соответствии с наиболее признанной и используемой искусственной классификацией, представленной

в девятом издании «Определителя бактерий Берджи» [13], бактерии разделены на четыре отдела: *Gracilicutes* – грам-отрицательные зубактерии; *Tenericutes* – зубактерии, лишённые клеточной стенки; *Firmicutes* – грамположительные зубактерии; *Mendosicutes* – архебактерии, клеточные стенки которых принципиально отличаются от аналогичных структур других прокариот (клеточная стенка не содержит муреин).

В настоящее время к архебактериям отнесены экстремальные термофилы, термоацидофильные микоплазмы, экстремально галофильные бактерии, метаногенные, анаэробные серовосстанавливающие бактерии, метаболизирующие молекулярную серу, а также некоторые малоизученные некультивируемые термофильные архебактерии [1, 2].

Систематика архей отражена в таблице 1.

Из данных групп микроорганизмов наибольший интерес представляют метаногенные бактерии и галофильные архебактерии, обладающие уникальной способностью бесхлорофильного фотосинтеза. По мнению некоторых учёных, это сохранившаяся древняя форма фотосинтеза, основанная на светозависимых превращениях каротиноидных пигментов [1, 2].

Микроорганизмы-экстремофилы в промышленной биотехнологии служат источником новых биологически активных соединений, белков и ферментов, экзополисахаридов с уникальными свойствами. В промышленной биотехнологии нашли своё применение ацидофильные серовосстанавливающие и алкалофильные микроорганизмы. Уже не одно десятилетие для выработки метана из отходов животноводческих комплексов в специальных биореакторах используются метаногенные бактерии [8–11].



Описание метода

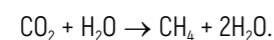
Культивирование архебактерий

Большинство архебактерий не поддаются культивированию в обычных условиях. Именно поэтому до настоящего времени рассматриваемый домен был изучен недостаточно широко с точки зрения лабораторного выращивания.

Таблица 1 – Систематика архей

Таксон	Название		
Надцарство (домен)	<i>Archaea</i>		
Филогенетические ветви	<i>Crenarchaeota</i>	<i>Euryarchaeota</i>	<i>Korarchaeota</i>
Группы			
Метаногенные архебактерии: роды <i>Methanobacterium</i> , <i>Methanosarcina</i> , <i>Methanospirillum</i> , <i>Methanobacillus</i> и др.			
Анаэробные сульфатредуцирующие (серовосстанавливающие) архебактерии: род <i>Archaeoglobus</i> – <i>A. fulgidus</i> , <i>A. profundus</i>			
Экстремально термофильные и гипертермофильные архебактерии, метаболизирующие серу: род <i>Sulfolobus</i> – <i>S. brierleyi</i> , сем. <i>Thermococcales</i> , сем. <i>Thermoproteales</i> , роды <i>Acidianus</i> , <i>Pyrodictium</i> – <i>P. occultum</i>			
Архебактерии, лишённые клеточной стенки (термоацидофильные микоплазмы): <i>Thermoplasma acidophilum</i>			
Экстремально галофильные архебактерии (галобактерии): роды <i>Halococcus</i> , <i>Halobacterium</i> , <i>Haloarcula</i> , <i>Natronobacterium</i> , <i>Natronococcus</i>			
Малоизученные некультивируемые термофильные архебактерии			

Культивирование археобактерий сопряжено с организацией специфических условий роста и жизнедеятельности: практически полное отсутствие кислорода, сложные питательные смеси, особые требования к температуре и освещению. На практике, в обычной среде, люди достаточно давно используют свойства такой группы, как метаногенные археобактерии. В специальных герметичных биореакторах, куда закладывается смесь органических отходов и воды, формируется анаэробная среда вследствие применения бактериями кислорода и начала процессов брожения. По мере протекания брожения происходит накопление его продуктов: органических кислот, углекислого газа, водорода, спиртов. Эти метаболиты ингибируют брожение, и процесс остановился бы, если бы образованные вещества не являлись субстратами для археобактерий. На данном этапе подключение метаногенных архей позволяет завершиться процессу бескислородного биоразложения органики. Деятельность метаногенов можно описать общей формулой:



Реализация эксперимента

Планируется изучение экспериментальных результатов по жизнедеятельности метаногенных бактерий в условиях подземного коллектора, созданного под домом на базе Крестьянского (фермерского) хозяйства «Юницкого» (КФХ «Юницкого»). Данный тип сооружения можно отнести к установке анаэробной очистки сточных вод.

В системах аэробной очистки применяется перемешивание, механическая подача воздуха или технического кислорода на дно аэротенка.

Анаэробная очистка – процесс сбраживания высококонцентрированных сточных вод, осуществляемый микроорганизмами в отсутствие кислорода (в анаэробных условиях), в результате чего образуется горючий биогаз. Он представляет собой смесь, состоящую из 65 % метана, 30 % CO_2 , 1 % H_2S , 4 % смеси N_2 , O_2 , H_2 и CO (угарного газа) [9]. В основе выделения биогаза лежит процесс метанового брожения, или биометаногенез.

Преобладающими группами микроорганизмов метаногенного сообщества являются гидролитические, брождильные, синтрофные, метановые бактерии. Они последовательно выполняют стадии анаэробного брожения. Между группами микроорганизмов имеются взаимосвязи. Из-за субстратной специфичности развитие метаногенов зависит от бактерий предыдущих стадий.

По количеству видов в метаногенном сообществе преобладают обычные анаэробные ферментирующие

бактерии (зубактерии): их в 10 раз больше, чем метанообразующих. Из 300 видов анаэробных микроорганизмов метан вырабатывают около 30 видов [9].

В метаногенном биоценозе наблюдаются тесные симбиотические связи между различными микроорганизмами, происходит последовательное сбраживание органического вещества, причём продукты жизнедеятельности одних бактерий являются субстратами для других.

Многие бактерии не принимают участия в биодеградации органических веществ, однако способны выделять в окружающую среду факторы роста или удалять из системы токсичные продукты метаболизма иных бактерий.

Факультативные анаэробы в метаногенном сообществе могут использовать случайно попавший в среду кислород, тем самым поддерживая строгие анаэробные условия, так как кислород ингибирует метаболизм метаногенных бактерий.

Метанообразующие бактерии морфологически достаточно разнообразны, однако их объединяют два общих признака:

- эти бактерии являются облигатными анаэробами;
- они способны образовывать метан.

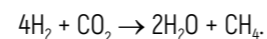
Все метанообразующие бактерии относятся исключительно к археобактериям [9].

Известно более 45 видов метаногенов, принадлежащих к 13 родам: *Methanobacter*, *Methanococcus*, *Methanogenum*, *Methanosarcina*, *Methanothrix* и др. Метаногенные бактерии всегда обитают в сложных по составу микробных сообществах, где представляют конечное звено в распаде сложных органических веществ.

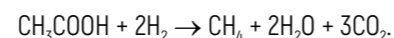
Другие члены сообщества осуществляют подготовительные этапы для метаногенеза:

- сбраживание мономеров до органических кислот, спиртов;
- превращение кислот и спиртов в ацетат, CO_2 , H_2 .

Одна треть метанообразующих бактерий в природе получает энергию в процессе окисления водорода, который является донором электронов, при этом происходит сопряжённое восстановление углекислоты. По типу питания они характеризуются как хемоавтотрофные метаногены:



Две трети метана формируется за счёт превращений ацетата (уксусной кислоты):



При анаэробном разложении сложных органических веществ более 70 % метана образуется из ацетата.

Метаногенные бактерии 90–95 % используемого углерода преобразуют в метан, и только 5–10 % углерода расходуется на прирост биомассы. На интенсивность анаэробного превращения органических веществ в метан влияют:

- скорость гидролитического расщепления биополимеров (если они содержатся в перерабатываемом сырье в большом количестве);
- скорость трансформации ацетата в метан, что связано с низкими темпами роста и размножения синтрофных и метаногенных бактерий.

При 35 °С время удвоения биомассы гидролитических микроорганизмов составляет 10–20 ч; кислотогенов – 1–10 ч, синтрофных (ацетогенных) бактерий – около 100 ч, ассимилирующих водород метаногенов – 15–100 ч. К сооружениям анаэробной очистки относятся септикотенки, осветлители-перегниватели, контактные резервуары, анаэробные лагуны, метантенки, биофильтры.

Общая схема процессов, происходящих при анаэробном сбраживании в системах очистки сточных вод, отображена на рисунке 1 [9].

Типичным примером сооружений анаэробной очистки являются септикотенки (септики) – распространённые сооружения для индивидуальных домохозяйств. Они работают автономно, не нуждаются в электропитании. Септики применяются при количестве воды не более 25 м³/сут.

Септикотенк представляет собой аппарат, состоящий из двух частей (рисунк 2).

Продолжительность нахождения воды в септике – 3–4 суток.

При разложении органических веществ объём осадка уплотняется. Ил периодически (обычно один раз в год) удаляют, но часть его оставляют для поддержания работы септика.

Большинство септиков работают без обогрева при температуре менее 20 °С.

Таким образом, исследование проводилось и будет продолжаться в коллекторе дома № 12 на базе КФХ «Юницкого», представляющего собой мини-отель.

Коллектор – подземный резервуар с проницаемыми для корней растений стенками. Он размещён в субтропическом саду внутри дома на глубине 2 м, в котором стоки из туалетов (7 шт.) и кухни (включая стиральную и посудомоечную машины) последовательно впитываются в фильтрующие слои органики, где происходит разложение органического вещества сточных вод до полной его минерализации. Сверху коллектор засыпан плодородной почвой, в которую через корневую систему и почвенные



Рисунок 1 – Схема процессов, происходящих при анаэробном сбраживании (метаногенезе)

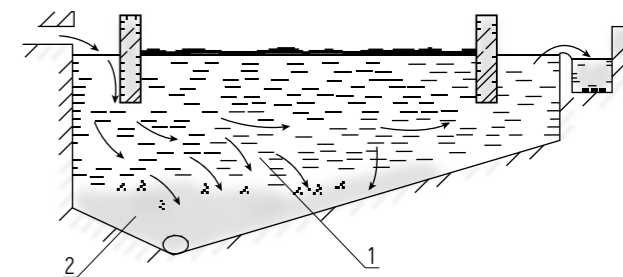


Рисунок 2 – Септикотенк (септик): 1 – отстойная часть (осветление воды осуществляется из-за движения её с малой скоростью); 2 – септическая часть (расположена под первой, в ней происходит перегнивание осадка при хранении его в течение 6–12 месяцев)

капилляры проникает снизу очищенная вода с растворёнными в ней минеральными солями – конечным продуктом жизнедеятельности бактерий-очистителей (рисунок 3). Избыточная вода по наружной системе канализации поступает во внешний пруд-накопитель.

Исследование запланировано в два этапа. На первой стадии начато изучение микробиологических показателей образцов сточной жидкости из коллектора и оценивание необходимости искусственного обсеменения коллектора культурой бактерий-метаногенов (в случае если естественное обсеменение не произошло). Начальные результаты продемонстрировали значительное снижение бактериальной обсеменённости в воде при выходе из коллектора по сравнению со сточной водой в самом резервуаре коллектора (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, происходит последовательное снижение численности бактерий – сначала в 150 раз, затем в 1000–2000 раз. Такое значительное уменьшение количества бактерий говорит об очистке воды, так как минерализация органического вещества вследствие его разложения приводит к отсутствию кормовой базы для гнилостных и бродильных бактерий и, как результат, к падению их численности.

На втором этапе планируется заселить наработанную культуру метаногенных архебактерий в коллектор дома и продолжить исследования. Основным параметром эффективности работы бактерий-деструкторов органики и метаногенных бактерий станет показатель биологического потребления кислорода, или бактериального потребления кислорода, который будет задействован для оценки интенсивности роста и размножения бактерий и, соответственно, как критерий эффективности очистки сточных вод и разложения органического материала. Опосредованно данный показатель укажет и на работу метаногенных бактерий.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Авторами рассмотрено надцарство микроорганизмов – архебактерии, обладающие уникальными характеристиками, отличными от признаков обычных бактерий, и обитающие в экстремальных экологических условиях подземных геотермальных горячих источников, сверхсолёных, кислых или щелочных водах, а также в глубине

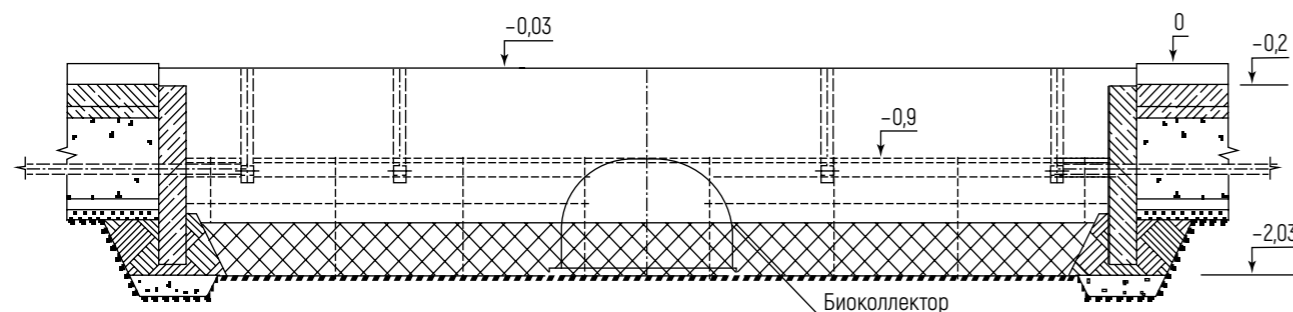


Рисунок 3 – Схема внутридомового биоколлектора

Таблица 2 – Микробиологические показатели образцов из коллектора

Номер образца	Место и дата отбора	Количество микроорганизмов в 1 мл
1	Сточная вода из канализации, поступающая в резервуар коллектора (отбор пробы 30.04.2020)	$1,5 \times 10^{10}$ КОЕ/мл
2	Коллектор под домом № 12, центральный резервуар (отбор пробы 30.04.2020)	1×10^9 КОЕ/мл
3	Коллектор под домом № 12, люк аварийного сброса (отбор пробы 01.06.2020)	5×10^5 КОЕ/мл
4	Коллектор под домом № 12, люк аварийного сброса (отбор пробы 07.07.2020)	1×10^6 КОЕ/мл

торфяных болот, или на дне водоёмов, очистных сооружениях сточных вод, пищеварительном тракте травоядных животных.

Такое разнообразие экологических свойств данной группы микроорганизмов позволяет рассматривать их в качестве объекта перспективного направления при создании замкнутых циклов внутри ЭКД. Планируется произвести анализ промышленно используемых микроорганизмов из указанной группы, осуществить поиск в условиях дикой природы для формирования коллекции штаммов архебактерий, заложить опыт по получению биогаза метаногенными архебактериями с помощью биореакторной установки, изучить потенциал отобранных штаммов для применения в ЭКД.

Проведённые микробиологические исследования биологического коллектора, созданного под домом на базе КФХ «Юницкого», выявили значительное снижение бактериальной обсеменённости на выходе сточных вод, что косвенно способно указывать на эффективную очистку воды от органических загрязнителей. В анаэробных условиях подобный процесс возможен, когда в нём на последней фазе участвуют метаногенные архебактерии. Дальнейшее исследование включает в себя обогащение микрофлоры коллектора культурой метаногенов, наработанной из естественных источников, а также изучение изменения микробиологической обсеменённости очищенной воды. Кроме этого, будет анализироваться показатель биологического потребления кислорода, который прямо покажет эффективность очистки сточных вод и разложения органического материала сообществом микроорганизмов с участием метаногенных архебактерий.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности функционирования архебактерий в замкнутом цикле ЭКД, что позволит дополнить цепи переработки органических отходов, а также благодаря уникальным приспособленческим свойствам данной группы микроорганизмов изучить возможность их использования в условиях, связанных с созданием замкнутых систем ЭКД в космическом пространстве.

Среди архебактерий не имеется выявленных патогенных видов, а их жизнедеятельность не обусловлена выработкой токсичных для человека соединений, т. е. она экологична, что считается приоритетным фактором для Эко-КосмоДома. ЭКД – замкнутая система, и применение реликтовых архебактерий с уникальными свойствами поможет поднять уровень поддержания экологического баланса, а также повысить безопасность технологий биопереработки органических отходов.

Литература

1. Лысак, В.В. Микробиология: учеб. пособие / В.В. Лысак. – Минск: БГУ, 2008. – 343 с.
2. Лысак, В.В. Систематика микроорганизмов / В.В. Лысак, О.В. Фомина. – Минск: БГУ, 2014. – 304 с.
3. Gerday, C. Physiology and Biochemistry of Extremophiles / C. Gerday, N. Glansdorff. – Washington: ASM Press, 2007. – 429 p.
4. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрэгс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
5. Rampelotto, P.H. Biotechnology of Extremophiles / P.H. Rampelotto. – Cham: Springer International Publishing, 2016. – 720 p.
6. Кузнецов, А.Е. Научные основы эколобиотехнологии: учеб. пособие / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. – М.: Мир, 2006. – 504 с.
7. Extremophiles [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://link.springer.com/journal/792>. – Date of access: 24.07.2020.
8. Ручай, Н.С. Технология микробного синтеза: электронный курс лекций / Н.С. Ручай, И.А. Гребенчикова. – Минск: БГТУ, 2014. – 168 с.
9. Пучкова, Т.А. Микробиологическая очистка сточных вод: курс лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bio.bsu.by/microbio/files/presentations/puchkova/microbiol_ochistka_vody.pdf. – Дата доступа: 24.07.2020.
10. Glazer, A.N. Microbial Biotechnology. Fundamentals of Applied Microbiology / A.N. Glazer, H. Nicaido. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2012. – 554 p.
11. Okator, N. Modern Industrial Microbiology and Biotechnology / N. Okator, B.C. Okeke. – New Hampshire: CRC Press, 2017. – 551 p.
12. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology / Editor-in-Chief G.M. Garrity. – New York: Springer, 2001–2003. – Vol. 1–5.
13. Определитель бактерий Берджи: в 2 т. / под ред. Дж. Хоупта [и др.]. – М.: Мир, 1997. – Т. 1–2.



Потенциал использования целлюлозолитических микроорганизмов для биodeградации твёрдых бытовых отходов

Юницкий А.Э.

Беларусь, г. Минск,
доктор философии транспорта,
ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии»

Соловьёва Е.А.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

Парфенчик М.М.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

УДК 579.66



Одна из первоочередных задач современного общества – сбор и утилизация отходов, поскольку их объём с каждым годом увеличивается. Небрежное обращение с ними приводит к загрязнению окружающей среды и негативно сказывается на здоровье человека. Традиционные способы обезвреживания твёрдых отходов, такие как захоронение или сжигание, не могут справиться с существующей проблемой, поэтому необходимо искать новые пути её решения. Использование экологически безопасного биологического разложения загрязнителей живыми организмами (бактериями, грибами, водорослями и др.) с возможностью получения ценных промышленных продуктов (биоудобрения, биогаза и др.) является актуальным и перспективным направлением биотехнологии. В рамках эксперимента авторами отобрана ассоциация целлюлозолитических микроорганизмов (№ 3), обладающая широким спектром деструктивной активности и большим потенциалом для биотрансформации твёрдых бытовых отходов в продукты с хозяйственно-ценными свойствами.

Ключевые слова:

биоразложение отходов, загрязнение окружающей среды, микроорганизмы-деструкторы.



Введение

Каждый год на нашей планете образуются миллионы тонн отходов, накопление которых приводит к загрязнению Земли и ухудшению здоровья населения. Значительную часть твёрдых бытовых отходов (ТБО) составляют трудно-разлагаемые целлюлозосодержащие (бумажные) отходы и изделия из пластика. Второе место занимают пищевые (органические) остатки [1]. На сегодняшний день наиболее распространённые способы утилизации ТБО – захоронение на полигонах, сжигание и раздельный сбор с последующими переработкой и вторичным использованием [2]. В процессе хранения ТБО на полигонах токсические вещества, входящие в их состав или формирующиеся при неконтролируемом разложении в естественных условиях, попадают в почву и грунтовые воды, нанося вред всему живому. Сжигание мусора также негативно влияет на окружающий мир [2, 3]. При горении возникает дым, насыщенный ядовитыми газами (диоксинами, фуранами, оксидами азота и углерода, др.). Раздельный сбор мусора с последующей переработкой отсортированных материалов зачастую бывает технически нецелесообразным и экономически невыгодным из-за высоких затрат материальных, транспортных, финансовых и человеческих ресурсов. Следовательно, для снижения антропогенной нагрузки на природную среду необходимо внедрять экологически безопасный метод уничтожения отходов цивилизации – биodeградацию (разложение загрязнителей живыми организмами – бактериями, грибами, водорослями и др.), содействующую получению ценных промышленных продуктов (биоудобрений, биогаза и др.) [3, 4].



В данной статье рассмотрены результаты скрининга микроорганизмов, способных к биodeградации трудно-разлагаемых субстратов (лигноцеллюлозного сырья, пластика). Кроме того, изучен потенциал их использования для трансформации бытового мусора в безвредные для биосферы планеты продукты в системе с замкнутыми циклами обмена веществ и энергии [5].

Представление концепции

Биологическое разложение отходов может происходить в аэробных и анаэробных условиях. Компостирование – это процесс разложения органических отходов и их превращения в гумус или компост; осуществляется ассоциацией аэробных микроорганизмов и приводит к уменьшению объёма отходов, их обеззараживанию, а также к получению биоудобрения с высоким содержанием питательных веществ. При анаэробном (бескислородном) разложении ТБО образуется биогаз – высококачественный источник энергии, популярность которого с каждым годом возрастает [3, 4].

Для биоразложения загрязнений необходимо наличие трёх ключевых элементов: микроорганизмов, селективно действующих на материалы; самих материалов; надлежащих условий окружающей среды. Если отсутствует один из этих факторов, то биоразложение не происходит.

На скорость данного процесса сильное влияние оказывают природные особенности (влажность, температура, наличие и доступность питательных веществ, аэрация,

кислотность), определяющие жизнедеятельность микроорганизмов. Значительное изменение температуры относительно оптимального показателя приводит к падению активности микроорганизмов и переходу их в состояние анабиоза [6].

Применение ассоциаций микроорганизмов, включающих штаммы-деструкторы широкого спектра загрязнений, является актуальным и перспективным направлением экологической биотехнологии [7–9].

Объекты и методы

В лаборатории агротехнических исследований ЗАО «Струнные технологии» создан банк агрономически ценных групп микроорганизмов, где хранятся микробные культуры, выделенные из природных источников различных почвенно-климатических зон и обладающие комплексом полезных свойств [10]. Для изучения и оптимизации процесса биоразложения ТБО авторы использовали микробные ассоциации, представленные в данной коллекции микроорганизмов.

Перспективная ассоциация целлюлозолитических бактерий (№ 3), которая была получена из плодородной почвы, взятой в Минском районе (Беларусь), показала в ходе лабораторных экспериментов способность к росту на питательном субстрате [6], содержащем в качестве источника углерода широкий спектр лигноцеллюлозных соединений (карбоксиметилцеллюлозу), опилки, макулатуру или фильтровальную бумагу в концентрации 1%, а также плёночный полиэтилен (в виде пакетов) (рисунок 1).

Для подтверждения деградационного потенциала отобранной микробной ассоциации в естественной среде

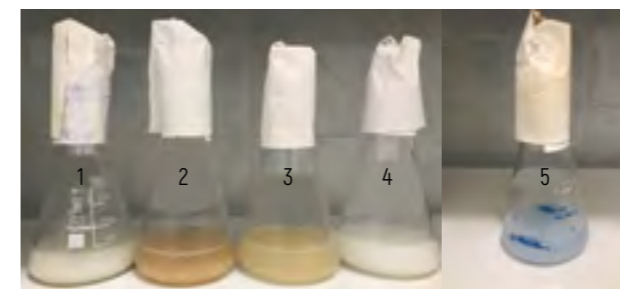


Рисунок 1 – Культивирование ассоциации целлюлозолитических бактерий (№ 3) на питательной среде, в которой в качестве источника углерода содержатся:
1 – макулатура; 2 – листовые опилки;
3 – карбоксиметилцеллюлоза; 4 – фильтровальная бумага;
5 – полиэтиленовый пакет



проведён эксперимент по биоразложению бытового мусора (пищевых, целлюлозно-бумажных отходов, пластика, стекла), предварительно измельчённого на садовом электрическом измельчителе Champion SH250 (Китай) до размера частиц 1–5 см. Процесс биодеструкции ТБО изучался в осенний период в аэробных (при перемешивании материала) и анаэробных (без перемешивания) условиях в деревянном коробе с крышкой (45 × 70 × 25 см), заполненном измельчённым мусором, который обработан инокулятом исследуемых микроорганизмов (рисунок 2).

Короб состоял из трёх отделов. Во втором отделе мусор подвергался биоразложению в аэробных условиях, создаваемых путём его перемешивания и переукладывания из первого отдела во второй. В третьем отделе мусор не перемешивался, что позволило смоделировать среду, близкую к анаэробной. Укладка отходов происходила слоями.



Рисунок 2 – Конструкция деревянного короба для изучения процесса биоразложения ТБО

Нижний слой включал перемолотые сухие ветки, которые для отвода лишней влаги и улучшения аэрации обеспечивали дренаж, необходимый для проведения микробиологических процессов биоразложения. Следующий слой – измельчённые ТБО; самый верхний – зелёная масса разнотравья (рисунок 3).

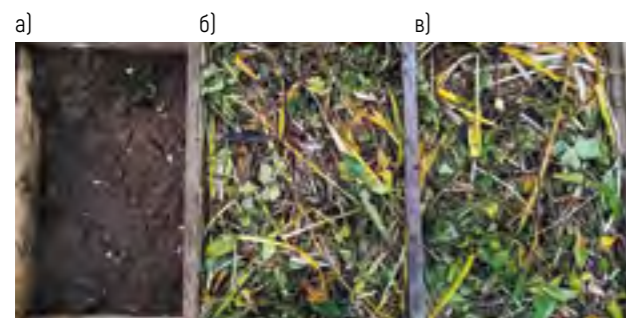


Рисунок 3 – Заполнение отделов короба измельчёнными ТБО и зелёной массой разнотравья (б, в) в процессе эксперимента по биоразложению мусора

Результаты и анализ исследования

В эксперименте по биоразложению ТБО уже через две недели отмечено уплотнение и уменьшение мусора в объёме в ячейке с аэробными условиями процесса. Мусор подвергается активному разложению аборигенными и интродуцированными микроорганизмами.

К концу второго месяца с момента закладки опыта зафиксировано значительное сокращение отходов (в два раза) по сравнению с первоначальным объёмом, а также отсутствие запаха и полное разложение зелёной фитомассы, что свидетельствует об эффективности протекания изучаемого процесса (рисунок 4).



Рисунок 4 – Биоразложение мусора в аэробных (б) и анаэробных (в) условиях после двух месяцев эксперимента

В анаэробных условиях процесс биотрансформации отходов идёт медленнее. При этом слаборазложившиеся и неразложившиеся растительные и минеральные остатки участвуют в гумусообразовании, формируя труднорастворимые органоминеральные комплексы, характеризующиеся большой устойчивостью к разрушению. Однако, несмотря на сложность строения, гумусовые соединения со временем перерабатываются в той или иной степени микроорганизмами, обогащая субстрат питательными веществами, накопленными в составе гумуса, что позволяет в дальнейшем использовать его в качестве эффективного биоудобрения в ЭкоКосмоДоме (ЭКД) – замкнутой экосистеме [9]. Внесением в перерабатываемый материал измельчённого электрогидравлическим способом бурого угля можно добиться снижения концентрации токсичных веществ (тяжёлых металлов, ПАВов и др.), если они присутствовали в составе ТБО, и увеличения содержания питательных компонентов, тем самым активизируя микробиологические процессы.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Отобранная ассоциация целлюлозолитических микроорганизмов (№ 3), обладающая комплексом гидролитических ферментов, которые принимают участие в трансформации труднорастворимых лигноцеллюлозных и других субстратов, перспективна для ускорения разложения ТБО и их превращения в гумусоподобные компоненты, используемые в качестве биоудобрения для повышения почвенного плодородия. Предлагаемый микробиологический способ переработки ТБО по сравнению с традиционными методами (сжиганием, захоронением) позволит уменьшить объём отходов, снизить нагрузку на окружающий мир и получить эффективное биоудобрение.

В дальнейшем планируется оптимизировать условия протекания процесса микробиологической деструкции ТБО с учётом отобранной ассоциации микроорганизмов № 3 (количество и сроки внесения инокулята, различная степень измельчения ТБО, подбор параметров среды, перемешивание субстрата в процессе биоразложения и др.) и оценить эффективность применения биотрансформированного продукта при возделывании растений.

Литература

1. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management [Electronic resource]: [Urban Development Series;*

Knowledge Papers No. 15 / World Bank.] – Washington, DC, 2012. – Mode of access: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>. – Date of access: 04.07.2020.

2. Рихванов, Е. *Образование и утилизация твёрдых бытовых отходов [Электронный ресурс] / Е. Рихванов – 2000. – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=78>. – Дата доступа: 06.07.2020.*

3. *Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография / общ. ред. и сост. А.Н. Ножевниковой [и др.]. – М.: Университетская книга, 2016. – 320 с.*

4. Tchobanoglous, G. *Handbook of Solid Waste Management / G. Tchobanoglous, F. Kreith. – 2nd ed. – New York: McGraw-Hill, 2002. – P. 19–29.*

5. Юницкий, А.Э. *Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакросс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.*

6. Колешко, О.И. *Экология микроорганизмов почвы: лаб. практикум / О.И. Колешко. – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 176 с.*

7. Danso, D. *Plastics: Environmental and Biotechnological Perspectives on Microbial Degradation / D. Danso, J. Chow, W.R. Streit // Applied Environmental Microbiology. – 2019. – No. 85 (19). – P. 768–796.*

8. Lynd, L.R. *Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology / L.R. Lynd [et al.] // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2002. – Vol. 66, No. 3. – P. 506–577.*

9. Ветрова, А.А. *Биодеструкция нефти отдельными штаммами и принципы составления микробных консорциумов для очистки окружающей среды от углеводородов нефти / А.А. Ветрова [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2013. – Вып. 2, ч. 1. – С. 241–257.*

10. Юницкий А.Э. *Почва и почвенные микроорганизмы в биосфере ЭкоКосмоДома / А.Э. Юницкий, Е.А. Соловьёва, Н.С. Зыль // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьино Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 179–183.*





Экологические биоразлагаемые материалы на бумажной основе и их использование в условиях замкнутых экосистем

Курдюкова Т.О.

Беларусь, г. Минск,
бюро «Технологичные экосистемы»
управления перспективных разработок ЗАО «Струнные технологии»

УДК 504.052:676



Жизнь в изолированном пространстве с ограниченной площадью, к которому могут относиться замкнутые экосистемы, ставит перед человеком задачи другого уровня, отличные от земных. В первую очередь новая среда диктует жителям необходимость самостоятельного обеспечения себя всем нужным для комфортного и продуктивного существования. Значит, следует внимательно подойти к перечню того, что действительно важно иметь человеку для полноценной жизни; какие площади, ресурсы и время потребуются для производства этих вещей; каким образом их можно утилизировать или перерабатывать в условиях замкнутых циклов автономной биосферы. В представленной работе рассматриваются обязательные для жителей замкнутой экосистемы предметы быта и труда, выполненные из экологических биоразлагаемых материалов на бумажной основе, а также выпуск данных материалов не только для повседневного употребления, но и в медицинских целях, например для стерилизации медицинских инструментов. Кроме того, в настоящей статье обоснована целесообразность использования экологических биоразлагаемых материалов на бумажной основе, показаны направления их применения, способы изготовления, переработки и утилизации.

Ключевые слова:

биоразлагаемые материалы, вторичное сырьё, переработка бумаги, производство бумаги, утилизация.



Введение

Увеличивающиеся темпы и объёмы производств, а также развивающаяся промышленность наносят значительный ущерб не только экологии, но и цивилизации в целом. Происходит деградация биосферы и человечества как одного из биологических видов [1]. Следовательно, актуальным становится вопрос рассмотрения выноса вредных видов производств за пределы биосферы и формирование космических поселений для обеспечения создаваемой космической индустрии [2]. В данных поселениях, представляющих собой замкнутые экосистемы, люди будут вести хозяйство и контролировать производственный процесс для поддержания своей жизнедеятельности.

Одним из вариантов описанных выше космических поселений является ЭкоКосмоДом (ЭКД) [2], в котором планируется воссоздание земной биосферы, организация комфортных условий для жителей, обеспечение их всем необходимым для нахождения в замкнутом пространстве неограниченное количество времени [2, 3].

В замкнутой экосистеме ЭКД для человека действительно важно использование нужных для жизни и труда предметов, изготовленных из биоразлагаемых материалов, в том числе выполненных на бумажной основе. Именно такие материалы общедоступны и не требуют дополнительных усилий на свою утилизацию [4]. В среднем на планете Земля расход бумажных изделий составляет 20–30 кг в год на душу населения. В условиях ЭКД можно сократить этот показатель до 10 кг в год. Значимым является предоставление возможности применения материалов на бумажной основе, например крафт-бумаги, которая идеально подходит для процесса стерилизации многоразовых медицинских инструментов из стекла, керамики и металла. Это оптимальный вариант употребления подобной бумаги, так как она устойчива к высоким температурам и давлению. Вместе с тем медицинские инструменты, оставаясь после термической обработки в такой упаковке, могут длительное время сохранять стерильность.

Именно поэтому в данной статье решено рассмотреть изготовление, переработку и утилизацию экологических биоразлагаемых материалов на бумажной основе как вариант обеспечения жителей ЭКД крафт-бумагой, а также гигиеническими средствами (туалетной бумагой, бумажными полотенцами, салфетками и др.). Транспортировать указанные изделия с планеты Земля нерационально, поскольку они зачастую одноразовые в использовании и занимают большие объёмы. Значит, актуально их производство организовать непосредственно в условиях ЭКД и в том количестве, которое необходимо человеку.



Цель настоящей работы – представление процесса выпуска санитарно-гигиенических и медицинских изделий из целлюлозосодержащего растительного сырья (туалетной бумаги, салфеток, бумажных полотенец, крафт-бумаги и др.) для обеспечения безопасности и экологичности замкнутой биосистемы.

Постановка проблемы

В настоящее время в составе многих изделий присутствуют пластик и другие материалы, не подлежащие переработке. Возможное их превращение во вторичное сырьё или утилизация нецелесообразны в условиях ЭКД,

так как будет загрязняться биосистема [4]. Во избежание подобной проблемы предлагается изготавливать данные вещи из целлюлозосодержащих материалов: макулатуры различного вида и качества, а также отходов, полученных от культивирования растительного сырья [4]. К последним относятся рисовая шелуха [5, 6], солома, хлопчатник [7], тина, водоросли, стебли, листья [4, 8, 9], опавшая листва и др. Перечисленные материалы обладают необходимым набором эксплуатационных характеристик: мягкостью, гибкостью волокон и нетребовательностью к условиям изготовления. Значит, можно производить материалы, содержащие 100 % одного компонента данного сырья, и материалы, состоящие из смеси компонентов (в зависимости от желаемых свойств готового изделия).

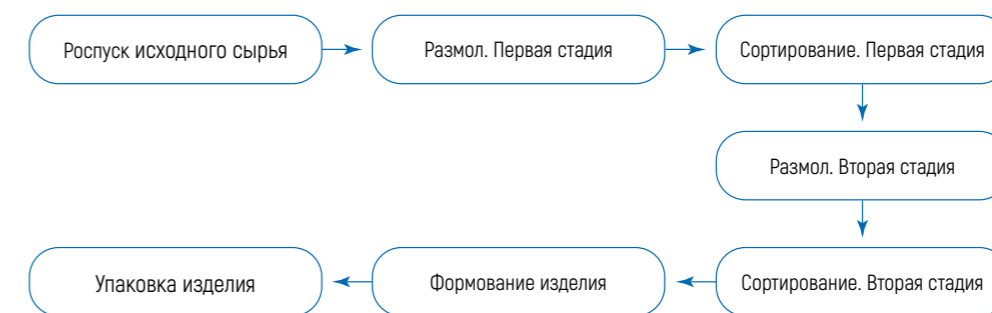


Рисунок 1 – Схема изготовления гигиенических изделий на бумажной основе

Кроме того, допускается выпуск бумажной продукции как из отходов производства этих изделий, так и материалов, полученных после их применения и переработки [4].

Основное преимущество указанных бумажных материалов – биоразлагаемость. Экологически чистое их производство характеризуется простотой технологического процесса, а также лёгкостью утилизации или переработки использованного изделия. Подобное сырьё является возобновляемым, что позволяет утилизировать его без дополнительных стадий. Для изготовления конечного продукта пригодны различные растительные сырьё, в том числе отходы после выращивания однолетних и многолетних растений [4].

Изделия на бумажной основе безопасны и подходят для задействования в повседневной жизни человека. Более того, они полностью утилизируются (данный процесс не нуждается в дополнительном расходе электроэнергии и может быть представлен как повторная переработка изделий). Описанная выше продукция не наносит ущерб природе и здоровью человека [3, 4, 8].

Описание предложенной технологии

Предложенный технологический процесс характеризуется как периодический, т. е. можно изготавливать необходимое количество потребляемых изделий без большого количества складских запасов, а значит, не нужна дополнительная территория для хранения готовой продукции. На рисунке 1 представлена общая схема изготовления предметов гигиенического и медицинского назначения в условиях ЭКД.

Вид исходного сырья зависит от производимой продукции. Имеет смысл разделить всю продукцию на два класса: бумажные изделия санитарно-гигиенического назначения (туалетная бумага, салфетки, бумажные полотенца) и медицинского назначения (крафт-бумага).

Для изготовления санитарно-гигиенических изделий можно применять рисовую шелуху, солому, коноплю, хлопчатник, тину, водоросли, стебли, листья, опавшую листву, а также любую макулатуру и другие содержащие целлюлозу отходы растительного происхождения.

Для изготовления изделий медицинского характера желательно брать преимущественно солому, стебли (оставшиеся после выращивания растительного сырья) или макулатуру – крафт-бумагу, потерявшую свои свойства и/или использованную по назначению. Такой ограниченный выбор обусловлен требованиями к готовой продукции. В частности, необходимо наличие длинных волокон и высокое содержание целлюлозы в сырье, количество которой может достигать от 40 % до 90 %.

Технологическая схема представляет собой несколько стадий: роспуск, размол (грубый и тонкий процессы), сортирование (грубый и тонкий процессы), формование и упаковка. В их результате из исходного сырья получается готовый продукт с должным качеством.

На стадии роспуска волокнистого сырья происходит его разволокнение, разделение на волокна [4, 8]. Для выработки суспензии добавляются вода (в основном обратная с прошлых стадий) и подлежащие переработке отходы, которые образовались в результате последующих этапов сортирования.

В качестве дополнительных веществ для активации производства более чистого готового продукта может направляться горячая водная экстракция с температурой 60 °С с применением подкисленной среды (возможно использование лимонной кислоты). Допускается проведение экстракции на стадиях роспуска, размола. Другой вариант – установление отдельного бака с перемешивающим устройством для протекания соответствующих процессов.



В ходе размола происходят механическое разделение, изменение размеров и формы волокон, а также коллоидно-химический процесс – гидратация волокон и их набухание (рисунок 2).

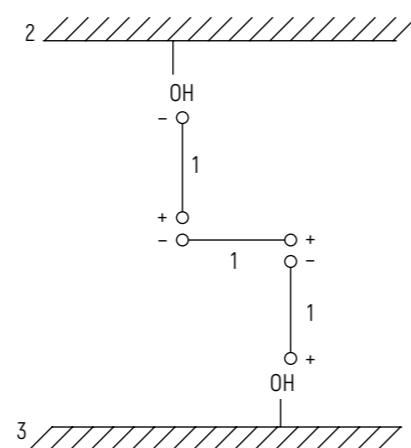


Рисунок 2 – Схема мостиковых межволоконных связей через диполи воды: 1 – диполи воды; 2 – первое волокно; 3 – второе волокно

На стадии размола вводятся добавки, необходимые для изготовления готового продукта, например дезинфицирующие средства, красители и др.

Так как изделия на бумажной основе могут быть предназначены в том числе для санитарно-гигиенических и медицинских потребностей, то уместно применять дезинфицирующие вещества. Для этой цели предлагается задействовать широко известные растения, богатые сапонинами и фитонцидами [3] и обладающие, кроме того, ещё и красильными веществами, которые при контактировании с кожей не окажут неблагоприятного воздействия на организм человека. Это важно, поскольку на коже при её соприкосновении с обычными красителями, полученными на основе химических веществ (например, азокрасителей и водных дисперсий органических и неорганических пигментов), могут возникнуть аллергические реакции [4].

Перспективным является использование в технологическом процессе листьев или плодов мыльного дерева [3]. Образованная от них пена создаст однородное перемешивание волокон, следовательно, бумага будет с более равномерным просветом, что повлияет на её физико-механические показатели. Можно также выбрать хлореллу [3], которая обладает бактерицидными свойствами и способна продуцировать кислород. Расход всех вышеуказанных вспомогательных компонентов очень низкий

(до 50 г на тонну готовой продукции). Именно поэтому их применение заслуживает пристального внимания. Данные вещества не влияют на производственный процесс и их можно вводить в технологическую линию на стадиях или роспуска, или размола.

При сортировании происходит разделение волокнистой размолотой суспензии на волокнистую суспензию (предназначена для дальнейшей обработки) и отходы; в случае образования больших сгустков волокон последние отправляются на первую либо вторую стадии размола.

Вторые этапы размола и сортирования аналогичны первым.

Формование изделия и упаковка – финальные фазы, которые позволяют изготовить, сформировать готовый продукт и упаковать его.

В таблице представлена информация, показывающая потребность в персонале и необходимое время для выпуска изделий на бумажной основе из расчёта 100 кг/ч.

Исходя из таблицы, за пять часов работы можно получить 500 кг продукции (если рассматривать уже налаженный процесс изготовления, так как первый запуск требует больших трудозатрат и времени). Продолжительность работы будет зависеть от нужд жителей ЭКД. С учётом среднегодового расхода (10 кг на человека) на 1000 жителей следует изготовить 10 000 кг бумажной продукции.

Представленная технология нетрудоёмкая, занимает небольшие площади (около 100 м² при производительности 500 кг в смену, или 10 м² при 50 кг в смену) и позволяет изготавливать продукт периодически или непрерывно. Кроме того, подобный способ выпуска не имеет вредных выбросов, а значит, является экологически чистым.



Таблица – Потребности технологического процесса на 500 кг бумажной продукции

Название стадии	Потребность	
	Время процесса, мин	Трудозатраты, чел.-ч
0. Подготовка	60	1
1. Роспуск	30	1
2. Размол. Первая стадия	До 10 (контролируется по степени помола)	0,5
3. Сортирование. Первая стадия	60	1
4. Размол. Вторая стадия	До 30 (контролируется по степени помола)	1
5. Сортирование. Вторая стадия	40	1
6. Формование	60	2
7. Упаковка	20	0,5
Итого	300 (5 ч)	8 (одна смена)

Процесс утилизации представляет собой сбор использованных изделий, сортировку и отправку их на стадию роспуска.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Предлагаемый инструмент изготовления санитарно-гигиенических и медицинских изделий из целлюлозосодержащего растительного сырья (туалетной бумаги, салфеток, бумажных полотенец, крафт-бумаги и др.) обеспечивает безопасность самого хода производства и его экологичность. Продукция будет вырабатываться из биологически разлагаемого сырья и подвергаться утилизации, абсолютно безвредной для замкнутой экосистемы. У поселенцев ЭКД появится возможность создать себе более комфортную среду по сравнению с жизнью на планете Земля (которая также является замкнутой экосистемой), где на сегодняшний день практически отсутствуют экологически чистые производства.

В дальнейшем планируется проводить исследования в области оптимизации характеристик оборудования для изготовления в условиях ЭКД представленного вида изделий на бумажной основе.

Литература

1. Царёв, А.М. Влияние развития техносферы и деятельности человека на биосферу / А.М. Царёв // Вестник экологического образования в России. – 2015. – Т. 1, № 75. – С. 11–12.
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. Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьяна Горка, 21 июня 2019 г. / Астроинженерные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – 240 с.
4. Чёрная, Н.В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона: монография / Н.В. Чёрная. – Минск: БГТУ, 2009. – 392 с.
5. Галимова (Минакова), А.Р. Получение целлюлозного материала при комплексной переработке рисовой соломы и шелухи / А.Р. Галимова (Минакова) [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы всерос.

студенч. олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки студентов, аспирантов и молодых учёных. – Екатеринбург, 2005. – С. 231–233.

6. Дрикер, Б.Н. Получение и свойства окислительно-органо-сольвентной целлюлозы из недревесного растительного сырья / Б.Н. Дрикер, А.В. Вураско, А.Р. Галимова // Лесной вестник. – 2008. – № 3. – С. 145–149.
7. Рахманбердиев, Г.Р. Разработка технологии получения целлюлозы из растений топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*), пригодной для химической переработки / Г.Р. Рахманбердиев, М.М. Муродов // Иқтисодиёт ва инновацион технологиялар. – 2011. – № 2. – С. 1–11.
8. Щербакова, Т.О. Особенности процесса размола волокнистой суспензии в условиях её наполнения синтетическими высокодисперсными соединениями в слабощелочной среде / Т.О. Щербакова, Н.В. Чёрная // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – № 3. – С. 112–122.
9. Щербакова, Т.О. Проклейка, наполнение и упрочнение бумаги и картона по ресурсосберегающей технологии / Т.О. Щербакова [и др.] // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы III междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти проф. В.И. Комарова, Архангельск, 9–11 сентября 2015 г. / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ, 2015. – С. 248–252.





Очистка озёрной воды с помощью минеральной загрузки

Налётов И.В.

*Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»*

Зяц В.С.

*Беларусь, г. Минск,
отдел прикладной биотехнологии ООО «Астроинженерные технологии»*

Боричевский А.Н.

*Беларусь, г. Минск,
отдел генерального плана
управления проектных работ ЗАО «Струнные технологии»*

УДК 504.4.062.2



Водные экосистемы обладают способностью к самоочищению и постепенному приходу к биологическому равновесию, которое в свою очередь достигается действием различных физических, химических и биологических факторов. Очистка воды в рамках изолированной закрытой экосистемы является одной из первостепенных и важных задач. Основу для решения данной проблемы составляет подбор соответствующей минеральной загрузки.

Ключевые слова:

водообмен, минеральная загрузка, очистка воды, параметры очистки, фильтрация воды, ЭкоКосмоДом (ЭКД), ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля), экологичность.



Введение

С развитием техносферы, а также вследствие активной промышленной деятельности человека проблемы окружающей среды с каждым годом становятся всё более серьёзными. Загрязнение поверхностных и грунтовых вод на планете требует создания новых и усовершенствования уже имеющихся способов их очистки от различного рода чужеродных веществ [1]. Сегодня очистка воды практикуется везде, где живут люди, однако для большинства технологий нужны значительные площади и энергозатраты. В частности, для очистки сточных вод используются обширные поля фильтрации, а для получения питьевой воды – фильтры со сложными устройствами, часто заменяемыми картриджами.

При организации замкнутых экосистем, лишённых возможности доставлять воду извне, есть необходимость во внедрении новых методов очистки, которые должны соответствовать критериям возобновляемости, эффективности и экологичности, для того чтобы не нарушать баланс в экосистеме. Получение очищенной воды экологическим путём в условиях замкнутой системы является одним из ключевых вопросов её изоляционного функционирования [1, 2]. Процесс самоочищения основан на постепенном восстановлении свойственной водоёму экоструктуры и биологического разнообразия после попадания в него чужеродных веществ [3].

Загрязнение воды преимущественно органическими элементами составляет главную проблему нормального функционирования водных экосистем [4]. В процессе проведения эксперимента по очистке воды посредством природных минералов получены результаты, актуальные для работы закрытых экосистем, а значит, применимые при создании ЭкоКосмоДома на планете Земля (ЭКД-Земля) как прототипа космического поселения [2].

Цель данной работы – изучение способов максимальной степени очистки водоёма за счёт непрерывной циркуляции воды через фильтрующую минеральную загрузку, представляющую собой смесь различных минералов [2, 3].

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- подбор оптимального состава минеральной загрузки;
- определение необходимой скорости и времени прохождения воды через загрузку;
- установление сроков эффективной работы загрузки;
- изучение возможных способов очистки от различных штаммов микроорганизмов;
- измерение объёмов профильтрованной воды через загрузку.



Используемые для очистки водоёмов минеральные вещества и их свойства

С целью изучения способности минеральных веществ очищать воду от органических и неорганических примесей подбирались природные соединения, исходя из их молекулярно-ситового эффекта (т. е. основное внимание уделялось различной доступности внутреннего пространства пористых материалов для отличающихся по размерам молекул), а также природные минералы для очистки озёрной воды [5–8]: гравий, кремь, аргиллит, горный кварц, шунгит, жадеит.

Кремь состоит из скрытокристаллического кварца (халцедона), опала, гидроокислов железа, глауконита, карбонатов [9]. Находясь в водной среде, кремь подавляет размножение гнилостных бактерий, выводит в осадок погибшую болезнетворную микробиоту и соединения растворённых в воде тяжёлых металлов: цинка, свинца, кадмия, железа, ртути. Нейтрализует хлор, нитратные соединения и сорбирует радионуклиды [9, 10].

Гравий (кварцевый) – фильтрующий материал, получаемый при помощи дробления и рассеивания породы, характеризуется высоким содержанием оксида кремния (до 99 %), а также минимальным количеством растворимых соединений кальция, железа и марганца. Обладает высокой стойкостью к механическим и химическим воздействиям. Используется как удерживающий органические элементы слой [8].

Горный кварц оказывает положительное воздействие на структуру воды, насыщая её ионами кремния (Si^{2+}). Придаёт гибкость и эластичность костной ткани, прочность ногтям и волосам, способствует быстрой регенерации клеток [10, 11].

Шунгит и жадеит обладают абсорбирующими свойствами, а также наполняют воду минеральными элементами (Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mn^{2+} , Ba^{2+}) [9, 12]. Нормализуют ионный обмен между этими элементами, что необходимо для усвоения минералов организмами [11].

Цеолиты – большая группа минералов, в основном водные алюмосиликаты кальция, натрия. Отдают и поглощают воду в зависимости от температуры и влажности, способны к ионному обмену – избирательно выделяют и впитывают различные вещества, обменивают катионы [13].

Помимо минералов необходим древесный уголь, который за счёт высокой сорбционной ёмкости хорошо удаляет органические компоненты [7, 8, 14].

Как видится из перечисленного, совокупное действие минералов проводит первичную очистку воды от органических веществ, а также помогает её насыщению ионами различных элементов, нужных для жизнеобеспечения живых организмов.

В настоящее время существует множество устройств для очистки воды от нерастворимых частиц и примесей. В различных типах фильтров задействованы описанные выше минералы, однако не в комплексе [6, 7]. Все ныне используемые методы не подходят для функционирования замкнутой системы, так как являются невозобновляемыми (сменные картриджи) или требуют немалых площадей для эффективной работы (поля фильтрации). В мире не ведутся поиски новых способов очистки воды в замкнутой среде, значительная часть разработок направлена на очистку воды в регионах Африки. Данная статья нацелена на создание установки для очищения большого количества воды в рамках замкнутой экосистемы с применением различных минералов и материалов.

Описание эксперимента

В замкнутых экосистемах в результате жизнедеятельности водных живых организмов (и экосистемы в целом)



Рисунок 1 – Схема минеральной загрузки

неизбежно попадание всевозможных эндогенных соединений в общую циркуляцию воды. В связи с этим требуется построение искусственной схемы очистки на основании способности минералов сорбировать разные типы загрязнений.

Одной из главных потребностей человека является наличие чистой питьевой воды. Содержание в ней различных веществ должно соблюдаться согласно Санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам (СанПиН) [15].

В воде, предназначенной для полива зелёных насаждений, необходимо особо контролировать уровень кальция (ощелачивает почву) и хлора (разрушает клетки). К остальным показателям, перечисленным в СанПиН, растения не требовательны.

Показатели чистоты воды, направляемой для нужд животных, практически такие же, как и для человека; допускается лишь незначительное превышение содержания микро- и макроэлементов. Однако титр бактерий должен соотноситься с требованиями СанПиН (общее микробное число не должно быть больше 50 колоний в 1 см² [8, 14, 15]).

Для воды, используемой в хозяйственно-бытовых целях, может применяться менее строгий состав; при этом следует осуществлять контроль жёсткости и количества органических веществ в соответствии с нормами СанПиН.

Для постановки эксперимента выбрана следующая схема по очистке воды (рисунок 1):

- древесный уголь. Обеспечивает месяц непрерывной работы, заменяется по мере загрязнения органикой (20 % от всего объёма минеральной загрузки);
- минералы крупной фракции (кремь, аргиллит, горный кварц, шунгит, жадеит). Образуют с водой особые ассоциаты – коллоиды, поглощающие из среды грязь и постороннюю микробиоту (20 % от всего объёма);
- минералы более мелкой фракции (цеолиты, гравий, песок). Благодаря своей мелкодисперсности способны задерживать загрязнения различных типов (30 % от всего объёма);



- банановая кожура – как метод очистки воды с помощью органики. Хорошо связывает тяжёлые металлы, придаёт воде приятный вкус (15 % от всего объёма);
- активированный уголь – для удаления остаточной органики (15 % от всего объёма) [14, 16, 17].

В ходе эксперимента разработана установка для загрузки необходимых минеральных элементов очистки. Конструкция представляет собой «спираль» из ПВХ-труб диаметром 110 мм, выполненных с уклоном $i = 0,001$. Трубы закреплены на деревянном каркасе. В конце каждой секции из труб устраивается полупроницаемая перегородка для удержания минеральной части в отсеке. Общая длина пути фильтрации воды составляет 26,4 м (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид конструкции для очистки воды

Через данную установку было пропущено 50 л отобранной из водоёма воды, содержащей большое количество органических веществ и различных химических соединений (объём воды определён периодом оптимального функционирования загрузки, состоявшей из банановой кожуры). Изначально при попадании воды осуществлялось смачивание поверхности и пор минералов. Последующие же потоки воды проходили планируемую очистку.

Результаты и анализ

В процессе проведения эксперимента отобраны четыре пробы воды. Образец № 1 – вода из водоёма. Образец № 2 – вода, полученная после её первого прохождения через минеральную загрузку. Образец № 3 – вода, полученная после прохождения 20 л воды через загрузку. Образец № 4 – вода, полученная после прохождения 40 л.

Для дальнейшего проведения анализов (в соответствии с основными требованиями СанПиН в целях более глубокого изучения состава исходной и полученной воды) выделенные образцы были направлены в научно-методический испытательный отдел РУП «Научно-практический центр гигиены».

Результаты представлены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний воды, полученной в процессе эксперимента

Показатель	Единицы измерения	ТНПА	Требования		№ 1 (вода из озера)	№ 2	№ 3	№ 4
			СанПиН «Гигиен. треб. к источникам централизованного питьевого водоснабжения населения»	СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиен. треб. к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мутность	мг/дм ³	ГОСТ 3351-74	Не более 2	Не более 1,5	-	32,1	41,6	21
Цветность	Градусы	ГОСТ 31868-2012	Не более 30	Не более 20	-	3	2	2
Водородный показатель	Единицы рН	СТБ ИСО 10523-2009	6-9	6-9	8	9,9	9,8	8,8
Сухой остаток	мг/дм ³	ГОСТ 18164-72	Не более 1500	Не более 1000 (100-1000)	208	3068	1375	487
Нефтепродукты	мг/дм ³	ПНД Ф 14.12.4:128-98	Не установлены	Не более 0,1	-	-	-	-
Аммиак и ионы аммония	мг/дм ³	ISO 14911:1998 (E)	Не установлены	Не более 2	-	0,29	-	-
Перманганатная окисляемость	мг/дм ³	ГОСТ Р 55684-2013	Не более 7	Не более 5	5,4	7,7	7,9	4,5
Общая жёсткость	ммоль/дм ³	ГОСТ 31865-2012	Не более 10	Не более 7 (1,5-7)	3,75	6,07	4,7	3,62
Кальций	мг/дм ³	ISO 14911:1998 (E)	Не установлены	Не установлены (25-130)	51,98	0,46	10,22	20,89
Магний	мг/дм ³	ISO 14911:1998 (E)	Не установлены	Не установлены (5-65)	14,13	75,57	50,96	31,34
Калий	мг/дм ³	ISO 14911:1998 (E)	Не установлены	Не установлены (2-20)	3,61	1355,15	547,11	167,1
Натрий	мг/дм ³	ISO 14911:1998 (E)	Не установлены	Не более 200	7,2	57,07	48,22	31,11
Сульфаты	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не более 500	Не более 500	10,95	96,98	69,67	31,4
Хлориды	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не более 350	Не более 350	7,01	28,83	29,69	15,06
Нитраты	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не более 45	Не более 45	-	0,14	0,13	0,12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нитриты	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не установлены	Не более 3	-	-	-	-
Фосфаты	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не установлены	Не более 3,5	0,13	1,33	0,71	-
Фториды	мг/дм ³	ГОСТ ISO 10304-1-2016	Не установлены	Не более 1,5 (0,5-1,5)	-	-	-	0,5
Бор	мг/дм ³	ГОСТ 31949-2012	Не установлены	Не более 0,5	-	-	-	0,34
Кремний	мг/дм ³	По Ю.В. Новикову	Не установлены	Не более 10	1	3	2,45	5,3
Бикарбонаты (гидрокарбонаты)	мг/дм ³	ГОСТ 31957-2012	Не установлены	Не установлены (30-400)	-	2293,6	1037	481,9
Железо общее	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 0,3	0,011	0,101	0,096	0,055
Марганец	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 0,1	0,011	0,244	0,155	0,034
Цинк	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 5	0,094	0,013	0,033	0,028
Кадмий	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 0,001	-	-	-	-
Свинец	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 0,03	-	-	-	-
Алюминий	мг/дм ³	ГОСТ 18165-2014, п. 6	Не установлены	Не более 0,5	-	-	-	-
Медь	мг/дм ³	МВИ.МН 3057-2008	Не установлены	Не более 1	-	-	-	-
Барий	мг/дм ³	ГОСТ 31870-2012	Не установлены	Не более 0,1	0,041	0,021	0,039	0,091
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	МУК РБ № 11-10-1-2002	Отсутствие	Отсутствие	Зарост фильтров	Зарост фильтров	Зарост фильтров	Зарост фильтров
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	МУК РБ № 11-10-1-2002	Отсутствие	Отсутствие	Зарост фильтров	Зарост фильтров	Зарост фильтров	Зарост фильтров
Общее микробное число	Число КОЕ/см ³	МУК РБ № 11-10-1-2002	Не более 100	Не более 50	Сплошной рост	Сплошной рост	Сплошной рост	Сплошной рост

Результаты исследования показали, что исходный образец воды из водоёма имеет большое количество микроорганизмов, преимущественно водорослей. Это заметно по органолептическим показателям и отсутствию нитратов и нитритов. Кроме того, во всех образцах обнаружено чрезмерное микробное число вследствие высокого содержания микроорганизмов в воде из водоёма и неспособностью минеральной фракции улавливать такого размера частицы.

Для нормального протекания всех процессов жизнедеятельности человека и других живых организмов необходимо наличие в воде различных ионов (Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Si^{2+} , Mn^{2+} , Ba^{2+}).

Изначальный объём магния в образце № 1 – 14,13 мг/дм³, образце № 2 – 73,57 мг/дм³, образце № 3 – 50,96 мг/дм³, образце № 4 – 31,34 мг/дм³. В образце № 2 заметно резкое его повышение в связи с первичным смачиванием загрузки и избыточным попаданием минеральной пыли, однако в других образцах его содержание уменьшилось из-за вымывания остаточной пыли. Для того чтобы процессы в мышечной ткани протекали в соответствии с нормами, человеку в сутки необходимо 0,4 мг магния [1]: часть поступает с пищей, а остальное – с водой.

Одним из важных элементов является калий: в образце № 1 – 3,61 мг/дм³, образце № 2 – 1355,15 мг/дм³, образце № 3 – 547,11 мг/дм³, образце № 4 – 167,1 мг/дм³. Рост калия обусловлен влиянием банановой кожуры; дальнейшее уменьшение объясняется первичным вымыванием ионов калия из межклеточного пространства. Последующее насыщение воды калием определяется его выходом из клеток через полупроницаемую мембрану. Суточная потребность калия для человека – 1 ммоль/кг [1].

Концентрация кальция в водоёме – 51,98 мг/дм³, в образце № 2 – 0,46 мг/дм³, образце № 3 – 10,22 мг/дм³, образце № 4 – 20,89 мг/дм³. Кальций наряду с другими щелочноземельными металлами определяет жёсткость воды. Следовательно, его норма должна быть контролируемой в пределах 25–130 мг/дм³ [15]. Изначально при смачивании минеральной загрузки произошла почти полная абсорбция кальция в порах сорбентов, а в дальнейшем (после прохождения воды) показатель кальция увеличился.

В пробах № 2–4 наблюдается повышенное содержание бикарбоната. Большое количество этих ионов обусловлено их попаданием из минеральной пыли при первичном прохождении через загрузку вместе с ионами кальция. Суточная потребность в кальции – 800 мг [18].

Объём марганца в образце № 1 – 0,011 мг/дм³, образце № 2 – 0,244 мг/дм³, образце № 3 – 0,155 мг/дм³, образце № 4 – 0,034 мг/дм³. В пробах № 2, 3 наблюдалось повышенное содержание данного элемента в связи с его наличием

в минеральной пыли, которая смывалась. Суточная потребность человека в марганце – 1,8–2,6 мг [19].

Перманганатная окисляемость – один из параметров, характеризующий содержание органических загрязнителей. В пробах № 2, 3 их процент повысился по сравнению с исходной пробой № 1 в результате возможного попадания органики из банановой загрузки; в пробе № 4 их уровень нормализовался.

Тяжёлых металлов, нефтепродуктов, нитратов, нитритов, аммиака и ионов аммония выше нормы в пробах не обнаружено.

Через загрузку пропущено 50 л воды, 15 л из них израсходовано на смачивание поверхности и пор минералов. Первая вода появилась через час после заполнения; далее скорость её выхода составляла 5 л/ч. Итого благодаря загрузке полностью очистилось 35 л воды, из данного объёма отобрано 15 л на проведение анализов.

Выводы и дальнейшие направления исследования

Разработанная установка с подобранной минеральной загрузкой позволяет очистить природную воду от первичной органики (микроживотных, водорослей и др.). Однако очистка от более мелких микроорганизмов и бактерий является неудовлетворительной. Следовательно, необходимо проведение дополнительного комплекса обработки по уменьшению микробного числа. Теоретически возможные методы: воздействие ультрафиолетовым излучением, термическая обработка, ультразвук, γ -излучение.

Согласно результатам анализа образца № 2 резкий скачок по многим показателям (в отличие от исходного образца) говорит о том, что в порах загрузки содержится большое количество минеральной пыли, которая в свою очередь влияет на качество. Значит, такая вода не пригодна для питья. В образцах № 3, 4 наблюдалось снижение показателей до оптимального уровня – данная вода может использоваться в качестве питьевой после проведения процесса обеззараживания от бактерий.

Минеральная загрузка на 50 л воды продемонстрировала хорошую степень очистки. При пропуске большего объёма воды прогнозируются данные, идентичные образцу № 3. Теоретически ожидаемое [6, 8, 9] время работы шунгита, жадеита, горного кварца, гравия, кремня, цеолитов – пять лет; угольной загрузки – по мере загрязнения органикой. Для того чтобы система считалась обновляемой, очистку минералов возможно осуществлять путём прокаливании и отмыва. Угольная загрузка может быть получена

из произрастаемой древесины. В субтропических широтах наилучшим вариантом для этой цели являются олива, квебрахо, лапачо [20]; в умеренных – бук, берёза. Средний выход древесного угля с 1 м³ древесины – 200 кг.

Банановая фракция использовалась для насыщения воды калием, а также для улучшения вкусовых характеристик. В рамках ЭкоКосмоДома (ЭКД) планируется создание субтропического климата, где бананы будут произрастать в том числе для питания человека, животных. При этом следует рассмотреть аналоги банановой загрузки или проработать варианты применения, так как её достаточно только на 50 л воды и она не справляется должным образом с обеспечением вкусовых качеств получаемой воды. Возможный вариант доработки – сублимация кожуры банана.

Данная экспериментальная установка ориентирована на предварительную оценку взаимного действия выбранных минеральных элементов при очистке и ионном насыщении воды. В дальнейшем авторы эксперимента намерены приступить к изучению ввода живых составляющих для усовершенствования установки. Одна из целей улучшения – качественное удаление микроорганизмов, а также увеличение органолептических показателей, чтобы воду разрешалось использовать для питьевых нужд. Кроме того, будут продолжены работы по изменению конструкции установки, предназначенной для прикладного использования.

Литература

1. Стадницкий, Г.В. *Экология* / Г.В. Стадницкий. – СПб.: Химиздат, 2017. – 288 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. Джерелей, Б. *Вода для вашего здоровья* / Б. Джерелей, А. Джерелей. – Litres, 2014. – 380 с.
4. Сомин, В.А. *Очистка воды от ионов металлов на сорбентах из древесных отходов и минерального сырья* / В.А. Сомин [и др.] // *Экология и промышленность России*. – 2015. – № 2. – С. 56–60.
5. Плотников, Е.В. *Модификация минерального носителя для придания дополнительных сорбционных свойств* / Е.В. Плотников [и др.] // *Перспективы развития фундаментальных наук: сб. науч. тр. XII междунар. конф. студентов и молодых учёных, Томск, 21–24 апреля 2015 г.* – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 1073–1075.
6. Марченко, Л.А. *Сорбционная доочистка сточных вод* / Л.А. Марченко [и др.] // *Экология и промышленность России*. – 2007. – № 10. – С. 53–55.

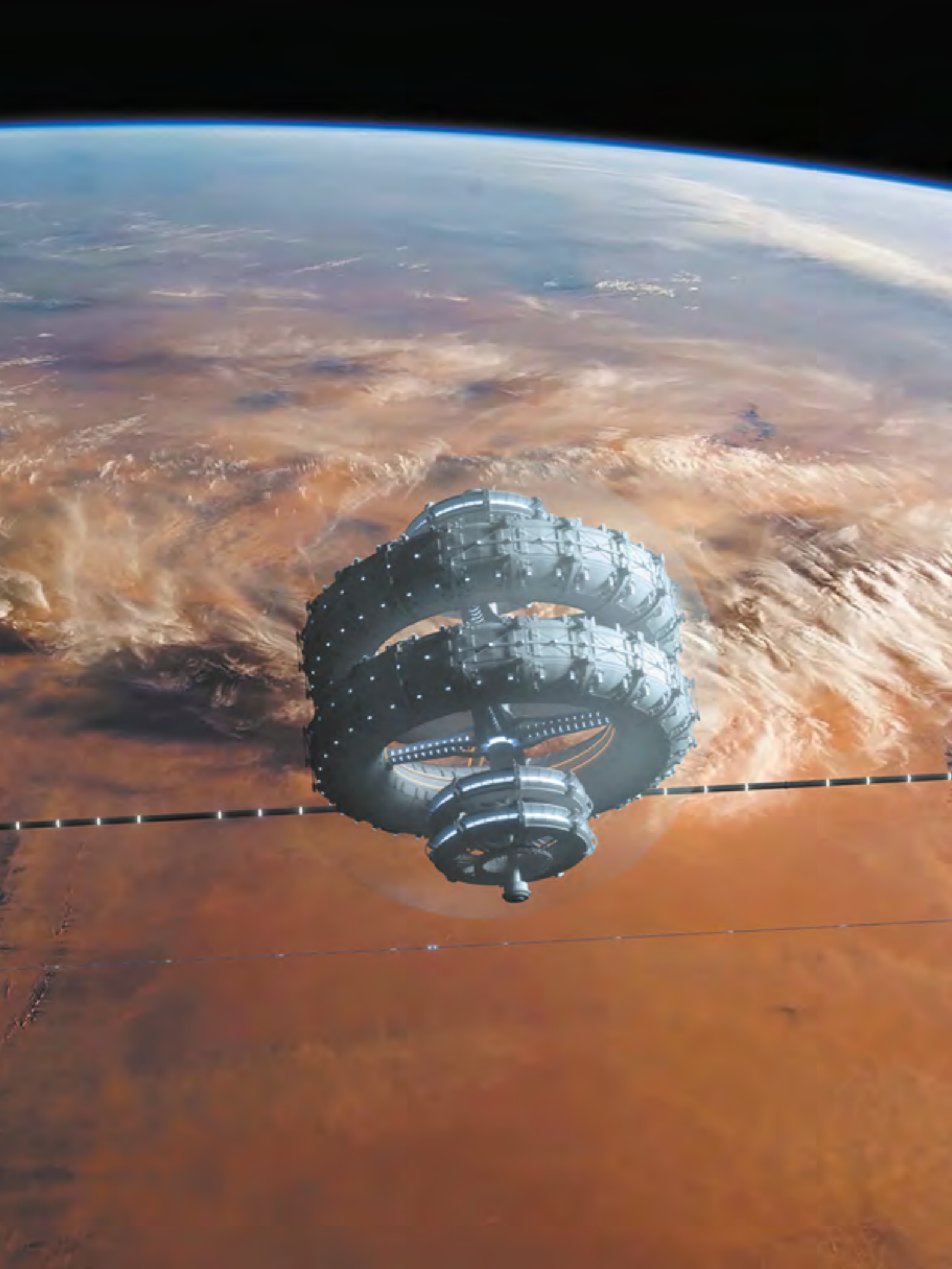


7. Бураков, А.В. *Мембранная очистка воды* / А.В. Бураков. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 908 с.
8. Макаров, А.Л. *Промышленные методы очистки воды* / А.Л. Макаров, А.Н. Беляев // *StudNet*. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 230–234.
9. Мосин, О.В. *Перспективы использования природного фуллеренсодержащего минерала шунгита в водоподготовке* / О.В. Мосин, И.И. Игнатов // *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. – 2013. – № 3. – С. 41–49.
10. Li, X. *Performance Evaluation of Common Household Water Filters in China* / X. Li [et al.] // *Fresenius Environmental Bulletin*. – 2014. – Vol. 23, No. 10. – P. 2460–2465.
11. Al-Haddad, A. *Effectiveness of Domestic Water Filters* / A. Al-Haddad, T. Rashid // *Desalination and Water Treatment*. – 2015. – Vol. 53, No. 3. – P. 649–657.
12. Мосин, О.В. *Минерал шунгит. Структура и свойства* / О.В. Мосин, И.И. Игнатов // *Наноиндустрия*. – 2013. – № 3. – С. 32–39.
13. Мартымянов, Д.В. *Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As⁵⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺ из водных сред* / Д.В. Мартымянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – Т. 3. – № 8. – С. 666–670.
14. Ильин, А.П. *Разработка новых методов очистки воды от растворимых примесей тяжёлых металлов* / А.П. Ильин [и др.] // *Известия Томского политехнического*

университета. *Инжиниринг георесурсов*. – 2010. – Т. 317, № 3. – С. 40–44.

15. *Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»*: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 19.10.1999 № 46 // *Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь*. – 2012. – № 8. – 42 с.
16. Саломатин, В.А. *Устройство для очистки воды* / В.А. Саломатин. – Новосибирск, 2014. – 28 с.
17. Перистый, В.А. *Очистка воды от нефтепродуктов природными сорбентами* / В.А. Перистый [и др.]. – Белгород: БГНИУ, 2012. – 15 с.
18. Вржесинская, О.А. *Использование в питании человека обогащённых пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция* / О.А. Вржесинская, В.А. Коденцова // *Вопросы питания*. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 41–48.
19. Дыдыкина, И.С. *Вклад микроэлементов (меди, марганца, цинка, бора) в здоровье кости: вопросы профилактики и лечения остеопении и остеопороза* / И.С. Дыдыкина [и др.] // *Эффективная фармакотерапия*. – 2013. – Т. 38. – С. 42–92.
20. Adam, J.C. *Improved and More Environmentally Friendly Charcoal Production System Using a Low-Cost Retort-Kiln (Eco-Charcoal)* / J.C. Adam // *Renewable Energy*. – 2009. – Vol. 34, No. 8. – P. 1923–1925.





УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный конструктор и научный руководитель
ООО «Астроинженерные технологии»
А.Э. Юницкий
12 сентября 2020 г.

Экологично, экономично и социально

ПРОГРАММА «ЭКОМИР» БЕЗРАКЕТНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА

*Земля – колыбель человечества, но нельзя вечно жить в колыбели.
К.Э. Циолковский*

Автор концепции:
инженер А.Э. Юницкий
г. Минск, Республика Беларусь

Исполнитель:
ООО «Астроинженерные технологии»
г. Минск, Республика Беларусь

Марьина Горка, 2020



Глоссарий: термины, определения, аббревиатуры

TransNet – глобальная коммуникационно-инфраструктурная наземная сеть на базе СТЮ (UST), включающая в себя транспортные, энергетические, информационные и иные линии и комплексы, отвечающая требованиям XXI в.

Космический вектор индустриализации – глобальное перевооружение земной техносферы с целью устранения её антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли за счёт перемещения экологически вредных, энерго- и ресурсоёмких отраслей и предприятий в космос на низкие околоземные орбиты. Космический вектор индустриализации также предполагает модернизацию части индустрии, оставленной на Земле и функционирующей в биосфере, на основе экоориентированных технологий.

Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – обслуживающий земное человечество многоорбитальный транспортно-инфраструктурный и индустриально-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора, являющийся функциональным аналогом экваториального линейного города, размещённого в космосе, а также плацдармом для защиты от космических угроз (в том числе метеоритных) и платформой для экспансии земной цивилизации в дальний космос.

Линейный город – пешеходное городское поселение кластерного типа, поверхность земли в котором предназначена для людей, животных и зелёных насаждений; застройка жилых, административных и индустриальных кластеров реализуется с использованием экоориентированных технологий EcoHouse; обеспечение электроэнергией и теплом осуществляется в соответствии с технологией EcoEnergy; снабжение продуктами питания взаимосвязано с технологией органического земледелия GreenWay. Транспортные, энергетические и информационные коммуникации размещены над землёй на «втором уровне» (эстакадное исполнение) согласно технологии СТЮ (UST). Линейные города отличаются отсутствием антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли, высокая эффективность городского хозяйствования и его автономность, а также достойный уровень качества жизни и условий труда.

Общепланетарное транспортное средство (ОТС) – геокосмический летательный аппарат многоразового использования для безракетного индустриального освоения ближнего космоса, выполненный в виде опоясывающего Землю в экваториальной плоскости тора; обеспечивающий

индустриальные грузо- и пассажиропотоки с Земли на околоземные экваториальные орбиты и обратно; основанный на единственно возможной (с позиций физики) экологически чистой и с минимальными энергозатратами геокосмической транспортной технологии.

Технологическая платформа EcoEnergy – генерация «зелёной» электрической и тепловой энергии с использованием:

- специально оборудованных теплоэлектростанций для экологически чистого сжигания бурых углей, сланцев и торфа с целью выработки живого плодородного гумуса из отходов их горения;
- возобновляемых источников энергии – энергии Солнца на Земле и в космосе, а также энергии ветра и морских течений;
- пары «водород – кислород» в качестве топливного аккумулятора для решения задач оптимизации энергетической отрасли планеты и космических перевозок.

Технологическая платформа EcoHouse – экоориентированное строительство на Земле жилых и производственных зданий и сооружений с открытым для внешней природной (биосферной) среды придомовым пространством, заполненным естественной и культурной (органическое земледелие) экосистемами, в которых атмосферные, почвенные и водные параметры регулируются природой. Почва из-под зданий при их строительстве переносится на крыши и этажи, затем обогащается живым гумусом. Данное озеленение проходит сообразно принципу: «Любое строительство на планете – это увеличение площади плодородных почв и повышение их плодородия».

Технологическая платформа GreenWay – органическое земледелие в новой логике воссоздания и интенсификации природных биосферных процессов путём прямого заимствования и использования естественных природных почвенных экосистем со своими микрофлорой, микрофауной и биогеоценозом, а также в логике полного отказа от применения каких-либо синтетических химикатов (удобрений и средств защиты растений), технологий генной модификации и других элементов интенсивного земледелия.

Технологическая платформа «Струнные технологии Юницкого» (СТЮ, или UST) – строительство нового вида транспортно-инфраструктурных и энергоинформационных сетей TransNet, создаваемых на основе предварительно

напряжённых (струнных) конструкций Юницкого. Предназначена для обеспечения всех необходимых коммуникационных связей между объектами (и континентами) на Земле; между объектами в ближнем космосе, движущимися по круговым экваториальным орбитам; между объектами на Земле и размещёнными в ближнем космосе.

Технологическая платформа «ЭкоКосмоДом» (ЭКД) – строительство в космосе сооружений с внутренним обитаемым пространством, изолированным от внешней агрессивной космической среды. Внутри ЭКД создана замкнутая экосистема земного типа, включающая искусственно полученную гравитацию, живую плодородную почву, флору и фауну (в том числе микрофлору и микрофауну) и атмосферу с регулируемыми параметрами (температуры, влажности и др.) для неограниченно длительного, автономного, экокомфортного проживания и деятельности как отдельных людей и их групп, так и многотысячных поселений на экваториальных орбитах планеты, а также в открытом ближнем и дальнем космосе.

Устойчивое развитие – «удовлетворение потребностей нынешнего времени, не подвергая угрозе возможность последующих поколений удовлетворять свои потребности» – это понятие сформулировано Международной комиссией по окружающей среде и развитию при ООН и положено в основу целей и принципов деятельности ООН.

Экваториальный линейный город (ЭЛГ) – земной компонент геокосмического транспортно-коммуникационного комплекса, на территории которого размещена взлётно-посадочная эстакада ОТС со всей инфраструктурой, необходимой для осуществления полётов ОТС и обслуживания глобальных геокосмических грузо-пассажирских потоков. Представляет собой гармонично вписанные в природную среду сухопутных и океанических участков планеты поселения кластерного типа, соединённые между собой трассами СТЮ (UST) и размещённые на полосе вдоль экватора.

ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля) – земное сооружение, предназначенное для автономного и неограниченно длительного проживания человеческого поселения расчётной численности, во внутреннем замкнутом пространстве которого поддерживаются условия для развития экосистем, имеется совокупность необходимых для этого свойств биосферы планеты, а также моделируются дополнительные технологические процессы, гарантированно обеспечивающие потребности человека

для существования (параметры атмосферы и среды обитания, пищевые ресурсы и др.). ЭКД-Земля является земной биосферной моделью космического ЭКД в части создания и организации внутреннего пространства и всех соответствующих составляющих (биосферы, технологий, взаимосвязей процессов и др.) с замкнутым круговоротом вещества (живого и минерального), энергии и информации.

ЭкоМир – более совершенный мир, представленный триединством БиоМира, ТехноМира и ХомоМира, которые в совокупности образуют комплекс оптимальных условий для устойчивого роста и дальнейшего развития техногенной земной цивилизации в космическом направлении.

БиоМир – восстановленная и сбалансированная планетарная, открытая в космос биосферная экосистема, которая более не испытывает антропогенного угнетающего воздействия техносферы Земли и продолжает развиваться (эволюционировать) по законам земной природы. Включает:

- естественные и культурные (органическое земледелие) экосистемы на суше планеты, в том числе водные (озёра, реки и др.);
- океаническую, морскую и атмосферную экосистемы с возможностью экологически чистого управления извне погодой, климатом и иными системами планеты природными методами;
- растительный и животный мир сухопутных и водных экосистем (включая микрофлору и микрофауну) с сохранённым и ныне доступным их биоразнообразием;
- земное человечество, каждый индивидуум которого здоров и счастлив.

ТехноМир – вновь созданные индустриальные компоненты:

- земная индустрия, сформированная на основе новых экоориентированных технологий и состоящая только из необходимых человеку внутри биосферы Земли отраслей;
- космическая индустрия, включающая вынесенные за пределы биосферы Земли энергозатратные, ресурсоёмкие, экологически вредные и другие отрасли промышленности, которые в условиях космической технологической среды приобретают абсолютное конкурентное ценовое и качественное превосходство;

• геокосмический транспортный комплекс ОТС, обеспечивающий экологически чистую для земной биосферы транспортно-логистическую связь между земными и космическими компонентами индустриального ТехноМира с грузо-, энерго-, инфо- и пассажирскими потоками индустриального масштаба.

ХомоМир – усовершенствованное мировое общественно-политическое устройство, основанное на консолидации международного сообщества вокруг единого управляющего центра, аккумулировавшего территориальный, финансовый, экономический, научный, кадровый, военный и политический потенциал всех стран-участниц. Это откроет путь к неисчерпаемым и доступным ресурсам космоса и на основе космоориентированной экономики земной техногенной цивилизации создаст новые социально-политические и экономические условия для максимально полной реализации целей устойчивого развития человечества, в том числе обеспечения социальной справедливости, равноправия, свобод, гармоничного развития, а также права каждого жителя планеты на достойную долгую и счастливую жизнь.



Аннотация программы «ЭкоМир»: безракетная индустриализация космоса

Первобытные люди, чтобы не дышать технологическим смогом (содержащимися в нём ядовитыми и канцерогенными веществами), вынесли огонь, на котором готовили пищу, и другие простейшие индустриальные технологии из пещеры, своего дома, в окружающую среду – в большой биосферный дом Земля. И сегодня ощутим закономерный результат последующего технологического развития и создания индустрии – большой биосферный дом нашей планеты заполнен «смогом», угрожающим не только человеку, но и всей жизни на Земле.

Кардинальный выход из сложившейся ситуации всё тот же, что и сотни тысяч лет назад: экологически опасную часть земной техносферы необходимо вынести за пределы биосферы Земли. Речь идёт о глобальном индустриальном перевооружении – переносе всей экологически вредной, энергозатратной и ресурсоёмкой индустрии в ближний космос, т. е. на минимальное расстояние от потребителя (человечества). При этом цивилизация людей, популяция которых возросла до многомиллиардного социума, должна продолжать жить в своём большом биосферном доме. Известно, что организм человека, как одна из систем сложнейшего биосферного комплекса, за миллиарды лет эволюции живого вещества идеально «подогнан» именно к земным природным условиям. Следовательно, этот критерий и определил сущность космического вектора индустриализации: «Земля – для жизни. Космос – для индустрии».

Неисчерпаемость космических пространств, энергии, ресурсов и принципиально новые уникальные технологические условия (невесомость, глубокий вакуум и др.) обуславливают ценовое и качественное конкурентное превосходство космической индустрии над техносферой Земли. Данный факт, в свою очередь, определяет конкурентный механизм устранения вредного антропогенного угнетения биосферы и мотивированность к инвестированию в индустриализацию космоса. Ход формирования базисных отраслей космической индустрии (энергетики, транспорта, добычи и переработки сырья и др.) обозначит сроки устранения вредного антропогенного угнетения биосферы со стороны техносферы Земли, в чём и заключаются основная цель и главная задача программы «ЭкоМир». Ведь именно эти аналоги базисных отраслей в составе техносферы Земли являются наиболее экологически вредными, энергозатратными и ресурсоёмкими. Кроме того, скорейшее создание базисных отраслей предопределяет инвестиционную привлекательность космического вектора индустриализации в целом.

Однако подобное станет возможным только при наличии геокосмической транспортной системы, которую будут отличать энергоэффективность, экологическая чистота

и безопасность, а также способность обеспечить индустриальные масштабы грузо-пассажирских перевозок (миллионы тонн грузов и миллионы пассажиров в год).

Ракетно-космическая отрасль не отвечает ни одному из указанных требований. Общий энергетический КПД ракеты-носителя, работающей на топливе (твёрдом или жидком), с учётом всех предполётных и полётных затрат энергии составляет около 1%. Геокосмические перевозки посредством ракет всегда останутся чрезвычайно опасными с точки зрения экологии, а их стоимость достигнет не менее миллиона долларов за тонну космического груза. Выбросами тепловой и кинетической энергии реактивной струи, ядовитыми продуктами горения ракетного топлива современная космическая индустрия уже наносит окружающей среде значительный экологический вред. И самое главное, в колоссальных объёмах уничтожается озоновый слой, защищающий нашу планету от космического ультрафиолета.

Неэффективным геокосмическим транспортным решением является и технология космического лифта на растянутом тросе (заявленная производительность – до 10 000 тонн грузов в год). На сегодняшний день отсутствуют соответствующие для данной технологии сверхпрочные и сверхлёгкие материалы. Кроме того, учитывая, что космический лифт может быть построен только из космоса, опять же отсутствует возможность доставить миллионы тонн его конструкций на орбиту высотой более 50 000 км.

Совершенно очевидно, что оптимальная для индустриализации космоса геокосмическая транспортная система (ГКТС) должна отвечать фундаментальным законам природы. К их числу относятся четыре физических закона сохранения: энергии, импульса, момента импульса и движения центра масс системы. Вместе с тем конструкция и принцип действия ГКТС призваны минимизировать взаимодействие с внешней средой. Всему перечисленному, а также ряду дополнительных условий и требований, обусловленных задачами индустриализации космоса, отвечает только одно инженерное решение – общепланетарное транспортное средство (ОТС).

Данный проект был разработан инженером А.Э. Юнцким более 40 лет назад. За это время ОТС многократно исследовано и проверено расчётными методами, которые подробно описаны в многочисленных научных публикациях и монографиях самого автора и в работах других экспертов.

ОТС – геокосмический транспортный комплекс многоразового использования для безракетного индустриального освоения ближнего космоса; выполнен в виде летательного

аппарата, опоясывающего Землю в экваториальной плоскости. ОТС оснащено двумя ленточными маховиками, размещёнными внутри корпуса в вакуумных каналах и удерживаемых на магнитных подвесах. Однажды разогнанные маховики могут вращаться внутри вакуумных каналов годами, так как магнитная подушка на постоянных магнитах, как и вакуум, не станет создавать сопротивление при их движении с космическими скоростями. Затраты энергии на рейс с полной загрузкой в обе стороны будут обусловлены лишь внутренними потерями энергии, оцениваемыми не выше 10 % (хотя теоретически их реально уменьшить до 5 % и даже ниже – до 2–3 %). То есть КПД ОТС может быть близок к теоретически возможному пределу – 100 %.

При подъёме с Земли в космос разогнанные маховики будут передавать свою энергию корпусу ОТС и закреплённому на нём грузу, а при спуске из космоса на Землю, по аналогии с падающей водой гидроэлектростанции, станут получать энергию от корпуса ОТС и закреплённого на нём груза. Значит, после создания космической индустрии, когда основной грузопоток направится из космоса на Землю, ОТС прекратит тратить электроэнергию и начнёт генерировать её, как гигантская экваториальная электростанция.

Основой будущей космотехногенной земной цивилизации, справившейся с глобальными экологическими, ресурсными и социально-политическими вызовами, должен стать новый мир – ЭкоМир, названный так его автором, инженером А.Э. Юницким. Этот совершенный мир будет опираться на три составляющие, призванные обеспечить весь необходимый комплекс условий для устойчивого развития земной цивилизации в обозримом будущем:

БиоМир – биосфера Земли, свободная от внешнего антропогенного воздействия, восстановленная и естественно эволюционирующая;

ТехноМир – вновь созданная на Земле и в ближнем космосе техносфера, не оказывающая антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли и являющаяся гораздо более энерго- и ресурсоэффективной;

ХомоМир – усовершенствованное мировое общественно-политическое устройство.

Важнейшей составляющей экообновлённой техносферы Земли станет экваториальный линейный город (ЭЛГ) – земной, на полосе вдоль экватора, компонент геокосмического транспортно-инфраструктурного комплекса ОТС. На территории ЭЛГ разместится взлётно-посадочная эстакада ОТС с экоориентированной инфраструктурой (жилой, производственной, энергетической, научной,

агробиологической и др.), необходимой для обслуживания глобальных геокосмических грузо-пассажирских потоков.

Практическая индустриализация околоземного космического пространства должна начаться с первым запуском ОТС. Прежде всего в ближнем космосе, ниже радиационных поясов, будет создано космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – орбитальный транспортно-инфраструктурный и индустриально-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора на низких круговых орбитах.

Для обслуживающей космическую индустрию персонала планируется построить биосферные поселения кластерного типа – ЭкоКосмоДома (ЭКД), в которых будет искусственная гравитация, а также лучшая часть земной биосферы – субтропики. Там будут естественные природные условия: земная атмосфера, ландшафты, флора и фауна, живая плодородная почва, земные биогеоценозы, водные экосистемы и другое земное, что нужно человеку для комфортной и безопасной жизни в окружении агрессивной космической среды.

Земная цивилизация, к тому времени насчитывающая порядка 10 млрд человек, однако по-прежнему оставаясь, по словам К.Э. Циалковского, в своей колыбели, будет нуждаться как минимум в четырёх отраслях индустрии рядом с собой внутри биосферы планеты. Они не должны оказывать антропогенного угнетающего воздействия и призваны выгодно отличаться высокой эффективностью, демонстрировать лучшие показатели качества, т. е. быть экоориентированными:

- производство натуральных и экологически чистых продуктов питания – доиндустриальных аналогов (когда сельское хозяйство не знало химических удобрений и ядохимикатов);

- получение «зелёной» электроэнергии и тепла (в тёплых странах, наоборот, холода), т. е. без ущерба для биосферы планеты;

- строительство экокомфортного жилья, производственных зданий и сооружений;

- транспортная и энергоинформационная экоориентированная инфраструктура.

Эти условия обеспечат только экоориентированные технологические платформы:

- **GreenWay** – доиндустриальное органическое земледелие;

- **EcoEnergy** – «зелёная» энергетика, преимущественно реликтовая солнечная биоэнергетика;

- **Струнные технологии Юницкого (СТЮ, или UST);**

- **EcoHouse** – экоориентированное строительство.

Непременное условие начала полномасштабной реализации программы «ЭкоМир» – консолидация усилий всего человечества. Прежде всего требуется, чтобы широкая мировая общественность, политические, научные и бизнес-элиты глубоко осознали неизбежность космического вектора индустриального развития. Только после этого возможно учреждение под эгидой ООН международного Консорциума с достаточным участием государств экваториального пояса планеты и как можно большего числа стран-участниц с высоким экономическим и научно-техническим потенциалом. Новый космоиндустриальный технологический уклад с новой экономической парадигмой неисчерпаемых космических ресурсов и возможностей, базирующийся на объединении усилий по созданию консолидированной экономики, приведёт и к новому сплочённому общественно-политическому устройству мира. Это позволит покончить с социальной несправедливостью и другими подобными недугами человеческой цивилизации.

Организационный план реализации программы «ЭкоМир» предполагает три этапа.

1. Подготовительный этап. Срок реализации: 20–25 лет (с 2020 г. по 2040–2045 гг.). Цели и задачи: проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), строительство экваториального линейного города (включая экваториальную стартовую эстакаду), изготовление общепланетарного транспортного средства, организационная подготовка и логистическое обеспечение полётов ОТС.

2. Базисная индустриализация космоса. Срок реализации: 10–15 лет (с 2040 г. по 2050–2055 гг.). Цели и задачи: создание и стремительное наращивание мощностей базисных отраслей космической индустрии, что позволит начать конкурентное вытеснение и плавный, отрасль за отраслью, демонтаж техносферы Земли. Параллельно планируется проведение монтажа транспортно-инфраструктурной части космического индустриального ожерелья «Орбита», строительство первых жилых и промышленных орбитальных кластеров, в ходе которого будут применяться конструкционные материалы с Земли. Затем предусматривается массовая индустриальная застройка экваториальных орбит с использованием уже космических материалов.

3. Широкомасштабная индустриализация космоса (бессрочная, начиная с 2055 г.). Цели и задачи: расширение линейки качественных потребительских и промышленных

космических товаров и услуг, формирование конкурентного космического рынка.

Особенность риск-менеджмента программы «ЭкоМир» – направленность проекта на изменение мироустройства. Последнее обуславливает отсутствие традиционных инвестиционных рисков и наличие одного существенного. Это риск потери человечеством драгоценного времени, которого осталось совсем немного, чтобы в полной мере осознать неизбежность космического вектора дальнейшего индустриального развития, консолидировать усилия всех стран мира и как можно скорее приступить к полномасштабной реализации программы «ЭкоМир», призванной не только спасти мир, но и сделать его лучше.

ООН реализует концепцию устойчивого развития, но пока не удалось кардинально преобразовать мир к лучшему. Более того, проблема антропогенного угнетения биосферы продолжает усугубляться. Причина сложившейся ситуации: идеи сдерживания и даже сокращения нынешнего уровня роста и развития, положенные в основу концепции так называемого устойчивого развития, противоречат ценностям технократической цивилизации. Популяция плесени, находящаяся в замкнутой экосистеме чашки Петри, неизбежно гибнет, съев все имеющиеся ресурсы и отравив ограниченное пространство отходами своей жизнедеятельности. К сожалению, это практически точная копия того, что происходит с человеческой цивилизацией в биосферном доме Земля, и то, к чему, как бы ужасно ни звучало, она ускоренно движется.

Автор программы «ЭкоМир» инженер А.Э. Юницкий, формулируя гуманистические цели, практически идентичные с провозглашёнными ООН, предлагает всесторонне обоснованные и экономически выгодные инженерно-технические решения, призванные не только спасти биосферу и человечество от деградации, угасания и гибели, но и обеспечить ещё более стремительный экономический рост и индустриальный прогресс земной цивилизации, которая объективно не может отказаться от техногенного пути развития.



Программа «ЭкоМир»

1. История возникновения и развития программы «ЭкоМир»

Первая в мире конференция, посвящённая безракетной индустриализации космоса, состоялась в г. Гомеле (Белорусская ССР) 26–28 апреля 1988 г. и была организована инженером А.Э. Юницким при поддержке Советского фонда мира и Федерации космонавтики СССР.

В этом историческом событии приняли участие около 500 человек – инженеры и учёные из 20 городов СССР. В ходе мероприятия 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.

А.Э. Юницкий являлся докладчиком и содокладчиком по четырём темам. В центре внимания конференции находился предложенный им проект общепланетарного транспортного средства (ОТС). Это геокосмический летательный аппарат, охватывающий планету в плоскости экватора. Подъём осуществляется за счёт увеличения диаметра, при этом положение центра масс ОТС никогда не изменяется – он всё время совпадает с центром масс планеты. По достижении ОТС расчётной высоты и окружной скорости корпуса, равной первой космической скорости, можно говорить о доставке грузов и пассажиров на орбиту в космос. Заложенные инженером А.Э. Юницким в конструкцию и в принципы работы ОТС технические решения обусловили уникальную грузоподъёмность и энергоэффективность геокосмического сооружения, а также отсутствие его угнетающего воздействия на биосферу Земли.

По итогам проведённой конференции было решено создать научную организацию, действующую на принципах самоокупаемости и самофинансирования, – Центр «Звёздный мир», который мог бы инвестировать выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по разработке общепланетарного транспортного средства. За полтора года под руководством А.Э. Юницкого Центр «Звёздный мир» реализовал порядка 100 инноваций. Впоследствии они были внедрены на предприятиях СССР и принесли доход около 5 млн USD, что позволило профинансировать различные проекты в рамках развития предложенной им концепции

безракетной индустриализации космоса. Проведено множество исследований; их результаты сохранили актуальность и сегодня.

Инженер А.Э. Юницкий – пионер во многих отраслях, что предопределило его тернистый путь к успеху. С самого начала, с момента обнародования, проект ОТС и его автор столкнулись с субъективной критикой, непониманием, неприятием и даже враждебностью со стороны научной среды и чиновников. А.Э. Юницкому не раз приходилось защищать в судах свои инженерные решения и честное имя от всякого рода недобросовестных нападок. В итоге Центр «Звёздный мир» ему пришлось закрыть и далее работать в полном одиночестве, продлившемся не один десяток лет. Единственным другом и поддержкой на протяжении всего этого времени была супруга Надежда.

21 июня 2019 г. в г. Марьина Горка (Республика Беларусь) состоялась II международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты».

Минувший между двумя конференциями промежуток – 31 год – стал для проекта ОТС испытанием жизнеспособности, а для инженера А.Э. Юницкого – периодом борьбы за идею и этапом формирования прочного фундамента её реализации – Струнных технологий Юницкого (СТЮ, или UST), «отпочковавшихся» от эстакады общепланетарного транспортного средства. Кроме того, успех проекта струнного транспорта UST – воплощённого, протестированного и востребованного рынком – доказал, что А.Э. Юницкий способен создавать сложные системы, организовывать финансирование и проводить комплексные научно-исследовательские и инженерно-конструкторские работы, развивать инновационные технологии и целые технологические платформы, осуществлять конструирование, проектирование и производство новой, эффективной и экоориентированной продукции, а также услуг.

2. Глобальные вызовы – антропогенное угнетение биосферы и нехватка земных ресурсов

Со второй половины прошлого столетия на Земле стали явно ощущаться глобальные проблемы, связанные с антропогенным угнетением биосферы и истощением природных ресурсов. При сохранении нынешних темпов роста и развития техносферы через два поколения прогнозируется такой уровень разрушения, загрязнения, разбалансировки всех экосистем биосферы и такое истощение отдельных видов природно-биосферных и сырьевых

ресурсов, что наша планета может оказаться непригодной для существования человеческой цивилизации.

Деградация экосистем биосферы прежде всего связана с истощением и разрушением живых плодородных почв, считающихся иммунной системой и основой здоровья земной биосферы. Именно почва определяет правильное протекание естественных биогенных процессов, являясь начальным и конечным элементом замкнутой пищевой цепочки всех растительных и животных организмов, в которой также есть и человек.

Одним из первых факторов истощения и разрушения почв стал сельский уклад жизни, вследствие которого вскрыли и начали обрабатывать значительную долю плодородных почвенных покровов Земли. Это многократно ускорило их водную и ветровую эрозию, существенно опередив процессы естественного восстановления. Дальнейшее развитие технологий интенсивного земледелия, использующего химические удобрения и ядохимикаты, привело к прямому загрязнению почв опасными для жизни химическими веществами и соединениями. Дополнительной причиной косвенного, но ещё более значимого загрязнения почв смертельно опасными для биоты веществами и техногенными продуктами стали оседающие и накапливающиеся в верхних слоях почвы вредные выбросы в атмосферу продуктов сжигания углеводородов (преимущественно в автомобильном и авиационном транспорте и тепловых электростанциях), неполной переработки ядерных отходов и горных пород (в том числе при выполнении вскрышных работ), а также канцерогенной пыли, выделяемой в результате износа автомобильных шин и асфальта.

Преимущественный урбанистический уклад современной жизни, превысивший 50-процентную отметку, кроме прямого уничтожения плодородных земель в границах мегаполисов вместе с урожаем безвозвратно забирает из нормального биогенного оборота пропорциональную (т. е. свыше 50 %) долю гумуса и полезных элементов. В свою очередь продукты земледелия после их использования городским населением в качестве продовольствия не возвращаются обратно на возделываемые земли, так как все биогенные результаты переработки и потребления существенной их части оседают в городских отвалах и канализационных стоках.

В дополнение к упомянутым факторам сравнительно недавно добавился ещё более опасный аспект экологического загрязнения – практика техногенного замещения биологических процессов. Имеется в виду широкая гамма трансгенных организмов, продуктов питания и лекарственных препаратов, разработанных на основе нано-, био-,

инфотехнологий. Их использование достигло значительных масштабов и уже глубоко пронизало искусственно-биологической жизни, включая организм человека. Это необратимо меняет ход эволюции всей биосферы и подрывает её способность к саморегулированию, которое создавалось и «тонко шлифовалось» в течение миллиардов лет, прошедших с момента зарождения первой жизни на нашей планете.

Кроме того, разрушение экосистем биосферы связано с антропогенным загрязнением атмосферы парниковыми газами, что привело к росту среднемировой температуры, таянию ледников, повышению уровня моря, изменению климата и увеличению случаев природных катастроф, а также к непредсказуемости климата и продовольственной угрозе. Один из парниковых газов в атмосфере Земли – углекислый газ, который возникает при сжигании ископаемого топлива, применяемого в энергетике, промышленном производстве, на транспорте и др. Хотя он и необходим всему живому: например, при повышении в атмосфере содержания CO₂ продуктивность сельского хозяйства увеличивается пропорционально, что и практикуется в теплицах – там его объём на порядок выше и достигает 0,4 %. И здесь важен разумный баланс между минусами и плюсами, являющимися результатами увеличения содержания углекислого газа в атмосфере планеты.

Ещё одно следствие антропогенного загрязнения атмосферной части биосферы – интенсивное разрушение озонового слоя, в том числе ракетными пусками и стратосферной авиацией. Как известно, озон защищает всё живое от опасного ультрафиолета Солнца; именно благодаря ему когда-то простейшие формы жизни сумели выбраться из океана на сушу и подействовали появлению высоко развитых форм жизни, включая человека.

Стремительный рост техносферы приводит не только к загрязнению почв, атмосферы и водных ресурсов, но и к их исчерпыванию: уже сегодня нехватка плодородных почв, чистого воздуха и питьевой воды считается острой проблемой во многих уголках планеты. Что касается запасов нефти, газа, медных руд и других полезных ископаемых, то, по мнению специалистов, в течение ближайших 50–100 лет они будут полностью израсходованы. Сейчас же в сфере добычи и переработки наблюдается вынужденное наращивание затрат на энергопотребление, транспорт и очистные мероприятия, так как всё большая доля извлекаемых ископаемых приходится на бедные и труднодоступные месторождения.

При кажущемся богатстве современной цивилизации огромная часть жителей планеты испытывает нужду и голод,

не имеет образования и медицинского обслуживания или просто находится на грани выживания. Среди главных причин такого социального неравенства – несправедливое устройство современного мира, в котором экономически развитые государства хищнически эксплуатируют человеческие, природные и минеральные ресурсы экономически слаборазвитых стран, как будто планета Земля – не один общий для всех дом.

3. Предпосылки для нового космического вектора индустриализации

По современным представлениям, жизнь зародилась на Земле около 4 млрд лет назад. Развиваясь и приспосабливаясь к существовавшим тогда на планете условиям, живые организмы начали преобразовывать окружающую среду. Эти трансформации были не меньшими, чем те, что происходили с живыми организмами по мере их развития и совершенствования. Так на мёртвой вначале и пустынной планете появились 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 возникла биосфера с миллионами видов живых организмов и преобразованная ими за миллиарды лет планета – биосферный комплекс систем, где все без исключения системы и их живые элементы идеально «подогнаны» друг к другу. Здесь нет ничего лишнего.

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 человечество избрало технологический путь развития. Именно в то время люди впервые испытали на себе конфликт между рукотворной техносферой и естественной биосферой. Первобытные народы изготавливали примитивные орудия труда, выделывали шкуры зверей и готовили пищу на костре в своих пещерах, поэтому в 20 лет умирали от рака лёгких – находясь в доме, они дышали смогом, образованным из технологических отходов. Тогда и был избран технократический путь развития земной цивилизации, и нам не дано свернуть с него и сегодня. Тогда же люди приняли вынужденное и единственно правильное решение и выжили, догадавшись вынести свои простейшие индустриальные технологии из пещеры, своего дома, в окружающую среду – в биосферу. С тех пор биосфера Земли стала новым большим домом для зарождающейся техногенной цивилизации и индустриальных технологий.

Современная индустриальная мощь человечества – закономерный результат развития нашей цивилизации на протяжении тысяч лет. Некогда пещерный *Homo sapiens* в составе локальных общин с примитивными орудиями труда превратился в современного урбанистического *Homo technocraticus* в составе планетарной цивилизации с развитой индустрией. Естественно, большой биосферный дом планеты Земля тоже оказался тесен для выросшей до её размеров техносферы. На повестке дня вновь возник вопрос антропогенной угрозы для цивилизации, так как теперь и в большом доме стоит техногенный смог.

Заводы, фабрики, электростанции, станки, автомобили и иное инженерное оборудование в техносфере являются аналогами живых организмов в биосфере [1], которые также обмениваются с окружающей средой энергией, информацией и веществом. На входе у них – сырьё и материалы (аналог питания), на выходе – готовая продукция или услуга (аналог результатов переваривания пищи) и отходы, выбрасываемые в окружающую среду, – то, что осталось после «вычитания» из сырья готовой продукции. Принципиально невозможно создать замкнутые, абсолютно «зелёные» инженерные технологические циклы, о чём мечтают экологи, чтобы таким образом решить все экологические проблемы на планете. Это как пытаться, например, запретить корове наряду с молоком и мясом давать и отходы – навоз, мочу, метан и углекислый газ.

Даже систему «Земля – Биосфера» нельзя считать замкнутой, так как в неё поступают энергия Солнца и космическое излучение, космическая пыль и метеоритное вещество, а в космическое пространство ночью излучается техногенный свет, и круглосуточно – радиоизлучение. Значит, техносфера, будучи незамкнутой системой, также неизбежно преобразует планету Земля и её биосферу. Вопрос – как?

Важные факты, на которые следует обратить особое внимание. Вся биосфера Земли создана из отходов жизнедеятельности живых организмов. Кислород и, соответственно, озон – отход фотосинтезирующих бактерий и зелёных растений; плодородная почва и гумус – всё это в своё время умерло и прошло через чей-то желудок и кишечник, в том числе почвенных микроорганизмов и земляного (дождевого) червя. Здоровая плодородная почва, такая как чернозём, содержит до триллиона микроорганизмов нескольких тысяч видов в каждом килограмме и по своей сути является иммунной системой всей земной биосферы. Именно здесь начинается пищевая цепочка для большинства живых организмов на планете, на вершине которой находится человек; и именно здесь заканчивает свою жизнь всё живое, даже вирусные инфекции, включая самые смертоносные.

Только ассоциации тысяч видов почвенных микроорганизмов, где каждый вид имеет свою узкую специализацию, создают универсальное питание для растений – гумус, всевозможные нерастворимые соли гуминовых кислот (иначе дожди и грунтовые воды вымыли бы всё питание из верхних слоёв почвы). Другие виды микроорганизмов «распечатают» эти своеобразные консервы – органические соединения гумуса, в которых содержится весь набор необходимых для жизни веществ (около 80 различных химических элементов), составляя специфические и сложные биоорганические соединения (в противовес химическим, используемым в виде удобрений), т. е. переводят гумус в растворимую форму и таким образом кормят растения.

Глобальное обострение экологических проблем связано прежде всего с тем, что техносфера по своей энерговооружённости (т. е. по возможности трансформировать окружающую среду) вплотную приблизилась к объёму биосферных преобразований. Например, сейчас биосфера в процессе фотосинтеза воспроизводит в год около 250 млрд тонн сухого органического вещества [2], что в пересчёте на топливо всего на порядок больше годового потребления энергии всей техникой, имеющейся в распоряжении земной цивилизации. А количество перемещаемых и перерабатываемых техникой грунта, угля, руды и других видов сырья уже превысило объём производства органического вещества биосферой.

Кардинальный выход из вновь сложившейся ситуации всё тот же, что и сотни тысяч лет назад. Для того чтобы обеспечить сохранение и развитие биосферы Земли, пригодной для жизни человеческой цивилизации, экологически опасную часть земной индустрии необходимо вынести за пределы этого большого дома. Речь идёт о создании индустрии в космосе, где есть неисчерпаемое пространство, энергия и ресурсы (не только минеральные), но и принципиально новые технологические условия – невесомость, глубокий вакуум и др.

При этом человечество, численность которого возросла до многомиллиардного социума, должно продолжать жить, как и прежде, в своём большом биосферном доме Земли. С биологической точки зрения люди сами по себе не представляют никакой опасности для планетарной экологии. Они являются одним из видов живых существ общей биомассой около 500 млн тонн (из них примерно 350 млн тонн составляет вода); их массовая доля при общей массе живого вещества в биосфере почти 2,5 трлн тонн (из них приблизительно 1,8 трлн тонн – вода) равна менее 0,02 %. Более того, организм человека идеально «подогнан» к земной силе тяжести, магнитному и электрическому полям Земли, земному воздуху, насыщенному

фитонцидами от цветущих растений, земной родниковой воде, содержащей важные для землян микроэлементы, земным продуктам питания, выращенным на земной плодородной почве, и ещё многому другому земному, о чём мы даже не подозреваем, но без чего не сможем существовать не только сегодня, но и в обозримом будущем.

Таким образом, нынешней техногенной земной цивилизации требуется «перезагрузка» на космический вектор индустриального развития:

- Земля – для биосферы (сложившейся в ходе миллиардов лет эволюции), техногенного человечества (как естественной части биосферы), а также для необходимых земной техногенной цивилизации отраслей с экоориентированными технологиями;
- Космос – для всех экологически вредных, энерго- и ресурсоёмких индустриальных технологий.

Однако это станет возможным только при наличии эффективной геокосмической транспортной системы на маршруте Земля – Ближний космос – Земля.

4. Механизм конкурентного устранения антропогенного угнетения биосферы

Космическая индустрия и её продукция в силу неисчерпаемости ресурсов и уникальности космической технологической среды обладают абсолютным (ценовым и качественным) конкурентным превосходством над нынешней техносферой Земли. Однако это преимущество, как отмечено выше, не считается безусловным и проявит себя лишь при наличии эффективной геокосмической транспортной системы, обеспечивающей уровень транспортных затрат не более тех, что несут отрасли и предприятия современной техносферы планеты. Таким решением является общепланетарное транспортное средство инженера А.Э. Юницкого [1], которое отличается уникальными показателями энергоэффективности, пассажиро- и грузоподъёмности промышленных масштабов, технико-экономическими преимуществами электрической тяги, а также экологической чистотой.

В связи с этим на II международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты» (г. Марьина Горка, Республика Беларусь, 2019 г.) [3] была выдвинута гипотеза последовательного конкурентного устранения нынешней техносферы Земли (и связанного с ней вредного антропогенного угнетения биосферы) вновь созданной космической индустрией как абсолютно логичного и эффективного механизма

глобального перевооружения в направлении космического вектора индустриализации.

По законам конкурентного рынка, если кому-то из его участников удастся внедрить инновационную, гораздо более эффективную технологию, то и остальным участникам данного рынка, чтобы выдержать конкуренцию, тоже необходимо освоить эту или иную, не менее эффективную технологию [4]. Как только ту или иную продукцию нынешней техносферы Земли вытеснит с рынка превосходящая по цене и качеству продукция космической индустрии, то отрасли и предприятия, не выдержавшие подобную конкуренцию, будут вынуждены остановить своё производство, а затем или объявить о банкротстве, или встроиться в новый космический вектор индустриализации и запустить программу своего космоиндустриального перевооружения.

Космический вектор индустриализации, обеспечивающий эффективную конкурентную и инвестиционную привлекательность программе «ЭкоМир», а также полностью отвечающий целям скорейшего устранения в первую очередь наиболее экологически вредных отраслей и предприятий техносферы Земли, предполагает, что сначала создаются и стремительными темпами наращиваются мощности базисных (как и для любой экономики) отраслей космической индустрии. Речь идёт о космической солнечной и водородной энергетике, космическом транспорте на водородном ракетном топливе, добыче и переработке минерального сырья астероидов и других космических тел, производстве из этого сырья конструкционных материалов и композитов, промышленных элементов, узлов и оборудования, строительстве на экваториальных орбитах Земли промышленных и жилых биосферных кластеров и др.

Именно базисные отрасли космической индустрии первыми должны вступить в конкурентную схватку на рынках энергии, сырья и материалов, транспортных услуг, чтобы повергнуть земные индустриальные аналоги, которые являются главными источниками антропогенного угнетения биосферы. Кроме того, использование космических ресурсов по конкурентным тарифам обеспечит рыночное превосходство и всем остальным отраслям космической индустрии, формируемым на последующих этапах.

5. Неисчерпаемые ресурсы космоса – основа ценовой конкурентоспособности

Как отмечено ранее, ценовые и качественные конкурентные преимущества космической индустрии обусловлены легкодоступным и неисчерпаемым характером космических ресурсов, а также целым рядом физических особенностей космической технологической среды.

Так, высокая экономическая эффективность и конкурентная цена вырабатываемой в космосе солнечной электроэнергии определяется высокой удельной мощностью доступного круглые сутки солнечного потока в космосе – 1370 Вт/м², в то время как на поверхности Земли она имеет значение порядка 100 Вт/м², так как более 50 % солнечной энергии отражается и задерживается атмосферой, а остальная часть недоступна ночью, при облачности, в туман и т. д. [5]. Вместе с тем в космических солнечных электростанциях (КСЭС) не предполагается затрат на топливо, достигающих 50–70 % себестоимости электроэнергии, например по сравнению с тепловыми и атомными электростанциями. Отсутствие топлива и продуктов его сгорания не нуждается в расходах на очистку или утилизацию вредных выбросов, а также на захоронение радиоактивных отходов и отработавшего ресурса заражённого оборудования. Возможность направления энергоёмкого луча из космоса на Землю прямо к потребителю исключает затраты на магистральную транспортировку электроэнергии по Земле, что особенно актуально для удалённых и труднодоступных территорий (при строжайшем соблюдении экологической и иной безопасности такой передачи энергии). Простота технологии и низкая удельная материалоёмкость космических плёночных солнечных батарей существенно уменьшат удельные капитальные издержки и, как следствие, пропорционально минимизируют затраты на их амортизацию и ремонт.

Высокая эффективность и конкурентная цена добываемых в космосе астероидных полезных ископаемых определяется значительным уровнем концентрации в них полезного минерала, вплоть до самородного состояния, что означает кратное снижение удельных (прежде всего энергетических) расходов – на добычу, транспортировку и обогащение полезного рудного сырья. Кроме того, для доставки индустриальных экспедиций к месту добычи применяется произведённое в космосе с использованием дешёвой космической электроэнергии водородно-кислородное ракетное топливо. Для энергопитания горно-шахтного оборудования затрачивается произведённая в космосе недорогая электрическая энергия. Причём в ресурсодобывающих отраслях не будут направляться средства на очистку или утилизацию вредных выбросов, возврат пустой породы в карьер и его рекультивацию, а горно-шахтное оборудование тоже станет отличаться низкой удельной материалоёмкостью и, соответственно, меньшими капитальными и эксплуатационными расходами и амортизационными отчислениями.

Потребление космической энергии (в том числе электроэнергии), сырья и материалов, оказание геокосмических и космических транспортных услуг по тарифам,

существенно меньшим, чем на Земле, усиливают синергию ценового конкурентного преимущества не только для всех базисных отраслей, но и для космической индустрии в целом. Таким образом, принимая во внимание стратегическую важность базисных отраслей и необходимость проводить определённую тарифную политику в космосе, крайне важно, чтобы над этими космическими базисными отраслями со стороны международного оператора программы «ЭкоМир» был установлен управленческий контроль.

Одно из ключевых правил мёртвой космической среды, агрессивной для человека, – автоматизация и роботизация производственных процессов – учитывая развитость этих технологий уже сегодня, также приведёт к основательному снижению операционных затрат. Отсутствие персонала и человеческого фактора будет означать (при условии отсутствия каких бы то ни было природоохранных и экологических требований) существенное расширение технологических схем за счёт более эффективных, но ядовитых и опасных для здоровья веществ и процессов. Помимо прямого сокращения издержек на фонд оплаты труда минимизируются затраты на обеспечение условий и безопасности труда, на поддержку социальной инфраструктуры для сотрудников и их семей.

Примером истинно космической технологии является широко используемая 3D-печать. Она позволяет полностью автоматизировать и роботизировать производство практически любой продукции, обеспечить композицию материалов, нужную форму и точные размеры с финишным качеством поверхностей, уменьшить количество технологических переделов сырья до одной операции, быстро изменять и расширять продуктивную линейку за счёт дистанционной переналадки производственных программ без обязательного изготовления новой оснастки, оперативно вносить в технологический процесс любые корректировки. Кроме того, технология 3D-печати (при необходимости в невесомости и в вакууме) предоставляет возможность унифицировать форм-факторы применяемого в космосе сырья, ограничившись технологической жидкостью, пластической массой, проволокой или порошком, что существенно сократит номенклатуру сырья и оптимизирует транспорт и логистику в космосе. 3D-печать практически полностью уменьшает технологические отходы, а если таковые возникают, то затраты на их утилизацию в условиях космоса будут минимальными.

К некосмическим факторам ценового конкурентного преимущества космической индустрии можно отнести постоянное ужесточение экологических требований на Земле, что приведёт к дополнительным расходам у предприятий нынешней техносферы. Экологические нормы на Земле

никак не затронут космическую индустрию. Учитывая глобальные экологические цели и задачи программы «ЭкоМир», также вполне ожидаемо, что её участники получат поддержку в виде различных международных налоговых и торговых преференций.

6. Условия космической среды – основа качественной конкурентоспособности

Остальным отраслям космической индустрии кроме ценовых конкурентных преимуществ также будут свойственны следующие качественные конкурентные преимущества, определённые специфическими условиями космической среды:

- отсутствие гравитации (невесомость);
- глубокий вакуум;
- чистота среды (отсутствие газов, пыли, микроорганизмов и иных загрязнений);
- криогенные (на теневой стороне) и высокие (на солнечной стороне) температуры;
- другие условия, воссоздание которых на Земле невозможно или возможно в ограниченном объёме и крайне затратно.

Выгодные отличия космической среды объясняются недостатками земной технологической среды.

Большинство твёрдых материалов проходят стадию размягчения или плавки в процессах их создания или обработки. На Земле, где существует гравитация, пластичский или жидкий материал удерживается, а его объём и поверхность формируются стенками технологической формы, что и является причиной многих изъянов в структуре земных материалов. В космосе ввиду отсутствия гравитации преобладают вторичные силы (например, поверхностное натяжение). Значит, любой расплавленный или жидкий материал в условиях невесомости автоматически приобретает форму сферы. Изменить её можно бесконтактно и с помощью незначительных воздействий внешних сил, действующих в акустическом, электромагнитном или электростатическом поле.

Основное преимущество композитных материалов состоит в том, что они получены из отвердевших веществ, чьи физико-химические, механические и другие свойства дополняют друг друга, и поэтому их качество зависит от однородности структуры композита. Следовательно, в условиях гравитации на Земле происходит неизбежное расслоение жидкости разной плотности, что приводит к неоднородности структуры земных композитов с иными качествами, худшими, чем ожидалось. В космосе, где нет гравитации,

композит легко получить изотропным, не имеющим объёмных дефектов структуры. Значит, он будет обладать существенно лучшими физико-механическими характеристиками. Такими материалами могут быть, например, пенопласты из металлов – стали, алюминия, титана, которые нельзя добыть на Земле.

Другой сильной стороной условий космической среды для производства являются чистота и глубокий вакуум. Получить их на Земле практически невозможно, потому что в сравнительно небольших объёмах искусственного вакуума неизбежно накопление распыляемых материалов и примесей на развитой поверхности стенок вакуумной оснастки и их дальнейшего неконтролируемого реиспарения. Чистота материалов – важнейший признак однородности структуры, а также качества материалов и изделий, изготовленных с их применением.

Ещё один продуктивный аспект космических условий – возможность быстрого охлаждения до сверхнизких температур, что (в сочетании с другими особенностями космической среды) открывает перед технологами самых различных отраслей новые способы управления фазовым составом производимых материалов, степенью их однородности, характером и плотностью дефектов кристаллической решётки.

В космосе легко создать и высокие температуры, например с помощью концентрации солнечного излучения. Именно поэтому многие металлургические технологии, предусматривающие плавление сырья, могут быть более эффективными, так как будут происходить в невесомости, бесконтактно и в абсолютно чистой среде в лучшем из теплоизоляторов – вакууме.

Невесомость, вакуум, чистота технологической среды, криогенные и высокие температуры и другие факторы открывают самые широкие технологические перспективы не только для материаловедения и металлургии в частности, но и для производства неметаллических видов материалов, веществ 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.

7. Невозможность использования ракет-носителей и космического лифта для индустриализации космоса

Индустриализация космоса означает возникновение глобального грузопотока на геокосмических маршрутах:

между потребителем всей материальной продукции (человечеством, живущим на Земле) и производством основной её части в космосе.

Поскольку человек в первую очередь материалов, то потребление им продуктов для собственного жизнеобеспечения (пища, вода, воздух и др.) и промышленных товаров, повышающих комфортность его существования (одежда, бытовые предметы, средства связи и транспорта, развлечения и др.), связано с его эргономикой: размерами (средний рост землянина – 1,65 м) и массой тела (в среднем – 62 кг). При численности населения порядка 10 млрд человек и при годовом расходовании космической продукции на уровне 10 кг на земного жителя геокосмическая транспортная система (ГКТС) должна обеспечить двухсторонний грузопоток на уровне 100 млн тонн в год. Именно поэтому самым узким местом грядущей индустриализации космоса, когда земная цивилизация станет поистине космической, будет геокосмический транспорт на маршруте Земля – Ближний космос – Земля.

Из гравитационной потенциальной ямы планеты можно выбраться двумя способами: или поднявшись в бесконечность, или вылетев из неё с первой космической скоростью, равной 7919 м/с, причём не вертикально вверх, а перейдя на низкую круговую орбиту. Следовательно, к каждой доставленной на орбиту тонне груза нужно подвести минимум 8700 кВт·ч механической (а не тепловой или иной) энергии. Если использовать электрическую энергию, вырабатываемую на тепловых электростанциях, то это будет эквивалентно расходу примерно 2,2 тонны условного топлива. Ракете-носителю на каждую тонну поднятого на орбиту груза необходимо примерно в 20 раз больше топлива, чем требуется по законам физики, так как практически всю эту энергию она подводит не к грузу, а выбрасывает в атмосферу в виде высокоскоростной и высокотемпературной реактивной струи. При возвращении груза из космоса на Землю космический аппарат тормозится атмосферой. Соответственно, его потенциальная и кинетическая энергия (как и у ранее поднятого груза) выбрасывается в атмосферу, причём в виде высокотемпературного плазменного следа, обгорания теплозащитной оболочки, акустических волн, усиливая экологический вред, нанесённый на начальном этапе ракетной геокосмической логистики. Учитывая предполётные (получение компонентов топлива, их охлаждение до криогенных температур и т. д.) и полётные затраты, а также все потери энергии (аэродинамическое сопротивление, потеря нижних ступеней и обтекателей, на изготовление которых расходуется большое количество энергии и т. д.) общий энергетический КПД ракеты значительно хуже, чем у паровоза, – около 1%.

Геокосмические перевозки ракетами-носителями и в обозримом будущем будут очень дороги: с учётом только прямых капитальных и операционных затрат даже в самых смелых прогнозах – не менее 1 млн USD/т. Значит, для реализации программы индустриализации космоса, если опираться на традиционную ракетную геокосмическую транспортную систему, ежегодный бюджет достигнет минимум 100 трлн USD, а это неоправданные и просто безумные издержки для человечества, существенно превышающие сегодняшней мировой ВВП. Главное, эти расходы фактически приведут к самоуничтожению цивилизации, так как почти все 100 % средств уйдут на полное разрушение планетарной биосферы.

Об экологическом вреде ракет стоит сказать отдельно, поскольку ракетный вектор индустриализации космического пространства, освоения Луны и Марса рассматривается сегодня специалистами как наиболее приоритетный. Ещё в начале 80-х годов прошлого века получены данные, что свыше 60 % озона в озоновом слое планеты разрушается в процессе именно ракетных пусков. Носитель челночного типа «Шаттл» за один старт (в зависимости от ионосферных условий) может уничтожить до 10–40 млн тонн озона [6] не только потому, что в качестве топлива он использует элементы, гасящие озон (азот, хлор и др.), но и по причине того, что плазма реактивной струи имеет температуру порядка 4000 С° (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 лишь её небольшая часть расходуется на полезную работу – подъём груза на высоту орбиты и его разгон до орбитальной скорости (первой космической для этой орбиты). Кроме гашения озона ракетные пуски меняют в том числе физикохимию верхней атмосферы, вызывают турбулентность ионосферы и даже влияют на геомагнитное поле в тангажной плоскости пуска.

Сложно определить комплексный экономический урон, наносимый планетарной экосистеме при традиционном ракетном освоении космоса. Однако можно выполнить частную оценку ущерба только от разрушения озонового слоя планеты, если рассчитывать стоимость его восстановления не природными, якобы «бесплатными» и «безвозмездными», 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 потребляют около 10 кВт·ч энергии для получения килограмма озона [7].

При среднемировой стоимости электроэнергии порядка 0,1 USD/(кВт·ч) стоимость электроэнергии, расходуемой на получение тонны озона, составит примерно 1000 USD. На самом деле эти вложения будут значительно выше с учётом стоимости оборудования и накладных расходов.

Соответственно, чтобы восстановить озон в количестве более 10 млн тонн, уничтоженный при каждом пуске тяжёлой ракеты, только электрической энергии необходимо затратить на сумму 10 млрд USD. Даже если каждая ракета выведет на орбиту 100 тонн груза (такие ракеты-носители в настоящее время на рынке отсутствуют), на тонну полезной нагрузки придётся экологический ущерб в размере минимум 100 млн USD. Следовательно, минимальная стоимость (иными словами, экологический налог на освоение околоземного космического пространства с помощью ракет-носителей) составит не менее указанных 100 млн USD экологического ущерба на каждую выводимую на орбиту тонну груза. И никакое перспективное удешевление стоимости пуска ракет не сможет уменьшить себестоимость выведения тонны груза на орбиту ниже данной отметки. Причём чувствительность биосферы к экологическому ущербу с каждым новым запуском ракет-носителей будет выше.

Многие недостатки ракеты обусловлены не только сверхвысокими температурами и скоростью истечения реактивной струи, но и требуемой сверхвысокой мощностью двигателей: около 1 млн кВт на каждую тонну груза. Мощность реактивных двигателей можно было бы значительно сократить до показателей, приемлемых для обычного пассажира традиционного наземного транспорта (как и ускорение разгона с 30–50 м/с² и более до 1,5 м/с²), если увеличить время их эффективной работы с 4–6 мин до 120–150 мин. К сожалению, это не удастся сделать, потому что в соответствии с законами физики уменьшилась бы реактивная тяга (при снижении интенсивности горения топлива), которая во время полёта всегда должна превышать стартовый вес. Значит, всё ракетное топливо сгорело бы, а ракета продолжала бы стоять на стартовом столе, даже не шелохнувшись.

В дополнение к вышесказанному. За всю историю ракетной космонавтики на орбиту (в среднем это высота 300–400 км) выводилось не более 400–500 тонн грузов ежегодно. Такую же транспортную работу – до 500 тонн в год на расстояние 300 км – на планете выполнит гужевой транспорт в самом минимизированном варианте исполнения – одна лошадь, запряжённая в телегу. Однако, как одна телега не сможет сегодня обслуживать транспортные нужды более 7 млрд человек, так и в будущем одна «космическая телега» не в состоянии удовлетворить

нужды космической индустрии, завязанной на потребности миллиардов землян. Кроме того, чрезвычайно дорого это будет: при общих затратах, превысивших за 60 лет космической эры 2 трлн USD (телега, выполненная в виде бриллианта, стоила бы значительно дешевле), доставка тонны груза на орбиту ракетами-носителями обходится сегодня в среднем около 10 млн USD.

Не является альтернативой ракетной технологии и часто упоминаемая в прессе технология космического лифта на растянутом тросе. Она была предложена ещё в 1959 г. и научно проработана в 1975 г. советским инженером Ю.Н. Арцутановым. Во-первых, в настоящее время отсутствует возможность производить материал достаточно высокой прочности и низкой плотности, который можно было бы растянуть от поверхности Земли гораздо дальше геостационарной орбиты – почти на сотню тысяч километров. Во-вторых, строительство космического лифта следует вести сверху вниз, и существующая ракетная технология не справится с задачей транспортировки миллионов тонн конструкций космического лифта на орбиту, тем более столь высокую. Это далеко не все признаки несостоятельности технологии космического лифта.

8. Общепланетарная транспортная система инженера Юницкого

Сложно прогнозировать, как будет развиваться техника в будущем, и космическая в том числе. Единственное, что можно утверждать с полной уверенностью, – она станет подчиняться фундаментальным законам природы, справедливым во все времена. К их числу относятся четыре физических закона сохранения: энергии, импульса, момента импульса и движения центра масс системы.

Необходимо, чтобы ГКТС, соответствуя фундаментальным законам физики, также отвечала целому ряду дополнительных условий и требований:

- должна быть выполнена не как стационарное сооружение, а как летательный аппарат;
- может использовать только внутренние силы системы, минимизируя какое-либо взаимодействие с окружающей средой;
- её теоретический КПД должен быть близок к 100 %, производительность составлять миллионы, а в перспективе – и миллиарды тонн в год;
- при спуске способна обеспечивать рекуперацию потенциальной и кинетической энергии космических грузов и собственной конструкции;

- должна потреблять электрическую энергию, а мощность приводов ГКТС в пересчёте на тонну груза не может превышать 100 кВт (как у легкового электромобиля);
- ускорение разгона и торможения при геокосмических перевозках должно быть комфортным для пассажиров и приемлемым для грузов (не более 1,5 м/с²), при этом время выхода на орбиту и разгон до первой космической скорости составляет не менее двух часов.

С позиции физики самый экологически чистый геокосмический летательный аппарат, использующий для выхода в космос только свои внутренние силы, имеет единственный вариант исполнения: с тремя кольцевыми структурами, охватывающими планету в плоскости экватора, и с центром масс, совпадающим с центром масс Земли. Эти кольцевые структуры:

- могут вращаться вокруг планеты и относительно друг друга со скоростями, превышающими первую космическую скорость;
- обладают возможностью удлиняться при увеличении своего диаметра в процессе выхода на орбиту;
- имеют по своей длине линейные приводы, способные разгонять и тормозить их относительно друг друга.

Всем перечисленным выше условиям и требованиям отвечает только одно инженерное решение – общепланетарное транспортное средство Юницкого (ОТС). Это самонесущий летательный аппарат, охватывающий планету в плоскости экватора [8]. Проект ОТС разработан инженером А.Э. Юницким более 40 лет назад и за это время был многократно исследован и проверен расчётными методами, которые подробно описаны в научно-популярных публикациях автора («Пересадочная, космическая, кольцевая» в научно-популярном журнале «Изобретатель и рационализатор», № 4, 1982 г.; «В космос... на колесе» в научно-популярном журнале «Техника – молодёжи», № 6, 1982 г.; «Спасательный круг планеты» в общественно-политическом бюллетене «Век XX и мир», № 5, 1987 г.; др.) и в научных монографиях («Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе» – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.; «Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе» – Минск: Беларуская навука, 2017. – 379 с.: ил.; «Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе» – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.; др.).

Особенность функционирования ОТС: выход в космос осуществляется путём увеличения диаметра его кольца (на 1,57 % при подъёме на каждые 100 км над поверхностью Земли) и достижения на расчётной высоте окружной скорости корпуса с пассажирами и грузом, равной первой космической скорости. При этом положение центра масс

ОТС всегда остаётся неизменным и совпадает с центром масс планеты. Именно поэтому подъём на высоту и получение первой космической скорости на заданной высоте могут выполняться за счёт только внутренних сил системы и без существенного взаимодействия с окружающей средой.

Оптимальная движущая внутренняя сила для ОТС – избыточная центробежная сила подвешенного на магнитной подушке одного или обоих ленточных маховиков, разогнанных в вакуумном канале с помощью линейного электродвигателя до скоростей, превышающих первую космическую скорость, – до 10–12 км/с в зависимости от соотношения линейных масс корпуса и маховиков.

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

Таким образом, ОТС – это геокосмический транспортный комплекс многоразового использования для безракетного освоения ближнего космоса. ОТС позволит за один рейс выводить на орбиту около 10 млн тонн грузов (250 кг на метр длины корпуса ОТС) и 10 млн пассажиров (250 человек на километр длины корпуса), которые будут задействованы в создании и функционировании околоземной космической индустрии. За один год ОТС сможет выходить в космос до 100 раз. ОТС работает исключительно на электрической энергии и является экологически абсолютно чистым геокосмическим транспортом. При этом затраты на доставку каждой тонны полезного груза на орбиту будут в тысячи раз ниже, чем у современных ракет-носителей, и составят менее 1000 USD/т.

9. Техно-экономическое обоснование геокосмических перевозок ОТС

Себестоимость геокосмических перевозок ОТС складывается из трёх основных составляющих:

- затраты электрической энергии;

- заработная плата с налогами и отчислениями;
- амортизационные расходы на ОТС и обслуживающий его экваториальный транспортно-инфраструктурный комплекс UST со взлётно-посадочной эстакадой.

Полный запас энергии, требуемой для подъёма ОТС общей массой 40 млн тонн в ближний космос, в том числе доставленной на орбиту полезной нагрузки массой 10 млн тонн, и возвращения обратно на Землю (уже без полезной нагрузки), составляет примерно $4,2 \times 10^{11}$ кВт·ч.

Для обеспечения стартовой электрической энергией целесообразнее иметь собственные электростанции, что позволит распределять её внутри геокосмической системы по себестоимости – порядка 0,05 USD/(кВт·ч). Кроме того, дополнительную энергию можно брать из сети стран экваториального пояса планеты, по территории которых пройдёт стартовая эстакада ОТС. Наиболее выгодно это делать именно ночью, так как ночные тарифы ниже дневных в 2–2,5 раза.

Стоимость полной энергии E_0 , необходимой для первого запуска ОТС, составит:

$$420 \text{ млрд кВт·ч} \times 0,05 \text{ USD/(кВт·ч)} = 21 \text{ млрд USD},$$

а удельная (при общей массе полезной нагрузки 10 млн тонн) равна 2100 USD/т. Причём однажды разогнанные маховики могут вращаться внутри вакуумных каналов годами, потому что магнитная подушка на постоянных магнитах, как и вакуум, не станет создавать сопротивление при их движении с космическими скоростями. Значит, энергозатраты для второго и последующих полётов ОТС будут связаны только с частью полной энергии, пропорциональной перевозимому грузу, а также с внутренними потерями энергии, оцениваемыми не выше 10 %. Хотя теоретически их можно уменьшить до 5 % и даже ниже – до 2–3 %. В случае когда ОТС станет подниматься вверх, оно передаст энергию земному грузу, а при спуске, по аналогии с падающей водой гидроэлектростанции, наоборот, груз из космоса передаст свою потенциальную и кинетическую энергию ОТС. Учитывая, что после образования космической индустрии основной грузопоток будет осуществляться из космоса на Землю, то ОТС перестанет тратить и начнёт генерировать электроэнергию, сообщаемую грузами из космоса, работая в том числе и как гигантская экваториальная динамо-машина общей мощностью около 100 млн кВт.

Из этого следует, что основная удельная энергосоставляющая себестоимости только для подъёма тонны груза:

$$E_1 = 2100 \text{ USD/т} \times (25 \% \text{ от массы-брутто ОТС} + 10 \% \text{ потерь в КПД}_{\text{ОТС}}) = 735 \text{ USD/т}.$$

Основная удельная энергосоставляющая себестоимости только для спуска тонны груза будет равна отрицательной величине:

$$E_2 = 2100 \text{ USD/т} \times (-25 \% \text{ от массы-брутто ОТС} + 10 \% \text{ потерь в КПД}_{\text{ОТС}}) = 315 \text{ USD/т},$$

так как спускаемый груз не затрачивает, а передаёт ОТС потенциальную и кинетическую энергию. Основная удельная энергосоставляющая себестоимости рейса в обе стороны с полной загрузкой:

$$E_3 = 2100 \text{ USD/т} \times (10 \% \text{ потерь в КПД}_{\text{ОТС}}) / \text{две грузоперевозки} = -105 \text{ USD/т}.$$

ОТС и экваториальный взлётно-посадочный комплекс будут работать в автоматическом режиме. Тем не менее обеспечение их функционирования потребует обслуживающего персонала в количестве около 200 000 человек (или пять человек на километр длины) со средней заработной платой вместе с налогами на уровне 50 000 USD/год и годовыми общими затратами по зарплате 10 млрд USD. Составляющая удельной себестоимости в части зарплат при 50 рейсах в год с полной загрузкой 10 млн тонн по маршруту Земля – Орбита (характерного для этапа начала индустриализации космоса):

$$S_{\text{UST}} = 10 \text{ млрд USD/год} / 50 \text{ рейсов/год} / 10 \text{ млн т/рейс} = 20 \text{ USD/т}.$$

ОТС по сложности оборудования и составу комплектующих в целом эквивалентно электромобилю (например, марки Tesla стоимостью 50 000–75 000 USD и весом 2–3 тонны), стоимость одной тонны конструкции которого не превышает 25 000 USD/т. Поскольку масса снаряжённого ОТС (без полезной нагрузки) достигнет 30 млн тонн, то капитальные затраты на его создание (проектирование и строительство) будут равны:

$$30 \text{ млн т} \times 25 \text{ 000 USD/т} = 750 \text{ млрд USD}.$$

После того как космическая индустрия заработает на полную мощность и начнётся освоение астероидов и Луны как источников сырья, потребность доставки оборудования и материалов с Земли значительно снизится. При этом обратный нисходящий грузопоток с орбиты на планету существенно превысит прямой восходящий грузопоток, так как основную часть промышленной продукции для землян планируется доставлять из космоса.

ОТС будет меньше выводить полезной нагрузки на орбиту (загруженность одного рейса по восходящему маршруту составит только 20 %), и прежде всего станет подниматься в космос именно за произведённой там продукцией.

Следовательно, при соблюдении условий (50 лет функционирования ОТС; выполнение в среднем около 50 рейсов в год; максимальная грузоподъёмность 10 млн тонн; фактический профиль загрузки ОТС на маршруте вверх – 1/5, а на маршруте вниз – полная загрузка) валовый объём грузов, перевезённых в обе стороны за весь период эксплуатации (амортизации) ОТС, составит около 30 млрд тонн. Таким образом, амортизационные отчисления на тонну груза от капитальных вложений в ОТС будут равны:

$$C_{\text{ОТС}} = 750 \text{ млрд USD} / 30 \text{ млрд т} = 25 \text{ USD/т}.$$

Протяжённость экваториального взлётно-посадочного эстакадного комплекса, включая UST для наземных перевозок, составит 40 076 км, из которых примерно 20 % длины – сухопутные участки, 80 % – морские. Поскольку ОТС предназначено не просто для выхода в космос, а в первую очередь для выведения на орбиту грузов и пассажиров, то вдоль экватора на планете и вдоль экваториальной орбиты в космосе появятся транспортно-инфраструктурные коммунитаторы UST, созданные по принципу «5 в 1». В них войдут комплексы городского, скоростного, высокоскоростного и гиперскоростного транспорта, энергетические и информационные коммуникации и линии связи. Будут также построены электростанции, узлы грузо-пассажирской логистики, промышленные и жилые кластеры, в которых станут жить и работать миллионы человек.

Стоимость такого комплекса (в том числе UST), возведённого на планете Земля, можно оценить в 1320 млрд USD исходя из того, что в среднем она будет составлять 25 млн USD/км на сухопутных территориях и 35 млн USD/км – на морских участках. С учётом общего объёма перевезённых ОТС грузов за полный срок эксплуатации амортизационные отчисления на тонну груза от капитальных вложений в транспортно-коммуникационную часть наземного экваториального взлётно-посадочного комплекса (ВПК) будут равны:

$$C_{\text{ВПК}} = 1320 \text{ млрд USD} / 30 \text{ млрд т} = 44 \text{ USD/т}.$$

Таким образом, полные амортизационные отчисления складываются из затрат на восстановление ОТС и экваториального стартового комплекса:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{ОТС}} + C_{\text{ВПК}} = 25 \text{ USD/т} + 44 \text{ USD/т} = 69 \text{ USD/т}.$$

Анализ данных, приведённых в таблице ниже, позволяет сделать следующие выводы: самая высокая себестоимость геокосмических перевозок (775 USD/т) в первый год эксплуатации связана преимущественно с восходящим грузо-пассажирским потоком. Это в свою очередь обусловило отсутствие компенсационных доходов от генерации спуска, а также низкий объём перевезённых грузов и пассажиров, что повлекло за собой высокое удельное значение затрат на зарплату. Тем не менее такие показатели будут более чем в 1000 раз ниже, чем у ракет-носителей в самых оптимистичных прогнозах. По мере роста объёма перевозок, как прямых,

так и обратных, их себестоимость станет снижаться. На десятом году эксплуатации, когда обратный грузопоток (с орбиты на планету) существенно превысит прямой грузопоток (с планеты на орбиту), удельная себестоимость перевозок окажется отрицательной. Это означает, что геокосмический комплекс ОТС принесёт прибыль не только как транспорт, но и как гигантская линейная кинетическая электростанция протяжённостью более 40 000 км, которая имеет ленточные маховики общей массой 20 млн тонн, способные рекуперировать потенциальную и кинетическую энергию космического груза в электрическую энергию.

Таблица – Объёмы и себестоимость геокосмических перевозок ОТС в первые 20 лет эксплуатации (оптимальный вариант геокосмической логистики)

Год (с начала эксплуатации ОТС)	Годовой объём перевозок, млн т		Составляющие удельных затрат на геокосмическую транспортировку тонны груза, USD/т					Удельная себестоимость перевозок, USD/т, (-) – прибыль
	На орбиту	На Землю	Энергия груза	Энергия потерь	Зарплата	Амортизация	Прочее	
1	100	10	429,55	190,91	90,91	55,2	7,5	774,06
2	200	50	315	168	40	55,2	7,5	585,7
3	300	100	262,5	157,5	25	55,2	7,5	507,7
4	400	150	238,64	152,73	18,18	55,2	7,5	472,25
5	500	200	225	150	14,29	55,2	7,5	451,99
6	500	250	175	140	13,33	55,2	7,5	391,03
7	400	300	75	120	14,29	55,2	7,5	271,99
8	300	350	-40,38	113,08	15,38	55,2	7,5	150,78
9	200	400	-175	140	16,67	55,2	7,5	44,37
10	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
11	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
12	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
13	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
14	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
15	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
16	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
17	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
18	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
19	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
20	100	500	-350	175	16,67	55,2	7,5	-95,63
Итого	4000	7310						

10. Компоненты будущей космической техногенной цивилизации

Материальной основой будущей космотехногенной земной цивилизации, справившейся с глобальными экологическими, ресурсными и социальными вызовами, станет новый мир, названный его автором инженером А.Э. Юницким «ЭкоМир».

ЭкоМир – более совершенный мир, представленный триединством БиоМира, ТехноМира и ХомоМира, которые в совокупности образуют комплекс оптимальных условий для устойчивого роста и дальнейшего развития техногенной земной цивилизации в космическом направлении.

БиоМир – восстановленная и сбалансированная планетарная, открытая в космос биосферная экосистема, которая более не испытывает антропогенного угнетающего воздействия техносферы Земли и продолжает развиваться (эволюционировать) по законам земной природы. Включает:

- естественные и культурные (органическое земледелие) экосистемы на суше планеты, в том числе водные (озёра, реки и др.);
- океаническую, морскую и атмосферную экосистемы с возможностью экологически чистого управления извне погодой, климатом и иными системами планеты природными методами;
- растительный и животный мир сухопутных и водных экосистем (включая микрофлору и микрофауну) с сохранённым и ныне доступным их био-разнообразием;
- земное человечество, каждый индивидум которого здоров и счастлив.

ТехноМир – вновь созданные промышленные компоненты:

- земная индустрия, сформированная на основе новых экоориентированных технологий и состоящая только из необходимых человеку внутри биосферы Земли отраслей;
- космическая индустрия, включающая вынесенные за пределы биосферы Земли энергозатратные, ресурсоёмкие, экологически вредные и другие отрасли промышленности, которые в условиях космической технологической среды приобретают абсолютное конкурентное ценовое и качественное превосходство;

- геокосмический транспортный комплекс ОТС, обеспечивающий экологически чистую для земной биосферы транспортно-логистическую связь между земными и космическими компонентами индустриального ТехноМира с грузо-, энерго-, инфо- и пассажирскими потоками индустриального масштаба.

ХомоМир – усовершенствованное мировое общественно-политическое устройство, основанное на консолидации международного сообщества вокруг единого управляющего центра, аккумулировавшего территориальный, финансовый, экономический, научный, кадровый, военный и политический потенциал всех стран-участниц. Это откроет путь к неисчерпаемым и доступным ресурсам космоса и на основе космоориентированной экономики земной техногенной цивилизации создаст новые социально-политические и экономические условия для максимально полной реализации целей устойчивого развития человечества, в том числе обеспечения социальной справедливости, равноправия, свобод, гармоничного развития, а также права каждого жителя планеты на достойную долгую и счастливую жизнь.

11. Планета Земля навсегда останется домом для человечества

Нигде в огромной Вселенной нет и не может быть более подходящих условий для человечества, чем наша планета. Однако люди нуждаются как минимум в четырёх отраслях экоориентированной индустрии рядом с собой внутри биосферного дома Земля:

- производство природных экологически чистых (т. е. натуральных) продуктов питания;
- получение «зелёной» электроэнергии, тепла (в холодном климате) и холода (в жарком климате) без ущерба для биосферной экологии;
- строительство экокомфортного жилья, производственных зданий и сооружений;
- транспортная, энерго- и информационная экоориентированная инфраструктура и др.

Никакая из этих (и других) отраслей техносферы Земли не может оказывать антропогенного угнетающего воздействия на окружающую их земную биосферу. Они должны отличаться высокой эффективностью, низким энерго- и ресурсопотреблением и демонстрировать высокие показатели качества. Эти условия обеспечат только экоориентированные технологические платформы.

Технологическая платформа **GreenWay** – органическое земледелие в новой логике воссоздания и интенсификации природных биосферных процессов путём прямого заимствования и использования естественных природных почвенных экосистем со своими микрофлорой, микрофауной и биогеоценозом, а также в логике полного отказа от применения каких-либо синтетических химикатов (химических удобрений и средств химической защиты растений), технологий генной модификации и других элементов интенсивного земледелия. Принцип такого органического земледелия продиктован тем, что биосферные экосистемы и происходящие в них процессы настолько сложны, что не представляется возможным их полностью изучить и, соответственно, точно воспроизвести (особенно отдалённые последствия) методами биоинжиниринга. Однако эти созданные самой природой биосферные экосистемы можно интенсифицировать и культивировать для повышения органического плодородия почв и борьбы с их опустыниванием природными же методами. Следовательно, подобное экоориентированное органическое земледелие полностью исключает какое-либо угнетающее антропогенное воздействие на биосферу Земли, имеющей историю эволюции 4 млрд лет.

Технологическая платформа **EcoEnergy** – генерация «зелёной» электрической и тепловой энергии с использованием:

- специально оборудованных теплоэлектростанций для сжигания бурых углей, сланцев и торфа, попутно вырабатывающих живой гумус и плодородные почвы из отходов горения (запасов этого сырья достаточно для обеспечения нужд земной энергетики минимум на 10 000 лет и для превращения планеты в цветущий сад, даже на территории нынешних пустынь). Эта реликтовая солнечная биоэнергетика будет активировать минеральное богатство древних почв и энергию древнего Солнца, аккумулированные растениями в периоды мезозоя и кайнозоя и сохранённые в угле;
- возобновляемых источников энергии, и в первую очередь энергии Солнца на Земле (и в космосе) во всех её проявлениях (лучистая энергия; энергия ветра, волн и водных течений, в том числе океанических);
- пары «водород – кислород» в качестве топливного аккумулятора для решения задач оптимизации энергетической и транспортных отраслей как на планете, так и в космосе;
- других технологий в области энергетики, способных стать частью земной (и космической) техносферы, имеющих высокую энерго- и ресурсоэффективность

и не оказывающих угнетающего антропогенного воздействия на биосферу Земли.

Технологическая платформа **«Струнные технологии Юницкого» (СТЮ, или UST)** – строительство новых видов транспортных и энергоинформационных коммуникационных сетей **TransNet**, создаваемых на основе предварительно напряжённых (струнных) конструкций. Предназначена для обеспечения всех видов необходимых коммуникационных связей между объектами на Земле; между объектами, движущимися по круговым экваториальным орбитам; между объектами на Земле и в ближнем космосе. Эта экоориентированная технология не оказывает угнетающего антропогенного воздействия на биосферу Земли (включая сохранение земельных ресурсов под эстакадной путевой структурой) и имеет высокую энерго- и ресурсоэффективность.

Технологическая платформа **EcoHouse** – строительство на Земле в условиях естественной гравитации жилых и производственных сооружений с открытым для внешней природной среды придомовым пространством, заполненным естественной и культурной (природное органическое земледелие) биосферой, в которой атмосферные параметры регулируются природой. У данной экоориентированной технологии, как и у предыдущих, высокая энерго- и ресурсоэффективность. Кроме этого, отсутствует угнетающее антропогенное воздействие на биосферу Земли, включая сохранение плодородных почв под пятном застройки ввиду их переноса на эксплуатируемую кровлю или в атриум сооружения.

В отдельных случаях, когда естественную внешнюю среду планеты Земля отличает экологическая загрязнённость или суровые природно-климатические условия (например, в Антарктиде), когда возникает необходимость нахождения в подводном или подземном пространствах, а также для решения научно-исследовательских задач, связанных с жизнеобеспечением человека в космосе, сооружение EcoHouse трансформируется в **ЭкоКосмоДом на планете Земля (ЭКД-Земля)**. Его внутренняя биосфера будет полностью изолирована от внешней среды и создана таким образом, чтобы иметь возможность неограниченно долго функционировать как замкнутая автономная экосистема.

12. Экваториальный линейный город и EcoHouse – новая урбанистика

Важнейший земной компонент геокосмической транспортной системы – **экваториальный линейный город (ЭЛГ)**. На его территории расположена взлётно-посадочная

эстакада ОТС со всей инфраструктурой, требуемой для реализации полётов и обслуживания глобальных геокосмических грузо-пассажирских потоков. С точки зрения градостроительной архитектуры ЭЛГ представляет собой городские поселения кластерного типа, размещённые на полосе вдоль экватора и гармонично вписанные в природную среду, причём как на сухопутных, так и на океанических участках.

ЭЛГ является частным случаем новой линейной урбанистической концепции программы «ЭкоМир», именуемой **«линейный город» (Linear City)**. Это застройка жилых, административных и промышленных кластеров с использованием экоориентированных технологий EcoHouse и ЭКД-Земля. Снабжение данных поселений электроэнергией и теплом осуществляется в соответствии с экоориентированной технологией EcoEnergy. Обеспечение продуктами питания – в соответствии с экоориентированной технологией органического земледелия GreenWay. Формирование транспортной, энергетической и информационной коммуникационной сети TransNet – в соответствии с применением струнной экоориентированной технологии UST. Как и всю остальную земную техносферу, необходимую человеку внутри биосферного дома Земля, линейные города отличает отсутствие антропогенного угнетающего воздействия на биосферу Земли, а также высокая эффективность городского хозяйствования и достойный уровень качества жизни и условий труда.

Жилой кластер линейного города представлен высотным доминантным сооружением, в котором разместятся станции и вокзалы транспорта «второго уровня» UST и совмещённые с ними торговые центры, отели и другие объекты соцкультбыта. Вокруг, в пешей доступности и на площади порядка 100–500 га, будут сооружены одноэтажные и малоэтажные дома для проживания 1000–5000 жителей. Индустриальные кластеры линейного города расположатся в стороне от жилых кластеров. Транспортное сообщение внутри данных комплексов предполагается пешим или велосипедным – такое поселение можно пересечь из конца в конец за 20–30 мин. Транспортную доступность обеспечат несколько видов эстакадного электрического беспилотного рельсового транспорта UST: городского (скорость до 200 км/ч), высокоскоростного (до 600 км/ч) и гиперскоростного (до 1500 км/ч) – для кластерных, внутриконтинентальных, континентальных и межконтинентальных дистанций, в том числе через океан.

Все сооружения – жилые и индустриальные – будут каркасного типа с панелями из вакуумного стекла. Наружная вакуумная панель толщиной 20 мм по теплоизоляции эквивалентна кирпичной стене толщиной 1,5 м,

что позволит зимой экономить на обогреве, а летом – на кондиционировании. Стеклопанели домов совмещены с панелями солнечных электростанций или при необходимости выполнены в виде экранов, придающих любой требуемый внешний (и внутренний) облик такому дому. Подобным возможностям позавидует даже хамелеон.

В дополнение к солнечной энергетике каждый кластер будет иметь электростанцию, функционирующую на буром угле, сланцах или торфе. Причём отходы работы такой электростанции станут участвовать в процессе получения продуктов питания. Речь идёт о принципиально новой реликтовой солнечной биоэнергетике. В ней планируется использовать минеральное богатство древнего гумуса и энергию древнего Солнца, аккумулированные растениями времён мезозоя и кайнозоя в виде углей, сланцев и торфа. Все отходы от их горения (дымовые газы, шлак, зола и др.) будут смешаны с углём, не участвующем в горении. Далее с помощью специально подобранных сообществ микроорганизмов эта смесь превратится в нерастворимые органические соединения. В первую очередь – в нерастворимые соли гуминовых кислот, т. е. в реликтовый (доиндустриальный) гумус. Достаточно всего 2–3 % подобного живого и плодородного гумуса, чтобы даже на песках пустыни посадить, например, сады и виноградники. Кроме того, избыточное тепло угольных электростанций, а это порядка 50 % от энергии сгорания, пойдёт не только на нужды теплоснабжения кластеров линейных городов, но и для теплиц (их обогрева в холодном климате) и оранжерей (их охлаждения в жарком климате путём преобразования тепла в холод). Избыток углекислого газа от работы реликтовых солнечных электростанций применим в теплицах и оранжереях, что в разы повысит продуктивность выращиваемых в них растительных культур.

В линейных городах на каждого жителя будет приходиться по 10 соток земли. При этом инфраструктура (здания, сооружения, жилые дома и др.) и струнные дороги вообще не отнимут ни одного квадратного метра земли у природы. Наоборот, земля из-под фундаментов будет перенесена на плоские эксплуатируемые кровли зданий и обогащена живым плодородным гумусом, на котором будут посажены сады, включая многоуровневые. Научные эксперименты в рамках экоориентированных технологий по направлениям EcoHouse и «зелёная» энергетика успешно продолжаются в ЭкоТехноПарке UST и Крестьянском (фермерском) хозяйстве «Юницкого» (г. Марьино Горка, Республика Беларусь). Там уже построены и эксплуатируются шесть типов подобных зданий, в том числе с субтропической оранжереей и садом внутри дома. Сад создан по принципу автономно-замкнутой природной экосистемы –

все канализационные стоки в доме (также из кухни и туалета) направляются в корневую систему растений, где с помощью специально подобранных природных сообществ микрофлоры и микрофауны (несколько тысяч видов) перерабатываются в плодородный гумус и техническую воду, обогащённую жидким гумусом.

Ко времени создания экваториального линейного города, построения ОТС с инфраструктурой и начала практической индустриализации космоса население планеты составит около 10 млрд человек. Вместе с тем общая протяжённость сети вновь возведённых линейных городов по всей планете достигнет приблизительно 10 млн км и займёт площадь порядка 10 млн км², или 1/15 всей земной суши. Это означает, что 14/15 сухопутной части Земли вместе со всеми океанами и морями будут отнесены к заповедникам и природным резервациям.

13. Восстановленный БиоМир Земли и реабилитирующая терапия

Устранение антропогенного угнетающего воздействия на биосферу путём выноса экологически вредных отраслей и предприятий в космос на околоземные орбиты, а также гармонизация с помощью экоориентированных технологий техносферы, необходимой человеку внутри биосферного дома нашей планеты, – основа для восстановления БиоМира Земли. Однако, учитывая, что здоровью биосферы (плодородию почв, водным экосистемам и атмосфере) нанесён практически непоправимый ущерб, а природные процессы протекают достаточно медленно, им для быстрого восстановления понадобится интенсивная реабилитирующая терапия, которая является одним из центральных элементов программы «ЭкоМир».

В качестве реабилитирующей терапии почвенных покровов в рамках программы «ЭкоМир» уже созданы и проходят апробацию экоориентированные технологии GreenWay, позволяющие производить живой биогумус на основе бурых углей, сланцев, торфа и отходов их сжигания на специально оборудованных теплоэлектростанциях. Уголь (в частности, бурый), сланцы и торф – это бывшие растения, жившие около 100 млн лет назад. Растения взяли всё жизненно важное – более 70 химических элементов – из древней почвы, и теперь в XXI в. наступило время вернуть эти минералы в почву в виде органических соединений, преимущественно солей гуминовых кислот, т. е. гумуса. Отходы работы такой электростанции – живой и плодородный гумус, которого в количестве 2–3% достаточно, чтобы не только улучшить состояние почв, но и сделать

плодородными даже пески пустынь. Таким образом, до конца текущего века все пустынные территории планеты (включая пустыни) реально превратить в цветущие оазисы. Причём не с помощью традиционных техногенных технологий, использующих химические удобрения и ядохимикаты, а природными органическими методами, применяющимися живой реликтовый гумус. На это понадобится сотни миллиардов тонн гумуса и около 50 лет.

Теоретически можно и территорию Антарктиды преобразовать в высокоплодородные земли по типу чернозёма и там повсеместно развести леса и сады, луга и поля. Осуществить это гораздо проще, дешевле и эффективнее, чем, например, озеленить Марс – далёкий, холодный, пустынный и неприспособленный для жизни. В Антарктиде теплее градусов на 50, имеются вода и воздух, которым можно дышать при атмосферном давлении, и билет сюда будет стоить примерно в миллион раз дешевле, чем до Марса, куда только добираться нужно полгода. К тому же в Антарктиде (из расчёта 10 соток на человека, с внедрением описанных выше экоориентированных технологий) можно комфортно расселить 10 млрд людей.

Важнейшая задача спасения биосферы Земли – сохранение её биоразнообразия, а также защита биоразнообразия социально-экономически ценных для человечества растений – плодово-ягодных, зерновых, овощных, текстильных, пряно-ароматических, лекарственных и др. [9]. Так как большое количество растительного сырья в настоящее время транспортируется из тропических стран, экоориентированные технологические платформы «ЭкоКосмоДом» и GreenWay предполагают моделирование среды, максимально близкой именно к тропическому и субтропическому поясам [10]. Это позволит собирать урожай несколько раз в год, обеспечивая здоровой (можно даже сказать, лекарственной) пищей и комфортными условиями проживания и труда персонал предприятий космической индустрии. Как известно, один из путей сохранения и восстановления редких видов растений – их интродукция в ботанические сады. Значит, реализуемый уже сегодня ЭкоКосмоДом на планете Земля может стать новым и гораздо более эффективным инструментом сохранения растительного биоразнообразия на нашей планете.

Геокосмический транспортно-инфраструктурный комплекс ОТС в режиме дозагрузки должен брать в каждый полёт тысячи тонн балласта (воды, кислорода, озона и др.), что поможет восстанавливать и регулировать общее содержание озона, кислорода и влаги в верхних слоях атмосферы, в том числе их концентрацию на определённых участках атмосферного пространства (иными словами, «лечить» озоновые дыры). В свою очередь это позволит

управлять погодой и климатом как на всех континентах, так и локально, причём природными, а не техногенными методами. В частности, на озон приходится только одна десятимиллионная часть всей массы атмосферы, но он поглощает около 3% солнечной энергии, падающей на Землю, т. е. мощность этого «теплого одеяла» планеты составляет около 6 трлн кВт [11], что, например, в 3000 раз больше мощности всех электростанций в мире.

Соответственно, изменяя состав озонового слоя, можно эффективно и быстро влиять на состояние следующих компонентов земной биосферы:

- атмосферы (скорость и направление ветров, осадки, влажность, температура и т. д.);
- земной суши (восстановление лесов, плодородия почв, устранение эрозии почвы и рукотворных пустынь и т. д.);
- Мирового океана (марикультура, регулирование экологического баланса, управление морскими течениями и т. д.);
- погоды и климата на планете в целом и в отдельных регионах;
- ионосферы, геомагнитного поля и т. д.

Всё перечисленное позволит поддерживать биосферу Земли в состоянии экологического баланса. Координация световыми, тепловыми и другими агрономическими параметрами радикально поднимет продуктивность сельскохозяйственного производства на планете. Важно, что такое вмешательство в «кухню» погоды – экологически чистое, так как озон не является чужеродным для атмосферы и, естественно, для её озонового слоя.

Таким образом, перевооружение (перезагрузка) земной индустрии на космический вектор индустриализации с использованием упомянутых выше и вновь разрабатываемых экоориентированных технологий будет означать, что программа «ЭкоМир» станет продвигаться к своим целям уже на самых ранних этапах подготовки к индустриализации космоса, можно сказать, завтра. Это особенно ценно, так как осталось совсем немного времени для спасения биосферы Земли и человечества.

14. Космическое индустриальное ожерелье «Орбита» и ЭкоКосмоДом

Будущая космическая индустрия призвана быть максимально близкой к потребителю, т. е. к поверхности планеты и проживающим на ней миллиардам человек, что упростит, ускорит и удешевит геокосмическую логистику.

Так как космическая индустрия включит в себя огромное множество составных элементов (заводов, технологических платформ, электростанций, жилых модулей и др.), то планируется несколько индустриальных орбит, не пересекающихся друг с другом. При этом целесообразно предусмотреть возможность вертикального перехода между смежными орбитами, а значит – они все должны располагаться в единой экваториальной плоскости планеты. Освоение данных орбит энергетически более выгодно, так как будет задействована линейная скорость вращения планеты, которая максимальна на экваторе – 1674 км/ч.

Практическая индустриализация околоземного космического пространства начнётся с первым запуском ОТС. В первую очередь создаётся космическое индустриальное ожерелье «Орбита» (КИО «Орбита») – орбитальный транспортно-инфраструктурный и индустриально-жилой комплекс, охватывающий планету в плоскости экватора, размещаемый на низких околоземных орбитах. Протяжённость КИО «Орбита» (например, для орбиты высотой 400 км) составит 42 600 км.

Индустрию, развёрнутую в космосе на благо земной цивилизации, несмотря на автоматизацию и роботизацию, всё же должны обслуживать люди, хотя и в ограниченном количестве по сравнению с земными технологиями. Отдельную категорию представят туристы и отдыхающие, так как именно в космическом пространстве можно смоделировать рекреационные комплексы с характеристиками, лучшими, чем на Земле. По этой причине на орбите необходимо сооружать жилые поселения нового типа – ЭкоКосмоДома (ЭКД), в которых станут жить, работать, отдыхать, проходить курсы терапии и лечения миллионы человек. В ЭКД на несколько тысяч жителей будут симитированы гравитация и лучшая часть земной биосферы со всеми важными природными факторами: атмосферой, разнообразием ландшафтов, живых организмов, почв, биогеоценозов, водных экосистем и др. – в космосе тоже требуются условия, эквивалентные и даже превосходящие по качеству земные.

Технологическая платформа «ЭкоКосмоДом» – строительство в космосе сооружений с внутренним обитаемым пространством, изолированным от внешней агрессивной космической среды. Внутри ЭКД создана автономно-замкнутая экосистема земного типа, включая гравитацию и атмосферу с регулируемыми параметрами (температуры, влажности и др.), для неограниченно длительного автономного и экокомфортного проживания и труда человека, а также целых поселений в космосе.

Гравитация на орбите образуется центробежными силами. При этом не исключено, что наиболее комфортной окажется пониженная гравитация, подобная той, что на Луне

или Марсе, с ускорением свободного падения порядка 2 м/с^2 , т. е. в пять раз ниже, чем на Земле.

Атмосфера будет сформирована в соответствии с земными показателями давления, состава, влажности и температуры. Возможно, на орбите станет комфортным давление, как в горной местности на Земле, – в два раза ниже атмосферного, т. е. 5 т/м^2 . Это вдвое уменьшит нагрузки на оболочку космического дома, обусловленные давлением атмосферы внутри него, что повысит его надёжность и долговечность при значительном сокращении стоимости. Для того чтобы не наступило кислородное голодание при вдвое сниженном атмосферном давлении, содержание кислорода нужно, к примеру, удвоить до 40 %, причём его максимальное содержание требуется ограничить верхней планкой, при которой может происходить самовозгорание различных горючих веществ, в частности древесины.

Следует также оптимизировать содержание других газов (азота, аргона, неона, углекислого газа и др.). Вместе с тем важно исключить возникновение застойных зон, где бы отсутствовал постоянный воздухообмен. Поскольку организм человека, как всех животных и растений, получает влагу не только с продуктами питания, но и из воздуха, то влажность атмосферы в космическом доме должна быть оптимальной круглый год (равной 55–60 %), а температура воздуха всегда выдерживаться в диапазоне 21–25 °С. При необходимости все параметры атмосферы космического дома можно регулировать как в течение суток, так и года.

В космосе сутки и год теряют смысл, поскольку ЭКД совершит один оборот вокруг планеты примерно за 1,5 ч, т. е. 16 раз за дневные сутки, проходя восходы и закаты. Значит, в орбитальном доме нужно искусственное освещение, а сутки и год могут быть оптимизированы и не равняться 24 ч и 365 суткам. Для полноценного развития растений интенсивность света надлежит держать на уровне более 1000 лк. Свет должен быть:

- качественным. Каждая фаза роста растений нуждается в определённом спектральном составе световых лучей – для развития зелёной массы важен голубоватый свет, а для роста корневой системы и в период подготовки к цветению – 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;
- локальным. Существуют растения, освещение которых зависит от зоны экосистемы. Значит, при цветении им полезно находиться на свету не более 8–10 ч в сутки;

- интенсивным. Слабое освещение губительно для растений. Так, светолюбивые виды требуют 100 000 лк, как у солнечного света. В любом случае источником освещения должно выступать Солнце – с помощью специальных зеркал и линз или через преобразование в электроэнергию.

Комфортной среда обитания (проживания) человека может стать только при максимально полном моделировании биосферы планеты, в том числе всего богатства флоры и фауны, включая микрофлору и микрофауну – почвенный биогеоценоз с тысячами видов микроорганизмов. Без здоровой (живой) плодородной почвы в космическом доме невозможно создать комфортные и безопасные условия для проживания, так как именно живая почва – это иммунная система биосферы. Основой иммунной системы людей также является микрофлора их кишечника, по большей части считающаяся почвенной, – она кормит, поит и даже лечит нас. Там живут десятки триллионов микроорганизмов тысяч видов [12] – у каждого из них своя узкая специализация, поэтому нельзя исключать из биосферной цепочки круговорота живого вещества ни один из них.

Биосферный комплекс космического дома должен постоянно вырабатывать кислород, обязательный для дыхания находящихся там людей и животных, производить здоровую пищу и утилизировать в гумус все отходы жизнедеятельности живых организмов.

Конструктивная часть космического жилого кластера «ЭкоКосмоДом» представляет собой пустотелую сферу, или цилиндр, или тор, или их комбинации диаметром 200–500 м, вращающиеся вокруг своей оси. Большие размеры данного сооружения чрезмерно увеличат парусность и из-за наличия на этой высоте (например, 400 км) газовой среды, хотя и очень разреженной (плотность $3 \times 10^{-12} \text{ кг/м}^3$), будут тормозить весь орбитальный комплекс. Массивные космические поселения необходимо выполнять спаренными на одной оси. Это позволит осуществить их раскрутку и вращение с помощью электродвигателей, причём один объект станет вращаться в одну сторону, а другой – в обратную.

В космосе, как и на околоземной орбите, имеются метеоритная и радиационная опасности. Наиболее эффективная защита от этих двух угроз – толстые многослойные преграды, в качестве которых могут выступать находящиеся внутри сооружения пеноматериалы, многослойный слой почвы, а также вода и воздух. Несущая оболочка космического дома, изготовленная из высокопрочных материалов (к примеру, композитных), с толщиной несущей стенки в 3 мм – самая нематериалоёмкая часть ЭКД.

Внутренние жилые и офисные помещения могут размещаться в гондолах-контейнерах ОТС, в них на орбиту

станут доставляться пассажиры или грузы. Данные гондолы герметичны, имеют систему жизнеобеспечения, рассчитаны на избыточное давление, оборудованы люком (дверью). Именно поэтому даже при разгерметизации космического дома (в случае попадания крупного метеорита) жители спасутся, заdraив люк.

На внутренней стороне оболочки, поверх пористой противометеоритной и противорадиационной защиты, будет насыпан слой живой плодородной почвы толщиной не менее 2–3 м, посажены леса, сады, луга со своими биогеоценозами, созданы экосистемы водоёмов с пресной и морской водой. Наклонную часть почвы, ближе к оси вращения, планируется реализовать с горными пейзажами, ручьями и водопадами, соответствующими предгорными экосистемами. Воздух в космическом доме наполнится запахами цветов и полезными фитонцидами – их благоприятное действие на организм человека не идёт в сравнение ни с какими лекарствами. Шума не будет, только пение птиц и шорох листвы деревьев от лёгкого ветерка – он также необходим экосистеме космического дома.

15. Совершенный ХомоМир – консолидация усилий человечества и неисчерпаемость космических ресурсов

Единое для мировой общественности и её элит общественно-политическое сознание, общие для всех космический вектор индустриализации, общепланетарная геокосмическая транспортная система, экваториальный линейный город, космическое индустриальное ожерелье, а также реализация программы «ЭкоМир» консолидированными усилиями всего человечества – всё это неизбежно приведёт не только к новому космоиндустриальному технологическому укладу с новой экономической парадигмой неисчерпаемых космических ресурсов и возможностей, но и к новому интегрированному общественно-политическому устройству мира.

Вновь созданная космическая индустрия призвана устранить экологически вредные отрасли и предприятия техносферы Земли. На планете сократятся индустриальные объёмы производств, прежде всего:

- традиционной углеводородной энергетики (минимально необходимый объём энергетики на Земле будет представлен реликтовой солнечной биоэнергетикой);
- горнодобывающей промышленности, металлургии, химических и машиностроительных отраслей;
- других экологически вредных, энерго- и ресурсоёмких отраслей.

Всё перечисленное – базисные секторы современной мировой экономики, большая часть которых принадлежит развитым странам мира. Таким образом, реализация программы «ЭкоМир» неизбежно приведёт все страны мира, и в особенности развитые, к замещению существенной части их национальных экономик (в составе техносферы Земли) долями участия в новой высокоэффективной глобальной геокосмической экономике. Политический вес стран при этом трансформируется в число голосов за столом корпоративных органов управления вновь образованной общей глобальной экономикой, основанной на доступных и неисчерпаемых космических ресурсах – пространственных, сырьевых, энергетических и технологических.

Наличие доступа земной цивилизации к неисчерпаемым ресурсам космоса, а также появление консолидированного органа цивилизационного управления этими ресурсами делает возможным создание единого общепланетарного космического государства. Оно будет способно обеспечить каждому жителю планеты, как гражданам этого государства, абсолютный уровень социальных гарантий. Кроме того, оно защитит планету Земля – колыбель человечества – как общецивилизационную территорию, от внутренних экологических и внешних космических угроз, в том числе метеоритных и радиационных.

Описанные достижения позволят учредить новое общество, живущее в комфортных условиях в гармонии с природой, усилят развитие науки, творчества, искусства и высвободят ресурсы на эстетическое совершенствование земель, воспитание детей, формирование и распространение принципов гуманизма, этики и синергетического сотрудничества.

16. Общественно-политические условия реализации программы «ЭкоМир»

Непременным условием начала полномасштабной реализации программы «ЭкоМир» является консолидация усилий всего человечества.

Прежде всего важно, чтобы широкая мировая общественность, политические, научные и бизнес-элиты глубоко осознали неизбежность космического вектора индустриального развития. Только после этого станет возможным создание под эгидой ООН международного консорциума (далее – Консорциум) с обязательным участием государств экваториального пояса планеты и как можно большего числа стран-участниц с высоким экономическим и научно-техническим потенциалом.

Размер минимального вклада в уставный капитал (УК), чтобы исключить экономическую дискриминацию, должен

быть определён в пропорции к ВВП каждой страны-участницы. Слаборазвитые и развивающиеся страны (даже если они ограничатся минимальными вкладами) всё равно получат право голоса в органах корпоративного управления Консорциума. У развитых стран-участниц, как и любых других, появится возможность в любое время безлимитно увеличивать долю своего финансового участия и, соответственно, число голосов в корпоративных органах управления Консорциумом. Для этого размер УК Консорциума не ограничен. Однако для учёта временного фактора стоимости ранее внесённых вкладов другими странами-участницами перед каждым таким увеличением текущая стоимость активов Консорциума (отражающая текущее состояние реализации программы «ЭкоМир») пройдёт переоценку, а все ранее внесённые в УК вклады стран-участниц – индексацию.

В качестве имущественных вкладов должны учитываться не только прямые финансовые вложения, но и принимаемые странами-участницами меры экономической поддержки исполнителей работ и поставщиков ресурсов в адрес программы «ЭкоМир». Так, создание странами-участницами, входящими в экваториальный пояс планеты, в границах своих национальных территорий вдоль линии экватора свободных экономических зон определённой ширины с передачей прав градостроительного регулирования и распоряжения недрами этих зон Консорциуму будет оценено и учтено в качестве их имущественного вклада в УК.

17. Инструменты привлечения инвестиций в индустриализацию космоса

Консорциуму стран-участниц необходимо профинансировать только создание геокосмического транспортно-коммуникационного комплекса ОТС. При этом ни при каких условиях недопустим риск утраты контроля над данной опорной геокосмической транспортной отраслью (например, в случае дефолта заёмщика и обращения взыскания на его имущество). Следовательно, Консорциум обязан полностью отказаться от привлечения кредитов и иных форм заёмного финансирования.

В этой связи Консорциуму потребуются принятие кардинальных мер, стимулирующих привлечение большого числа независимых участников программы «ЭкоМир» со своими частными космическими проектами и инвестициями. Объём будущего, к 2040 г., рынка космических услуг оценивается экспертами Morgan Stanley, Goldman Sachs, Bank of America и Merrill Lynch в размере 1,1–2,7 трлн USD. Нынешний рынок космических услуг

составляет 335 млрд USD, т. е. прогнозируется рост в 2,8–7,7 раза, который эксперты объясняют ожиданиями фундаментальных прорывов в индустриализации космоса [13]. Наличие таких ожиданий подтверждается регулярными анонсами прорывных космических проектов. Их авторы отмечают, что самым труднопреодолимым препятствием является отсутствие эффективного решения по геокосмическим перевозкам. Сегодня доставка грузов на орбиту обходится заказчикам приблизительно 10 млн USD/т, в то же время в технико-экономических обоснованиях анонсируемых прорывных проектов закладывается тариф в размере 1 млн USD/т [14, 15].

Экономика ОТС позволит Консорциуму предоставить всем участникам программы «ЭкоМир» тариф на подъём грузов и пассажиров на орбиту в 1 млн USD/т, а также ещё более привлекательный тариф на доставку грузов с орбиты на Землю в 0,5 млн USD/т, а в отдельных случаях – тариф, сниженный до 20 000–40 000 USD/т. Однако прорывные космические проекты, будучи по своей сути единичными, вряд ли смогут обеспечить действительно глобальный и стремительный темп реализации программы «ЭкоМир». В качестве кардинальной стимулирующей меры по привлечению как можно большего числа независимых участников рассматривается схема с партнёрством. Всем заинтересованным может быть предложено передать в пользу Консорциума не менее 50 % доли в своих космических проектах в обмен на преференции в виде 25- и 50-кратных тарифных скидок. В итоге подъём и спуск грузов для партнёрских космических проектов будут осуществляться по льготным тарифам 40 000 USD/т и 20 000 USD/т соответственно, при этом реализация 100 % финансирования должна остаться за самими партнёрами.

Удельные затраты на производство высокотехнологичного оборудования (например, электромобиль марки Tesla стоимостью 50 000–75 000 USD и весом 2–2,5 тонны) не превышают 25 000–30 000 USD/т, что косвенно определяет верхний уровень капитальных расходов на изготовление космического оборудования. Таким образом, удельную стоимость уступки партнёрами половины своих космических проектов в пользу Консорциума можно оценить в 12 500–15 000 USD/т. Вместе с тем получаемая от снижения стандартного тарифа выгода составит 960 000 USD/т и 980 000 USD/т для подъёма и спуска соответственно. От предложения такого партнёрства вряд ли кто-нибудь откажется. Однако данные условия сотрудничества не являются офертой и рассматриваются пока только в качестве одного из сценарных вариантов.

Столь низкая партнёрская плата за выход в индустриальный космос сделает множество прорывных (и не только)

космических проектов высокоэффективными и инвестиционно-привлекательными, а объём необходимых инвестиций многократно снизится. Кроме того, инвестиционные фонды и банки неизбежно пересмотрят своё отношение к утратившим перспективу индустриальным проектам на Земле и перенаправят собственные капиталы в сторону индустриальных проектов в космосе, ставших весьма перспективными.

Выгоды от применения подобных стимулирующих мер:

- многократно возросший спрос на геокосмические перевозки;
- привлечение независимых инвестиций в программу «ЭкоМир»;
- отсутствие каких-либо кредитных обязательств у Консорциума;
- управленческий контроль со стороны Консорциума над многими проектами реального сектора космической индустрии;
- пополнение доходной части бюджета партнёрскими поступлениями в счёт полученных 50 % участия в частных космических проектах;
- высокая степень диверсификации состава участников создаваемой космической индустрии и формирование конкуренции с самого начала образования нового космического рынка.

18. Организационные аспекты подготовки и создания космической индустрии

Как было отмечено ранее, неременное условие начала полномасштабной реализации программы «ЭкоМир» – консолидация усилий всего человечества. Для этого прежде всего необходимо, чтобы широкая мировая общественность, политические, научные и бизнес-элиты глубоко осознали неизбежность, а также оценили преимущества и материальные выгоды космического вектора индустриального развития земной цивилизации – самого масштабного и самого инвестиционно-привлекательного проекта за всю историю человечества.

Для этих целей важно проводить следующие мероприятия:

- привлечение к продвижению программы «ЭкоМир» общественно-политических, экологических и других общественных международных организаций;
- проведение посвящённых программе «ЭкоМир» симпозиумов, конференций, семинаров, курсов обучения и др.;
- распространение информации о программе «ЭкоМир» в интернете, прессе, на радио и телевидении;

- выпуск рекламной и другой продукции, в том числе просветительской и научно-популярной, с атрибутикой программы «ЭкоМир».

До сих пор программа «ЭкоМир» в течение более 40 лет финансируется её автором инженером А.Э. Юницким из собственных средств и доходов, получаемых после внедрения разработанных им в рамках программы экоориентированных технологий – органическое земледелие GreenWay; EcoHouse; струнный транспорт UST и др. Предполагается: когда программа «ЭкоМир» в обозримом будущем получит известность в широких научных, экономических и политических кругах, тогда возможно учреждение под эгидой ООН Консорциума стран-участниц. Это позволит сформировать из вкладов данных государств достаточный уставный капитал и начать полномасштабную реализацию программы «ЭкоМир», призванной спасти человечество от деградации, угасания и гибели.

Ключевым элементом, определяющим успех программы «ЭкоМир», станет научная школа «ЭкоМир», создание которой ведётся автором программы уже сейчас. Речь идёт как о переобучении уже состоявшихся учёных и специалистов, так и об обучении молодых кадров – школьников, студентов, аспирантов. Особенностью этого значимого компонента успеха является широкий спектр научных тематик и специальностей, обязательный охват процессом обучения широкого диапазона профессиональных квалификаций – дошкольной системы образования, школы, средних специальных учебных заведений, вузов, аспирантуры, докторантуры. В рамках целенаправленного подбора перспективных кадров, учитывая долгосрочность программы «ЭкоМир», важен поиск и привлечение именно талантливой молодёжи. Для этого необходимо применять весь комплекс мотивационных инструментов, в том числе учреждение премий, грантов, стипендий. Основная сложность процесса формирования научной школы «ЭкоМир» – его значительная продолжительность и затратность, которые невозможно сократить.

Организационный план реализации программы «ЭкоМир» предполагает три этапа.

1. Подготовительный этап. Срок реализации: 20–25 лет (с 2020 г. по 2040–2045 гг.). Цели и задачи:

- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по направлениям:
 - взлётно-посадочная экваториальная эстакада «5 в 1», совмещённая с транспортно-инфраструктурными комплексами UST;
 - инфраструктура – транспортная, логистическая, промышленная, жилая, энергетическая и информационная;

- общепланетарное транспортное средство;
- транспортно-инфраструктурный и индустриальный комплекс на орбите, включающий новые космические отрасли – промышленную, энергетическую, информационную и жилую;

• актуальные вопросы биологического, экологического и инженерного характера при создании ЭкоКосмоДома как замкнутой автономной биосферы для сохранения биоразнообразия планеты Земля и как модели будущего человеческого поселения в космическом пространстве; иные экотехнологии природоохранной направленности для их немедленного применения на Земле;

• подготовка и создание (строительство) на планете экваториальной взлётно-посадочной эстакады ОТС «5 в 1», совмещённой с транспортной системой UST, а также зданий, сооружений, инфраструктуры (промышленные и жилые комплексы, электростанции, в том числе реликтовые солнечные биоэлектростанции, системы управления и связи, линии электропередач и др.);

• изготовление и монтаж общепланетарного транспортного средства (протяжённость – 40 076 км; общая масса без полезной нагрузки – 30 млн тонн, в одном из возможных вариантов реализации); пусконаладочные процессы. Весь комплекс работ, связанных с созданием ОТС, планируется выполнить за 20–25 лет – к 2040–2045 гг.;

• строительство экваториального линейного города как транспортно-логистического комплекса геокосмической транспортной системы; развёртывание в составе его «городской черты» экваториальной линейной индустрии как земного компонента космической индустрии. Начало гармонизации техносферы и остальной территории Земли с биосферой путём сокращения техносферы до объёмов, необходимых человечеству, и её перевооружения на основе экоориентированных технологий;

• организационная подготовка полётов, в частности согласование с гражданскими и военно-техническими авиакосмическими ведомствами всех стран мира; сбор космического мусора, представляющего угрозу для ОТС и создаваемой космической индустрии (должен быть начат заранее, с помощью техники, его породившей, – ракет); корректировка правил и международных законодательных актов в области воздушного и морского права; иное.

2. Базисная индустриализация космоса. Срок реализации: 10–15 лет (с 2040 г. по 2050–2055 гг.). В течение первых пяти лет базисной индустриализации космоса следует:

• сформировать вдоль низких экваториальных орбит строительные-монтажные участки, поднять и смонтировать

несущие (силовые) и транспортно-коммуникационные компоненты космического индустриального ожерелья «Орбита», завершив строительство этой опорной конструкции со всей космической транспортной и энергоинформационной инфраструктурой за первых два года полётов ОТС;

• параллельно приступить к развёртыванию на орбите группировки солнечных электростанций и в течение первых двух лет достичь нетто-мощностей, превышающих нетто-мощности энергетики Земли, чтобы обеспечить нужды выстраиваемой в космосе индустрии и выйти на оптовые рынки электроэнергии;

• начать организацию на орбите ряда установок для получения водорода и кислорода методом электролиза соляного раствора (балластная морская вода), а также мощностей для сжижения и хранения водорода и попутно получаемого кислорода;

• после первого запуска ОТС отправлять заранее подготовленные ещё на Земле горнодобывающие экспедиции на ближайшие астероиды, на которых имеются ценные сырьевые ресурсы. Например, астероид Психея содержит золота и металлов платиновой группы в количестве 110 млрд тонн минимальной стоимостью 10^{18} (миллион триллионов) USD, а железа и никеля – значительно больше: на сумму 10^{19} USD (в современных ценах);

• наладить оказание услуг геокосмических транспортных перевозок в адрес прорывных космических проектов; запустить космические сервисы по сбору космического мусора, обслуживанию действующих спутников, восстановлению озонового слоя; иное.

В течение второго пятилетия базисной индустриализации космоса необходимо:

• поддерживать прежние темпы роста нетто-мощностей солнечно-водородной энергетики, пока не будет достигнута нетто-мощность, превышающая нынешнюю мощность земной индустрии минимум в два раза, в том числе всех силовых установок на каждом виде наземного транспорта, включая автомобили и электромобили. Весь транспорт на планете после этого станет только электрическим;

• с самого начала периода приступить к строительству на опорной и инфраструктурно обеспеченной орбите первых нескольких тысяч космических индустриальных кластеров, используя конструкционные материалы, доставленные с Земли. Затем, уже на их базе, будет создан космический строительно-промышленный комплекс по производству конструкционных материалов из космического сырья, что позволит перейти к массовому возведению индустриальных кластеров – их в будущем должно быть не менее 100 000 (примерно через каждые 400 м вдоль орбиты)

для последующей широкомасштабной индустриализации космоса;

• сразу же занять доминирующие позиции на энергетических и сырьевых рынках; начать сокращение объёма земной техносферы до безопасного уровня, не оказывающего угнетающее антропогенное воздействие на биосферу.

3. Широкомасштабная индустриализация космоса (бессрочная, начиная с 2055 г.). Цели и задачи:

• расширение линейки качественных потребительских и промышленных космических товаров и услуг, формирование конкурентного космического рынка.

19. Препятствия, угрожающие программе «ЭкоМир», риски и их профилактика

Программа «ЭкоМир» – инвестиционная, поэтому, как и при любой подобной деятельности, её реализация сопряжена с преодолением препятствий и инвестиционными рисками.

Особенность риск-менеджмента данного проекта заключается в том, что программа «ЭкоМир» является глобальной по масштабу и географии охвата, цивилизационной по глубине и значению преобразований и в то же время считается стартапом. Воплощение программы возможно лишь коллегиальными усилиями всех стран мира под управлением международного Консорциума, созданного под эгидой ООН. Вместе с тем её цели и задачи отвечают интересам не только участников-инвесторов, но и всего человечества. Следовательно, с учётом этих факторов, а также всеохватывающей поддержки со стороны международных институтов власти программа «ЭкоМир» практически не подвержена страновым рискам, связанным с уровнем развития и состоянием экономики, политикой в области налогов и финансов, законодательно-правовой базой и инвестиционной средой, рыночной конъюнктурой и иными условиями хозяйствования в отдельно взятом государстве. Однако, будучи стартапом, программа «ЭкоМир» на своём 40-летнем пути уже встретила немало препятствий, и не меньше преград ей предстоит преодолеть в будущем.

Основные трудности, с которыми программа «ЭкоМир» не только столкнулась на начальной стадии, но и которые возникают до сих пор и серьёзно мешают её распространению, – прямое противодействие со стороны всякого рода недоброжелателей. Пока это только так называемые «научные элиты», по субъективным причинам не желающие признавать уникальность целой серии экоориентированных технологических платформ, предложенных учёным, пионером во многих отраслях науки и знаний –

инженером А.Э. Юницким. В последующем противодействующими силами, вполне вероятно, станут «политические элиты»: они наверняка не захотят делегировать свои властные полномочия в пользу централизованного цивилизационного управления. Это могут быть ракетно-космические и иные индустриальные лобби, опасющиеся конкурентного противостояния с новой космической индустрией. Кроме того, все вышеперечисленные элиты заинтересованы в сиюминутном результате, поэтому вряд ли будут поддерживать программу, успех которой (пусть даже огромный) ощутят не они, а лишь человечество, и то спустя 1–2 поколения.

Устранением этого препятствия, уже в полной мере себя проявившего, является выбор в качестве целевой аудитории самых широких масс населения планеты, а также опора на лидеров мнения из культуры, искусства и других сфер, чьи человеческие и профессиональные интересы практически не зависят от грядущих преобразований в области техносферы и полностью совпадают с жизнеутверждающими целями и задачами программы «ЭкоМир». И только после завоевания симпатий большого числа населения планеты и истинных лидеров их мнения можно рассчитывать на то, что и элиты, по-прежнему движимые лишь конъюнктурными соображениями, поддержат не столько саму программу, сколько выбор своих «потребителей» (в широком смысле), от которых они зависят. Именно тогда они смогут воспринять содержание программы «ЭкоМир» и, примерив к себе все выгоды, приступить к её активной реализации.

Достаточно объективное препятствие для программы «ЭкоМир», давно ею испытываемое, – непонимание и, как следствие, недоверие к самой программе, которые с учётом её инновационности и глобализма вполне объяснимы и могут быть сняты только ответами на все обусловленные этим недооцениванием вопросы. Например, вопрос научно-технической обоснованности решений, заложенных в конструкцию и принципы работы геокосмической транспортной системы и космической индустрии. Предметом серьёзных углублённых обсуждений являются: осуществимость всех технических решений, в том числе их реализация на отрезках океана и горных участках суши; достаточность объёмов минерального сырья и производственных мощностей; экологическая нагрузка со стороны компонентов новой техносферы; кадровое обеспечение; наличие инвестиционных средств; организационные и политические аспекты.

Практически на все эти вопросы имеются ответы у А.Э. Юницкого и организованной им команды учёных, инженеров и специалистов. Научно-техническая обоснованность технических решений по геокосмической транспортной системе не вызывает сомнений, так как они

базируются исключительно на фундаментальных законах физики, причём применительно к ОТС всё уже всесторонне изучено и подтверждено положительными заключениями различных авторитетных экспертов. Возможность конструкторского воплощения также не нуждается в особых дополнительных аргументах – в настоящее время есть не только конструкторские проработки, но и многие компоненты геокосмической транспортной системы, уже широко применяющиеся на Земле и осуществлённые в промышленных образцах. Имеется в виду практическая реализация в различных уголках мира инвестиционных проектов по созданию грузо-пассажирских струнных транспортных систем UST. Верность дальнейших инженерных расчётов и эксплуатационная надёжность произведённого в будущем оборудования – это вопросы правильной организации НИОКР и контроля качества выпускаемой продукции, которые хорошо отработаны опытом аэрокосмической отрасли. Учитывая масштаб консолидации международных сил, степень рисков подобного рода будет значительно меньше, чем сейчас.

Если говорить о безопасности полётов, то с учётом глобального характера консолидации сил, в том числе потенциала спецслужб и армий стран-участниц, вопрос организации безопасности также может быть обеспечен на гораздо более высоком уровне, чем это возможно сделать в рамках отдельных государств. Отсутствие негативных экологических последствий гарантировано сущностью программы «ЭкоМир», так как все без исключения предлагаемые преобразования подчинены единой логике экоориентированности. Количество ресурсов существующей техносферы оценено; их достаточно, даже если осуществление программы «ЭкоМир» возьмёт на себя только одна из первой пятёрки наиболее развитых стран мира.

Однако, чтобы эти ответы были убедительны, они должны прозвучать не только из уст инженера А.Э. Юницкого и представителей его научной школы. Об этом необходимо заговорить тысячам учёных и специалистов со всего мира, которым потребуются ускоренно, в течение пяти лет, пройти весь научно-исследовательский и опытно-конструкторский путь, преодоленный А.Э. Юницким примерно за 40 лет, и он готов подарить свой опыт человечеству. Затем убедительные ответы должны быть произнесены политиками и бизнесменами.

Ещё одним препятствием на начальных этапах реализации программы «ЭкоМир» может стать отказ от участия в ней одной, или нескольких, или всех стран экваториальной полосы Земли, а также выдвижение государствами чрезмерно завышенных компенсационных выплат за использование принадлежащих им зон экваториальной полосы. Следующая причина уклонения от участия в программе –

опасения обрушения ОТС на их территорию. Профилактикой данного риска станет информирование руководства и общественности (не только экваториальных регионов) о реально низком уровне вероятности аварийной ситуации и мерах ограничения возможных катастрофических последствий; страхование подобных рисков.

Что касается возможного завышения ценовых требований, то этот вопрос не кажется критичным, потому что речь идёт о самой дорогой земле в эру космотехнократической цивилизации. Соответственно, профилактикой риска может быть установление единых стандартов выкупа территорий экваториальной полосы, а также обязательное условие пакетного соглашения одновременно со всеми экваториальными странами, подавляющая часть которых экономически слабо развита. Для них участие в программе «ЭкоМир» – уникальный шанс поднять свою экономику на уровень самых высокоразвитых государств мира. Таким образом, любые попытки какой-либо экваториальной державы выдвинуть завышенные ценовые требования под угрозой бойкотирования дальнейшей реализации программы «ЭкоМир» обернутся для неё изоляцией не только со стороны стран-коллег по экваториальной полосе, но и остальных государств.

Если говорить о других, более традиционных рисках, то их существует огромное множество. Нет сомнений, что всеобщий масштаб программы при покровительстве международных властей позволит не только провести эффективную профилактику рисков стандартными для инвестиционных проектов методами и средствами, но также избежать большую их часть. Например, рыночные риски будут минимальными, так как программа «ЭкоМир» находится над глобальными мировыми рынками и направлена в том числе на их преобразование в экоориентированной логике: «Планета – для жизни. Космос – для индустрии».

У программы «ЭкоМир» имеется ещё один большой риск, скрывающийся за всеми выше описанными препятствиями, – это потеря человечеством драгоценного времени, которого осталось не так уж много, чтобы в полной мере осознать неизбежность космического вектора дальнейшего индустриального развития, успеть консолидировать усилия всех стран мира и как можно скорее приступить к полномасштабной реализации программы, призванной не только спасти мир, но и сделать его лучше.

20. Общность предложенной ООН концепции устойчивого развития и программы «ЭкоМир»

В 1972 г. на конференции ООН, проходившей в г. Стокгольме, международное сообщество признало реальность

экологической и ресурсной катастроф. В 1987 г. Генеральная Ассамблея ООН сделала заявление: «Обеспечение устойчивого развития человечества – наиболее значимая проблема, стоящая перед мировым сообществом». В том же году Международной комиссией по окружающей среде и развитию впервые сформулировано понятие устойчивого развития как «удовлетворение потребностей нынешнего времени, не подвергая угрозе возможность будущих поколений удовлетворять свои потребности». На Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в г. Рио-де-Жанейро в 1992 г., была принята концепция устойчивого развития как результат соединения трёх направлений:

- экономического. Экономическая эффективность должна оцениваться исходя из долгосрочных перспектив, учитывающих экологические последствия;
- экологического. Основной целью в области экологии должна стать стабильность физических и экологических систем; деятельность же, которая ведёт к деградации окружающей среды, ставит под угрозу существование всего человечества;
- социального. Важно осознание социальных проблем и необходимости сохранения культурной и социальной стабильности, а также уменьшения количества несущих разрушения конфликтов.

За многие десятилетия своего существования концепция устойчивого развития постоянно совершенствовалась. В июле 2014 г. рабочая группа Генеральной Ассамблеи ООН по целям устойчивого развития одобрила документ, содержащий 17 целей, направленных на достижение устойчивого развития:

- 1) ликвидация нищеты;
- 2) ликвидация голода;
- 3) хорошее здоровье и благополучие;
- 4) качественное образование;
- 5) гендерное равенство;
- 6) чистая вода и санитария;
- 7) недорогостоящая и чистая энергия;
- 8) достойная работа и экономический рост;
- 9) индустриализация, инновация и инфраструктура;
- 10) уменьшение неравенства;
- 11) устойчивые города и населённые пункты;
- 12) ответственное потребление и производство;
- 13) борьба с изменением климата;
- 14) сохранение морских экосистем;

15) сохранение экосистем суши;

16) мир, правосудие и эффективные институты;

17) партнёрство в интересах устойчивого развития [16].

«Защита человеческого достоинства будет лежать в основе моей деятельности...», – отмечает Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш. Он убеждён, что уникальная международная организация способна решать стоящие перед миром задачи и добиться успеха в преобразовании общества. Как и его предшественник Пан Ги Мун, г-н Гутерриш считает приоритетной задачей выполнения Повестки дня в области устойчивого развития до 2030 г. и достижения закреплённых в ней 17 целей в области устойчивого развития как отражения универсальной, комплексной и ориентированной на преобразования концепции создания более совершенного мира в интересах всего человечества [17].

В заявлении Генерального секретаря ООН, где он ссылается на преемственность собственной позиции со взглядом своего предшественника, ощущается озабоченность тем, что концепция устойчивого развития, которая не обязывает, а лишь призывает, за многие десятилетия так и не смогла кардинально преобразовать мир к лучшему, а главная проблема антропогенного угнетения биосферы не только не решена, но ещё более обострилась и продолжает усугублять экологическую обстановку на планете.

Концепция устойчивого развития предлагает сдерживать дальнейший экономический рост и технологическое развитие, а также нести дополнительные затраты на создание и внедрение экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. Однако предлагаемые меры ведут к удорожанию жизни, что является объективным экономическим препятствием к их добровольному широкому применению. В отличие от остальных биологических видов *Homo sapiens* находит смысл жизни в свободе самовыражения, личностном росте и развитии, в том числе материальном. Даже оценка успеха в цивилизованном обществе выражается в темпах роста и уровне развития. Насильственное ограничение достигнутого уровня воспринимается сознанием как ущемление личностных прав и свобод. Подтверждение вышесказанному – существующие тысячи лет религии, единые во мнении: излишества греховны; тем не менее им до сих пор так и не удалось изменить сознание своих прихожан. Ещё одно подтверждение – карантинные мероприятия, связанные с пандемией COVID-19, которые временно уменьшили экономическую активность, вызвав тем самым общественный протест.

Более того, сдерживание роста и сокращение потребления не способны решить проблему загрязнения

биосферного пространства Земли и нехватки заключённых в этом пространстве ресурсов. Даже если удастся лимитировать индивидуальное (людьми) и удельное (техносферой) потребление, всё равно достигнутое снижение будет преодолено последующим ростом человеческой популяции и техносферы. Известно, что в замкнутой экосистеме чашки Петри популяция плесени, съев все имеющиеся ресурсы и отравив ограниченное пространство отходами своей жизнедеятельности, неизменно гибнет. Это практически точная копия происходящего с нашей цивилизацией в биосферном доме Земля и того, к чему наша цивилизация, как бы ужасно ни звучало, движется со всё возрастающим ускорением.

Заключение

Мы, нынешнее поколение жителей Земли, получили нашу планету не в наследство от предков, а взяли её в долг у своих потомков. Этот долг мы обязаны вернуть, иначе лишим себя будущего – земная техногенная цивилизация исчезнет как неудавшийся эксперимент Вселенной.

Не вызывает сомнения, что в ходе реализации программы «ЭкоМир» необходимо будет справиться с большим количеством трудностей, причём не только инженерно-технических. Однако все они ничтожны по сравнению с теми проблемами и жизненными угрозами, которые неизбежно наступят, если человечество не начнёт принимать срочные действия уже сейчас.

Автор программы «ЭкоМир» инженер А.Э. Юницкий, формулируя концепции, практически идентичные провозглашённым ООН 17 гуманистическим целям, дополнил их всеобъемлющими идеями не свёртывания и стагнации развития (как это происходит в мире), а ещё более стремительного экономического роста и индустриального прогресса земной техногенной цивилизации, предлагая материально выгодные и всесторонне обоснованные инженерно-технические решения, призванные спасти человечество от деградации, угасания и гибели.

С учётом вышесказанного А.Э. Юницкий, представители его научной школы и организации-партнёры выражают заинтересованность в том, чтобы программа «ЭкоМир» стала общемировым достоянием и тем инструментом, который позволит достичь всех провозглашённых ООН 17 целей устойчивого развития земной цивилизации и приведёт к созданию более совершенного мира, включающего в себя земной БиоМир, космический ТехноМир и объединяющий их ХомоМир.

Литература

1. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Гомель: Инфотрибо, 1995. – 337 с.: ил.
2. Камшилов, М.М. Эволюция биосферы / М.М. Камшилов. – М.: Наука, 1979. – 254 с.
3. Бабаян, А.В. Индустриализация космоса – новая эра человеческого развития и необходимый шаг для спасения биосферы Земли (экономическое обоснование) / А.В. Бабаян // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы II междунар. науч.-техн. конф., Марьина Горка, 21 июня 2019 г. / ООО «Астроинженерные технологии»; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: Парадокс, 2019. – С. 103–109.
4. Макконнелл, К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика: учебник / К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю, Ш.М. Флинн. – 19-е изд., англ. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. – 1028 с.
5. Ванке, В.А. Электроэнергия из космоса – солнечные космические электростанции / В.А. Ванке // Журнал радиоэлектроники. – 2007. – № 12. – С. 7–9.
6. Дмитриев, А.Н. Изменения в Солнечной системе и на планете Земля / А.Н. Дмитриев // «Живая Этика» и «Тайная Доктрина» в современной науке, практической педагогике и социальной жизни: материалы конф., Екатеринбург, 8–9 августа 1999 г. – Изд. 2. – М.: Белые альвы, 2001. – 112 с.
7. Останина, Н.Г. Воздействие ракетно-космической техники на озоновый слой / Н.Г. Останина, М.В. Кубриков // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – № 8. – С. 227–228.
8. Юницкий, А.Э. Пересадочная, космическая, кольцевая / А.Э. Юницкий // Изобретатель и рационализатор. – 1982. – № 4. – С. 28–29.
9. 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 науч. трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – № 147. – С. 192–194.
10. Юницкий, А.Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе: науч. издание / А.Э. Юницкий. – Силакрогс: ПНБ принт, 2019. – 576 с.: ил.
11. Куликов, К.А. Планета Земля / К.А. Куликов, Н.С. Сидоренков. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
12. Литусов, Н.В. Микрофлора окружающей среды и тела человека: учеб. пособие / Н.В. Литусов [и др.]. – Екатеринбург: Уральская государственная медицинская академия, 2008. – 28 с.
13. Почему космическая индустрия может превысить \$3 трлн к 2040 г. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://ffin.ru/market/review/82/71325/>. – Дата доступа: 01.08.2020.
14. Коротеев, А.С. Космическая система энергоснабжения Земли: эффективность, проблемы создания и решения / А.С. Коротеев [и др.] // Известия Российской Академии Наук. Энергетика. – 2009. – № 4. – С. 3–20.
15. Final Report: SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large Phased Array (A 2011-2012 NASA NIAC Phase 1 Project) [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/niac_2011_phase1_mankins_spsalpha_tagged.pdf. – Date of access: 01.08.2020.
16. Open Working Group proposal for Sustainable Development Goals [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1579SDGs%20Proposal.pdf>. – Date of access: 01.08.2020.
17. Генеральный секретарь ООН, Антониу Гутерриш [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/secretary-general/>. – Дата доступа: 01.08.2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ к программе «ЭкоМир»

Таблицы и списки, иллюстрирующие аспекты программы «ЭкоМир» и направления её реализации

Организационные условия и сценарий реализации программы «ЭкоМир»

Разработка и продвижение программы «ЭкоМир»:

- привлечение общественно-политических, экологических и других организаций;
- проведение симпозиумов, конференций, семинаров, программ обучения и др.;
- публикации в интернете, прессе, материалы на радио и телевидении, запуск рекламы и изготовление продукции с соответствующей атрибутикой.

Переворужение техносферы биосферного дома Земля на основе экоориентированных технологий:

- органическое земледелие GreenWay – повышение плодородия почв и борьба с опустыниванием планеты;
- «зелёная» энергетика EcoEnergy – реликтовая (уголь, сланцы, торф), солнечная и водородная, солнечная из космоса;
- строительство сооружений EcoHouse и ЭКД-Земля – жилые и промышленные экосооружения;
- транспортные, энергетические и информационные сети TransNet, созданные на основе Струнных технологий Юницкого (UST).

Формирование нового общественного сознания – общества и элиты (наука, бизнес, политика):

- осознание необходимости космического вектора индустриализации земной техногенной цивилизации;
- понимание важности консолидации потенциала всех стран мира, а именно:
 - участки экваториальной полосы – под застройку ЭЛГ и взлётно-посадочной эстакады ОТС;
 - финансы, экономика, сырьевые ресурсы, учёные и специалисты, политическое влияние, военная мощь.

Учреждение под эгидой ООН международного Консорциума «ЭкоМир»:

- формирование пула стран-участниц и учреждение уставного капитала из вкладов стран-участниц;
- создание нового международного права и его гармонизация с национальным законодательством;
- детальная проработка и утверждение технико-экономического обоснования программы «ЭкоМир».

Этап 1. Подготовка индустриализации космоса (с 2020 г. по 2040–2045 гг.) – проведение НИОКР, создание ОТС, строительство ЭЛГ, перевооружение техносферы в составе биосферного дома Земля, развитие научной и инженерной школы, осуществление организационных мер.

Этап 2. Базисная индустриализация космоса (с 2040 г. по 2050–2055 гг.) – полёты ОТС, создание КИО «Орбита», становление базисных космических отраслей: энергетика, транспорта, сырья.

Этап 3. Широкомасштабная индустриализация космоса (с 2055 г. и далее) – развитие космической индустрии и конкурентного рынка космических товаров и услуг.

Финансовое обеспечение реализации программы «ЭкоМир»:

- личный финансовый вклад автора программы «ЭкоМир» инженера А.Э. Юницкого;
- доходы от использования ноу-хау, созданных в рамках программы «ЭкоМир»;
- фонд добровольных (благотворительных) вкладов в программу «ЭкоМир»;
- фонд коллективных инвестиций – специальный участник программы «ЭкоМир»;
- уставный капитал Консорциума «ЭкоМир», формируемый странами-участницами;
- участники-инвесторы программы «ЭкоМир» со своими проектами космической индустрии;
- партнёры-инвесторы программы «ЭкоМир» со своими проектами космической индустрии.

Кадровое обеспечение реализации программы «ЭкоМир» (научно-практическая школа):

- составление перечня научных тематик и специальностей; разработка программ обучения;
- повышение квалификации специалистов (аспирантура, докторантура);
- поиск и подбор молодых кадров из числа талантливой молодёжи для обучения;
- учреждение премий, грантов, стипендий (при различных источниках финансирования).

Компоненты вновь созданного земного ТехноМира

Линейные города – новый формат урбанизации космической техногенной цивилизации:

- органическое земледелие GreenWay – повышение плодородия почв, борьба с опустыниванием планеты;
- «зелёная» энергетика EcoEnergy – реликтовая (уголь, сланцы, торф), солнечная и водородная, солнечная из космоса;
- строительство сооружений EcoHouse и ЭКД-Земля – жилые и промышленные экосооружения;
- струнные коммуникации UST – транспортные, энергетические и информационные сети TransNet.

Экваториальный линейный город – компонент геокосмической транспортной системы:

- транспортно-логистический хаб, обслуживающий грузо-пассажирский поток между КИО «Орбита» и земными рынками;
- земной компонент космической индустрии – на космической «зелёной» энергии, сырьё и материалах;
- четыре составляющие техносферы линейного города – GreenWay, EcoEnergy, EcoHouse, UST (TransNet).

Компоненты восстановленного БиоМира

Человечество как биологический вид живёт и трудится в гармонии с биосферным домом Земля:

- новый формат урбанизации – линейные города, не оказывающие антропогенного угнетающего воздействия на биосферу;
- оптимальная структура демографии, расселения и природопользования.

Вся техносфера биосферного дома Земля перевооружена на основе экоориентированных технологий:

- органическое земледелие – производство натуральной, здоровой и полезной пищи;
- погода и климат – экоуправление озоносферой, ионосферой, магнитосферой и земной атмосферой;
- земная суша – увеличение плодородия почв, борьба с опустыниванием планеты;
- Мировой океан – очистка от загрязнений, перевооружение судовых силовых установок на водородные.

Экологически вредная, энерго- и ресурсозатратная индустрия вынесена за пределы биосферного дома Земля в ближний космос:

- углеводородная энергетика и промышленность заменены космической и земной «зелёной»;
- добывающая и перерабатывающая минеральное сырьё промышленность замещена космической;
- ракетно-космический комплекс обслуживает перевозки только с орбиты в дальний космос;
- углеводородный транспорт (авто-, мото-, железнодорожный, водный и авиационный) переведён на электроэнергию и/или водородное топливо;
- другие меры.

Применена реабилитирующая терапия для ускоренного восстановления биосферного дома Земля:

- повышение плодородия почв и борьба с их опустыниванием с помощью производимого живого биогумуса;
- сохранение растительного и животного биоразнообразия путём интродукции в EcoHouse и ЭКД-Земля;
- восстановление и регулирование содержания озона, кислорода и влаги в атмосфере с помощью ОТС, что позволит экологически чисто управлять погодой и климатом как на всей планете, так и локально;
- бережное природопользование во всех без исключения отраслях деятельности человека.

Компоненты улучшенного ХомоМира

Единый центр цивилизационного управления на основе корпоративных механизмов:

- единый для всех вектор космического индустриального развития;
- общепланетарная безракетная транспортная система;
- общий для всех экваториальный линейный город;
- общее для всех КИО «Орбита»;
- реализация программы «ЭкоМир» консолидированными усилиями всех стран мира.

Новая экономическая парадигма неисчерпаемых космических ресурсов и возможностей:

- источник реализации целей устойчивого развития;
- источник торжества гуманизма, эстетики, творчества, искусства, воспитания, науки;
- источник абсолютных социальных гарантий каждому человеку (устранение социального неравенства).

Планета Земля как объект защиты – национальная территория космической техногенной цивилизации:

- от внутренних угроз – охрана экологии (почва, океан, атмосфера и др.) и невозобновляемых ресурсов;
- от внешних угроз – из космоса, в том числе метеоритных и радиационных.

Факторы конкурентного превосходства космической индустрии

Неисчерпаемые и доступные энергетические и минеральные ресурсы – фактор ценовой конкуренции:

- энергетика – высокая мощность солнечного потока в космосе и отсутствие расходов на топливо;
- добыча сырья – высокая концентрация минеральных ресурсов в космических месторождениях, вплоть до самородного состояния (минимум энергозатрат, лёгкое оборудование).

Безграничная и мёртвая космическая среда – фактор ценовой конкуренции:

- роботизация космических производств – отсутствие фонда оплаты труда и налогов; экологическая безопасность;
- высокая автоматизация технологических процессов (например, 3D-печать) – минимум операционных затрат средств и времени;
- возможность использования эффективных (однако экологически грязных или опасных с позиций земной биосферы) технологий, запрещённых на Земле;
- минимум или отсутствие расходов на природоохранные мероприятия, утилизацию и захоронение отходов;
- лёгкость и простота космического оборудования/технологий – минимизация капитальных и эксплуатационных затрат.

Некосмические (косвенные) факторы ценовой конкуренции:

- ужесточение экологических норм и природоохранных требований на планете не вызовут удорожание космических производств;
- экоориентированность космической индустрии, размещённой на удалении от жизни на планете, позволит получить налоговые и торговые преференции;
- вся космическая индустрия будет иметь низкие тарифы на энергию и сырьё, а также на потребляющий энергию космический транспорт.

Уникальные технологические условия космической среды – факторы качественной конкуренции:

- невесомость, глубокий вакуум, технологическая чистота, высокие и криогенные температуры, другие уникальные космические условия, не имеющие технологических аналогов на планете;
- возможность производства уникальных материалов с непревзойдёнными и исключительными физико-механическими и химическими свойствами;
- перспектива выпуска новых видов товаров и услуг с использованием качественных космических материалов.

Компоненты вновь созданной геокосмической безракетной транспортной системы

Организация и проведение НИОКР, в том числе по следующим основным направлениям:

- общепланетарное транспортное средство со всеми обеспечивающими полёт системами;
- взлётно-посадочная экваториальная эстакада с коммуникационной сетью TransNet на основе Струнных технологий Юницкого (UST);
- экоориентированные транспортно-логистическая и энергоинформационная инфраструктура, производство и жильё:
 - экваториальный комплекс в составе экваториального линейного города;
 - орбитальный комплекс в составе КИО «Орбита»;
- космические индустриальные технологии – энергетика, транспорт, добыча сырья, строительство др.;
- космические технологии жизнеобеспечения, в том числе автономно-замкнутые биосферные комплексы «ЭкоКосмоДом»;
- экоориентированные технологии перевооружения техносферы в составе биосферного дома Земля.

Создание общепланетарного транспортного средства, включая следующие разработки:

- динамические математические модели (системы и комплексы) для всех режимов выхода в космос и обратной посадки;
- линейный электродвигатель с возможностью линейного удлинения на 6–8 % при скоростях движения 10–12 км/с;
- линейный магнитный (левитационный) подвес, гарантирующий безопасную эксплуатацию ОТС на всех его участках, в том числе на криволинейных горных;
 - линейные вакуумные каналы и обеспечивающие вакуум системы с возможностью линейного удлинения на 6–8 % при скоростях движения внутри канала 10–12 км/с;
 - линейные роторы для движения в вакуумном канале со скоростью 10–12 км/с с возможностью линейного удлинения на 6–8 %;
 - бортовые накопители электрической энергии для компенсации энергопотерь в ОТС во время его функционирования;
 - инженерные транспортные, энергетические и информационные коммуникации, включая вакуумные транспортные тоннели;
 - автоматизированные системы управления и безопасности (с командным пунктом) для всех составляющих космоориентированной индустрии: экваториального линейного города и сети TransNet; ОТС со взлётно-посадочными платформами на Земле и на орбите; космическое индустриальное ожерелье «Орбита»; производственные и жилые здания и сооружения, среди которых ЭкоКосмоДом; др.;
 - программы испытаний (создание моделей, прототипов и другие виды тестирования).

Проектирование и строительство экваториальной взлётно-посадочной эстакады:

- рядовые участки эстакады: 20 % – участки суши и 80 % – водная поверхность земного шара;
- сложные участки: горные массивы в Южной Америке и Африке; большие глубины в океане; часть эстакады с возможными техногенными и природными угрозами.

Компоненты вновь созданного космического ТехноМира

Космическое индустриальное ожерелье «Орбита»:

- орбитальный силовой каркас, совмещённый с транспортными и энергоинформационными коммуникациями, – на низкой околоземной орбите на высоте примерно 400 км;
- орбитальная транспортная и энергоинформационная инфраструктура, совмещённая с базовыми (единичными) производственными и жилыми кластерами.

Кластерная застройка КИО «Орбита» – компоненты и этапы их создания:

- узловая инфраструктура (технические условия) – силовая (несущая), транспортная, энергетическая, информационная и коммунальная;
- ЭкоКосмоДом – изолированные жилые пространства с автономной замкнутой биосферой, аналогичной земной;
- ТехноДом – изолированные пространства с обитаемой (только) атмосферной средой или без неё:
 - первая очередь: земная техносфера – поставщик конструкционных материалов, элементов, узлов и оборудования;
 - вторая очередь: массовая орбитальная застройка – использование произведённых в космосе конструкционных материалов, элементов, узлов и оборудования.

Базисные отрасли космической индустрии – основа ценового конкурентного превосходства:

- космические солнечные электростанции для снабжения энергией в космосе и наземные приёмные ректенны для земных потребителей энергии;
- электролизная выработка на орбите водорода и кислорода из морской балластной воды, их сжижение и хранение;
- индустриальные экспедиции для добычи полезных ископаемых на Луне, астероидах и других космических телах;
- космическая переработка полезных ископаемых и производство из них конструкционных материалов, элементов, узлов и оборудования;
- космическое машиностроение – энергетическое, промышленное, транспортное, строительное и др.

Широкий спектр отраслей космической индустрии – конкурентный рынок космических товаров и услуг.

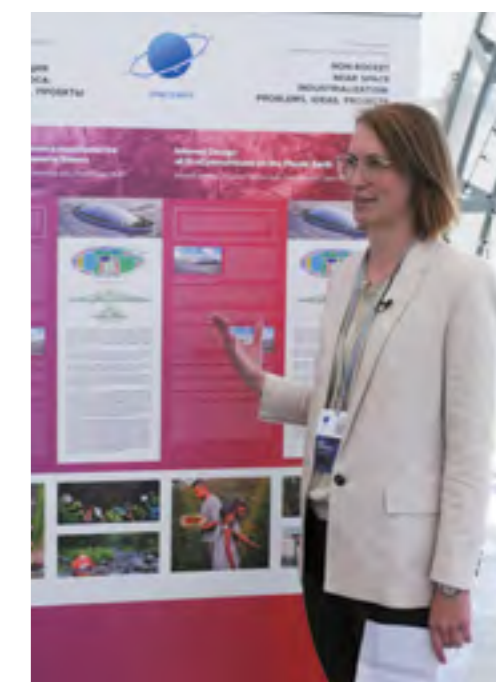
Сервисные космические отрасли, необходимые для индустриализации космоса с первых дней:

- парк ракет-носителей на водородно-кислородном, ионном и других видах реактивной тяги (космический транспорт);
- парк космических буксиров на водородно-реактивной тяге и с солнечными батареями (мобильность);
- парк обитаемых и необитаемых контейнеров на базе гондол ОТС (временные помещения и склады);
- парк космической «рабочей силы» – бригады управляемых роботов-манипуляторов.





Решение
III международной
научно-технической
конференции
«Безракетная индустриализация
ближнего космоса:
проблемы, идеи, проекты»



12 сентября 2020 г. в г. Марьина Горка (Республика Беларусь) состоялась III международная научно-техническая конференция «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты». Мероприятие проводилось с целью обобщения результатов научных, научно-исследовательских и научно-практических работ, осуществляемых в научных и проектных организациях, конструкторских бюро и инжиниринговых компаниях, а также выполняемых отдельными исследователями и энтузиастами по следующим направлениям:

- решение глобальных проблем современности геокосмических средств;
- перспективы инженерно-технологического освоения космоса в рамках программы «ЭкоМир» под девизом: «Земля – для жизни. Космос – для индустрии»;
- особенности организации широкомаштабных грузопассажирских потоков по маршруту Земля – Ближний космос – Земля, обеспечивающих функционирование космической индустрии на благо земной цивилизации;
- принципы создания, конструирование, теория и расчёт транспортно-инфраструктурного геокосмического комплекса – общепланетарного транспортного средства Юницкого (ОТС);
- особенности проектирования, поиск решений биологического и экологического характера для обеспечения устойчивого функционирования замкнутой локальной экосистемы и сохранения биоразнообразия на планете Земля, освоения территорий с неблагоприятными условиями для жизни человека, а также для создания масштабной модели будущего человеческого поселения в космическом пространстве – жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» [ЭКД];

особенности создания экваториального линейного города в качестве неотъемлемого компонента сети струнных дорог TransNet, основанных на транспортно-инфраструктурных комплексах UST (скорость до 600 км/ч) и Umach (скорость до 1600 км/ч), а также наземной инфраструктуры ОТС и его взлётно-посадочной эстакады;

утверждение программы «ЭкоМир» (EcoSpace) с целью консолидации усилий мирового сообщества для обеспечения устойчивого развития земной биосферы в целом и человечества в частности, а также для коэволюции человека и природы и перезагрузки земной индустрии на космический вектор развития.

Научная программа конференции предусматривала пленарные заседания, панельные дискуссии и стендовые доклады. Общее число представленных докладов – 33.

Большой интерес к мероприятию, несмотря на пандемию коронавируса, резко ограничившей коммуникативность людей во всём мире, проявили учёные, исследователи и изобретатели из Беларуси, России, Украины, Германии, Индии, Объединённых Арабских Эмиратов, Вьетнама, Великобритании. В работе конференции приняли участие отечественные и зарубежные представители академических и научных кругов, общественных и коммерческих организаций из Беларуси, Молдовы, Украины, России, Болгарии, Польши, Финляндии, Германии, Эстонии, Италии и США.

По итогам III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты» организационным комитетом и участниками принят ряд важных решений.

1. Отметить чрезвычайно высокую важность дальнейшего развития темы широкомаштабного освоения ближнего космоса и перезагрузки земной индустрии на космический вектор развития.

2. Отметить значимость геокосмического проекта глобального масштаба – общепланетарного транспортного средства инженера А.Э. Юницкого – как единственно возможного с инженерной точки зрения транспортно-логистического решения по индустриальному освоению ближнего космоса и реализации программы «ЭкоМир».

3. Утвердить программу «ЭкоМир».

4. Учитывая масштабность и важность представленных на конференции работ, подчеркнуть первостепенное значение и очевидную актуальность развития сотрудничества между странами мира, международными организациями, ведущими мировыми компаниями, научно-исследовательскими организациями и университетами с целью реализации программ «ЭкоМир» и SpaceWay.

5. Отметить, что в настоящее время человечество находится в условиях «цивилизационной техногенной развилки», согласно которой сегодня у всех нас действительно есть выбор. Либо через два поколения традиционный вектор техногенного развития приведёт наших детей и внуков к точке невозврата для земной цивилизации в целом, её деградации, угасанию и гибели. Либо мы реализуем программу «ЭкоМир»: вынесем индустрию в ближний космос, решим все экологические проблемы на Земле и превратим планету в цветущий сад, в котором комфортно и безопасно смогут жить и трудиться до 25 млрд человек.

6. Рекомендовать фонду EcoSpace и ООО «Астроинженерные технологии» проработать вопросы поддержки и финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по программе «ЭкоМир»,



включая подпрограммы «Общепланетарное транспортное средство», «ЭкоКосмоДом», «Космическое индустриальное ожерелье «Орбита», «Экваториальный линейный город», SpaceWay, TransNet, UST и другие, с привлечением для этого различных организационных структур, независимо от их форм собственности, а также средств частных заинтересованных инвесторов.

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 свои работы в виде научных статей в соответствии с предъявляемыми требованиями.

10. Очередную IV международную конференцию по проблемам безракетного освоения ближнего космоса провести в 2021 г. в Республике Беларусь.

Организационный комитет выражает признательность всем участникам, докладчикам, иностранным гостям, финансирующим организациям и частным лицам, благодаря которым конференция состоялась: фонду EcoSpace, компаниям ООО «Астроинженерные технологии» и ЗАО «Струнные технологии», а также Крестьянскому (фермерскому) хозяйству «Юницкого», предоставившему площадку и оказавшему широкое содействие в проведении мероприятия, призванного практически показать и обосновать вектор наиболее устойчивого развития нашей земной техногенной цивилизации в обозримом будущем: «Земля – для жизни. Космос – для индустрии».

Организационный комитет
12.09.2020



Уважаемые читатели!

Настоящий сборник составлен по итогам III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты», которая состоялась в г. Марьина Горка 12 сентября 2020 г. Надеемся, представленный в данной книге материал оказался вам полезен.

Свои отзывы, пожелания и предложения направляйте по адресу: conf@ecospace.org.

Дополнительная информация по теме безракетного освоения космоса размещена на электронном ресурсе: www.ecospace.org/ru/conferences.

*Организационный комитет конференции
и редакционная коллегия сборника научных материалов*

Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты: материалы III международной научно-технической конференции, Марына Горка, 12 сентября 2020 г. / Астроинженерные технологии, Струнные технологии; под общ. ред. А.Э. Юницкого. – Минск: СтройМедиаПроект, 2021. – 516 с.
ISBN 978-985-7172-54-2.

Материалы сборника отражают тематику и содержание докладов, представленных в рамках III международной научно-технической конференции «Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты». Конференция 2020 г. посвящалась теме решения глобальных проблем современности геокосмическими средствами; принципам конструирования транспортно-инфраструктурного геокосмического комплекса; особенностям проектирования космических поселений с созданием замкнутых экосистем; вопросам социального, политического и экономического характера в области безракетной индустриализации ближнего космоса. 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 БЛИЖНЕГО КОСМОСА: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПРОЕКТЫ

Сборник материалов III международной научно-технической конференции

Редакционная коллегия:

Юницкий А.Э. (главный редактор), Ераховец Н.В.

Рецензенты статей:

Кравцов А.Г., д. т. н., профессор, НАН Беларуси; Тумиллович М.В., д. т. н., профессор, БГУИР; Чулкин П., д. ф. н., Силезский технологический университет (Польша); Акбари М., д. л. н., RMIT (Вьетнам); Павлова А.В., д. э. н., профессор, СГЭУ (Россия); Сафиуллин А.Р., д. э. н., КФУ (Россия); Смит Ф., д. э. н., RMIT (Вьетнам); Кулик Е.Н., к. э. н., КФУ (Россия); Пронкевич С.А., к. ф.-м. н., БГУ; Дуктова Н.А., к. с.-х. н., БГСХА; Зыгмант А.В., к. х. н., НИИ ФХП БГУ; Шахно О.В., к. х. н., СШ № 47 г. Минска; Гордейко С.А., к. т. н., БГУ; Шевченко Д.Н., к. т. н., БелГУТ; Цырлин М.И., к. т. н., БелГУТ; Бочкарёв Д.И., к. т. н., БелГУТ; Казаков Н.Н., к. т. н., БелГУТ; Павленко А.П., к. т. н., БелГУТ; Новицкая М.В., м. х. н., БГУ; Коник Ю.А., м. х. н., БГУ; Коваль В.В., м. т. н., БГТУ; Лишай А.В., м. ф. н., БГМУ; Конаков А.О., м. х. н., МГУ им. М.В. Ломоносова (Россия).

Рецензенты сборника:

Плескачевский Ю.М., член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь; Шаповалов В.М., доктор технических наук, профессор, ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси»; Орлов М.А., доктор технических наук, профессор, Академия МТРИЗ (Германия).

Координаторы: Ераховец Н.В., Исаев Д.А., Авчинникова С.А.

Редакторы, корректоры: Гильманова Л.В., Линевиц Т.А.

Дизайн-макет: Луд И.И.

Компьютерная вёрстка: Луд И.И., Беспалова В.В.

Дизайн обложки: Горбунова Н.А.

Визуализации и иллюстрации: Волобуев Р.М., Минько Е.А., Быкова О.Г., Горбунова Н.А.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведённых в них сведений.

В процессе работы над изданием использованы материалы открытых интернет-источников.

Подписано в печать 03.08.2021. Формат 60 × 84 1/8. Бумага мелованная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 59,99. Тираж 1000 экз. Заказ № 2142.

Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/43 от 03.10.2013.

Ул. В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск.

Отпечатано в типографии ООО «Полиграфт».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/14 от 21.11.2013.

Ул. Кнорина, 50, корп. 4, к. 401а, 220103, г. Минск.