Техносферология

DOI: 10.35634/UdSU.2026.71.34.002

УДК 62:502.22

С.В. Кричевский

УСТОЙЧИВОЕ ОСВОЕНИЕ КОСМОСА В ПАРАДИГМАХ ЭКСПАНСИИ И ЭКОРАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье представлены материалы исследований по истории и перспективам развития космической техники и деятельности в России и мире в связи со 100-летием публикации К.Э. Циолковским общего плана экспансии человечества во Вселенную (1926) и 65-летием первого полета человека в космос (Ю.А. Гагарин, 12.04.1961). В русле идей и плана К.Э. Циолковского, трудов А.Д. Урсула (28.07.1936–5.11.2020) по освоению космоса и устойчивому развитию, стратегии и плана Повестки дня ООН «Космос–2030» (2024), разработаны новый подход и концепция устойчивого освоения космоса в парадигмах экспансии и экоразвития. Представлены методологические основания, история, опыт, проблемы и перспективы. Предложены: общая модель освоения космоса в XX–XXI вв.; модель нового процесса устойчивого освоения космоса в XXI веке. Выделен переход к устойчивому освоению космоса человеком с 20-х гг. XXI века для постоянной жизни вне Земли, колонизации Луны и Марса. Мирное устойчивое освоение космоса, экспансия в космос – важное дополнение, «балансир», ограничитель и альтернатива опасной экспансии на Земле, ускоритель развития и шанс для спасения человечества. Отражены аспекты безопасности полетов, жизни, деятельности людей, устойчивого развития человечества, устойчивости окружающей среды Земли и космоса, техносферы, экологизации космических технологий и деятельности, экологичной экспансии.

Ключевые слова: безопасность полетов и жизни и деятельности человека, концепция, космическая техника и деятельность, окружающая среда, техносфера, устойчивое освоение космоса, устойчивое развитие, человечество, экоразвитие, экспансия.

Для цитирования: Кричевский С.В. Устойчивое освоение космоса в парадигмах экспансии и экоразвития // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып. 3. С. 600 – 617. DOI: 10.35634/UdSU.2026.71.34.002

Введение

В 2026 году две важных даты истории космонавтики, освоения космоса в России и мире: (1) 100 лет назад К.Э. Циолковский (1926) опубликовал «общий план космических достижений» и конкретные «грубые ступени … развития…,

достигающего высших целей», экспансии человечества за пределы Земли для освоения Солнечной системы, Вселенной [1, с. 79, 80, 114–117]; (2) 65-летие первого полета человека в космос (Ю.А. Гагарин, 12.04.1961) [2, с. 16, 17], начала экспансии в космос, «реального размещения – расселения людей вне Земли» [3, с. 37]. 6–12 апреля 2026 г. в России впервые прошла «Неделя космоса» [4].

В связи с этими «космическими» датами и событиями публикуются новые материалы исследований в ИИЕТ РАН в 2025–2026 гг. по теме НИР «Динамика развития технологий, техники, технических наук и отраслей в России и мире в XX–XXI вв.» (2025–2027 гг.), рег. № НИР 1024032700338-3-6.3.2. Использованы тексты автора и др. публикации [1–3, 5–28].

В междисциплинарной проблемной постановке представим новый подход к освоению космоса, идею и основания новой концепции. Впервые они были оглашены 6.04.2026 г. в пленарном докладе на 7-й Международной научно-практической конференции «Перспективы экоразвития в России и странах СНГ» Екатеринбург, Россия, кратко опубликованы 14.04.2026 г. в «НГ-Науке» [8].

Рассмотрим методологические основания, историю, опыт, проблемы и перспективы устойчивого освоения космоса (УОК) в парадигмах экспансии и экоразвития, т.е. экологичной экспансии по аспектам безопасности, жизни, деятельности людей, окружающей среды (ОС), экологизации техники и др.

1.Методологические основания

1.1. Основные понятия и определения

Освоение космоса человеком – «всеобъемлющий процесс познания, исследования, освоения, колонизации, использования, применения космоса человеком для выживания, безопасности и развития … с использованием технологий и техники, от наблюдений … до постоянной жизни человека вне Земли» (Кричевский, 2022) [3, с. 21].

Освоить – «овладеть чем-нибудь, научившись пользоваться, распоряжаться, обрабатывать» [9, с. 452].

Понятие «освоение космоса» здесь используем как универсальное. В процессе освоения космоса создается и развивается мощная инфраструктура на Земле в космосе, в т.ч. «космическая» часть техносферы.

Устойчивость и *неустойчивость* понимаются как стабильность и нестабильность человека, социума, техники, техносферы, ОС.

Устойчивое развитие (УР), «sustainable development» – сбалансированное, самоподдерживаемое развитие. В дискурсе социоприродного развития, универсального эволюционизма, ноосферогенеза, земного и космического будущего человечества см. об этом в трудах Н.Н. Моисеева, А.Д. Урсула и др., документах ООН (с 90-х гг. XX в.) [5, 11–16]. Идеалы и цели УР в «чистом виде» вряд ли достижимы. Есть важные дополнения концепции УР концепциями управляемой эволюции биосферы, техносферы, социосферы, управления эволюцией, экспансией (А.В. Яблоков и др., 2014–2025) [5–8].

Устойчивое освоение космоса – процесс экспансии и экоразвития, с обеспечением безопасности и УР человека и социума, с сохранением устойчивости ОС Земли и космоса. Это возможно при осуществлении устойчивой космической деятельности (КД) с использованием экологичных технологий и техники. УОК – «продукция» устойчивой КД, совокупность достигнутых целей и результатов, необходимых для безопасности и устойчивого существования и УР, устойчивой экспансии человека, общества, человечества на Земле и вне Земли. Именно «человечность» КД, присутствие человека вне Земли в космосе как в постоянном месте жительства (ПМЖ) и для дальнейшей экспансии определяют вектор и задают предельно высокие требования к организации и качеству КД, УОК (по: Кричевский, 2026) [8].

Идеальный сценарий освоения космоса был ранее предложен автором как концепция УОК «для достижения общего блага всего человечества на Земле и вне Земли» (Кричевский, 2023), цит. по: [6, с. 235–236].

Про *экспансию* и *экоразвитие* см.: (Кричевский, 2025) [7, с. 363].

Существует сложный комплекс проблем безопасности и развития, экспансии и эволюции в пространстве «Земля + космос», устойчивости человека, общества, КД, ОС Земли и космоса и др. Необходимо изучать устойчивость КД и ОС, процессы перехода к долгосрочной устойчивой КД (ДУКД) и УОК человеком, управлять ими для достижения целей УР [7, 8, 14].

Концептуальная модель и механизмы реализации процесса УОК в парадигме экспансии и экоразвития междисциплинарные, охватывают методологические, исторические, правовые, политические, научно-технические, медико-биологические, технологические, экономические, социальные, социокультурные, экологические, этические и др. аспекты [3, 5–8].

1.2. История, новый подход и концепция УОК

Важно заметить: «лишь взгляд на освоение космоса в варианте Циолковского оказывается совместимым со стратегией устойчивого развития, поскольку любой чисто «земной» вариант гарантирует данный тип развития только на какое-то ограниченное время» [12, с. 124].

Большой вклад в развитие идей Циолковского об экспансии в космос [1] внес А.Д. Урсул (28.07.1936–5.11.2020), в 2026 г. его 90-летие, – в трудах по освоению космоса, в парадигме социоприродного УР [10–13].

Идеи УР для освоения космоса, переход к ДУКД активно обсуждаются в России и мире с 10-х гг. XXI в., в т.ч. важные проблемы и принципы: доступа в космос, обеспечения безопасности КД, экологической устойчивости космического пространства (space environmental sustainability), ОС в космосе,

аспекты загрязнения ОС «космическим мусором», добычи и использования внеземных природных ресурсов и др. Они отражены в «Повестке дня ООН «Космос – 2030»: космос как двигатель устойчивого развития» (2024) для мирного освоения космоса, принятой и реализуемой с участием РФ [14–21].

В развитие этих идей и текстов, публикаций автора об освоении космоса, экспансии, экоразвитии, экологизации КД, эволюции техносферы, предложены новый подход и концепция УОК в парадигмах экспансии и экоразвития, включая переход к УОК человеком для постоянной жизни вне Земли [3, 5–8].

Используем подход в общей логике и системе: «устойчивая КД – УОК – УР человечества» (их можно рассматривать и как цикл). Причем, новая концепция не ограничивается ДУКД (это лишь часть, инструмент и «двигатель» УОК), она охватывает весь процесс УОК в парадигмах экспансии и экоразвития для человека и человечества на Земле и вне Земли. Предложим две модели:

1. *Общая модель освоения космоса в XX–XXI вв.* С периодизацией истории и перспектив. 6 стадий, ступеней, слоев с нарастанием, суммированием, продолжением старых и новых (как «лестница вверх») (рис. 1). 1-я, 2-я и 3-я стадии (1957–2000), включая аспекты ОС, 4-я (с 2000), в перспективе 5-я и 6-я (с 2030, прогноз). Прообраз: Международная космическая станция (МКС) действующая колония и ПМЖ в околоземном космическом пространстве (ОКП), с ротацией экипажей (с 2000). В США, ЕС, КНР, РФ и др. странах – проекты новых пилотируемых космических полетов (ПКП), экспедиций, станций, постоянных баз, поселений, искусственных биосфер (ИБ) в ОКП, на Луне, Марсе. По программе «Артемида» NASA, США, идет «второе пришествие» человека на Луну. Через 58 лет после ее 1-го облета в ПКП по программе «Аполлон» (3 астронавта, космический корабль (КК) «Apollo-8», сверхтяжелая ракета-носитель (РН) «Saturn-V», 21–27.12.1968), выполнен 1-й облет Луны в

ПКП в XXI в.: 4 астронавта, КК «Orion», сверхтяжелая РН «SLS», 1–10.06.2026) [2, 3, 5–8, 18–27].

2. *Модель нового процесса УОК в XXI в.* Включает 5 уровней (блоков) устойчивости (как «лестница вверх»), от ДУКД до УР человечества в пространстве «Земля + космос». 1-й уровень – ДУКД как основа перехода к УОК (с устойчивым освоением Земли и сохранением устойчивости ОС) для УР человечества. Сверхзадача перехода к УОК человеком (4-й уровень): устойчивая постоянная, безопасная, достойная, долгосрочная, постоянная жизнь людей вне Земли, с автономностью от нее (это возможно в XXI в., прогноз). Высший, 5-й уровень (идеал) – УР человечества, с достижением общего блага, и на Земле, и в космосе, включая обеспечение устойчивости ОС (рис. 2).

6. Колонизация космоса (создание постоянных баз на Луне и др., с 2030)

5. Индустриализация космоса (с 2000), добыча внеземных ресурсов (с 2030)

4. Постоянное присутствие, жизнь людей вне Земли (с 80-х гг. XX в.)

3. Инфраструктура в ОКП (связь, телекоммуникации, навигация, мониторинг и др.)

2. Обеспечение безопасности полётов, жизни и деятельности (в т.ч. сохранение ОС)

1. Доступ в космос (ИСЗ - с 1957, человека – с 1961)

Рис. 1. Общая модель освоения космоса в XX–XXI вв. 6 взаимосвязанных стадий, ступеней, слоев (Кричевский, 2026).

5. УР человечества (на Земле и в космосе, включая устойчивость ОС)

4. Устойчивое освоение космоса человеком (экспансия, ПМЖ вне Земли)

3. Устойчивое освоение космоса (и устойчивый космос в ОКП, на Луне и т.д.)

2. Устойчивое освоение Земли (и устойчивая Земля)

1. Долгосрочная устойчивая КД

Рис. 2. Модель нового процесса УОК в XXI в. 5 уровней (блоков) от ДУКД до УР человечества в пространстве «Земля + космос» (Кричевский, 2026).

2.Опыт, проблемы и перспективы

В XXI веке КД в России и мире как сфера деятельности и отрасль промышленности обладает устойчивостью. Быстро развивается

ее инфраструктура на Земле (космодромы и др.) и особенно в ОКП (системы телекоммуникации, связи, навигации, мониторинга и др., в т.ч. военные). Но высоки риски столкновений космических аппаратов (КА), есть пределы для КД из-за быстрого роста в «ближнем» ОКП количества КА (на 1.01.2025 г. ~11,6 тыс., к 2030 г. ~100 тыс., прогноз, по: [7, с. 355]), «космического мусора», нарастания рисков его саморазмножения, повреждений КА из-за соударений, впереди ограничения и в т.ч. невозможность устойчивого безопасного доступа в космос. Есть сложные экопроблемы на Земле на полном жизненном цикле КД [5, 6].

В отличие от бурного роста беспилотных КА, роботов, устойчивости их систем и деятельности, устойчивость пилотируемой КД, людей в ПКП, в космосе далеки от идеала по темпам и результатам, существуют опасные факторы, риски и пределы для жизни людей в космосе [3, 5–8, 25].

В России и мире накоплен большой опыт создания техники, длительных полетов и жизни людей в ОКП, обеспечения их безопасности, особенно на орбитальном комплексе (ОК) «Мир» и на МКС [2, 3]. Но достигнуты пределы длительности безопасного непрерывного пребывания людей в космосе ~1,2 года (30 лет назад, космонавт В.В. Поляков, 437 сут, в ОКП, ОК «Мир», РФ, 1994–1995), есть значительное отставание в создании и внедрении новых технологий: искусственной гравитации, защиты от радиации и др. для повышения безопасности и качества жизни людей вне Земли [2, 3, 5–8, 25, 26].

Важное значение имеют нормы, стандарты, практика обеспечения безопасности КД. Исследования автором истории безопасности ПКП за 65 лет направлены на изучение, систематизацию источников и событий, выявление, анализ закономерностей и тенденций. В 2026 г. 40-летие катастрофы космического корабля (КК) STS 51-L «Челленджер» (США), 28.01.1986 г. [2, с.

356, 357]. В мире не решена сложная проблема спасения экипажей в ПКП, нет стандартов, унифицированных систем для оказания взаимопомощи в космосе. Идет переход к новой технике для ПКП в США, КНР, РФ [3, 5–8, 22–25, 27]. Корпорация SpaceX (США) с 2015 г. успешно запускает многоразовые РН «Falcon 9» и, с их использованием, многоразовые пилотируемые КК «Crew Dragon» (с 2020), ведет испытания новой многоразовой сверхтяжелой космической системы (КС) «Starship», с 20.04.2023 г. по 22.05.2026 г. выполнено 12 полетов (частично успешных, но с авариями), стартовая масса КС в 12-м, в варианте V3, была ~5300 т. 12.06.2026 г. произошло важное событие: IPO SpaceX, ее рыночная стоимость ~2 трлн $ (оценка). Планируется резко удешевить стоимость вывода в космос полезной нагрузки, делать 10000 (!) запусков КС «Starship» в год в ОКП, а также полеты на Луну и Марс для их колонизации [23, 24]. Это может привести к ускорению роста КД в мире и перехода к УОК, в т.ч. человека на ПМЖ в космосе. Но есть очень высокий уровень технических, экологических рисков и негативных последствий для ОС на Земле и в ОКП, и особенно для людей в ПКП, в т.ч. с 2028 г. на Луну по программе «Артемида».

Предстоит обеспечить безопасность полетов, КД и качество жизни людей в космосе, снизить риски, преодолеть ряд барьеров, главный и самый сложный – радиация в космосе. Необходимы адаптация человека к условиям жизни вне Земли с использованием опыта, новых знаний, технологий, техники, создание новых ИБ, техносферы в космосе для безопасной, достойной постоянной жизни людей. Без этого невозможны УОК человеком, УР и устойчивое будущее человека и человечества в пространстве «Земля + космос» [3, 5–8, 25, 26].

Россия имеет большой опыт, ведет активную КД, в т.ч. в ПКП, участвует в проекте МКС [2, 3–8, 22, 25]. Но с 10-х гг. XXI века теряет позиции в мирном освоении космоса: в 2025 г. ее доля в мире в количестве запусков 5 %, по общей

стартовой массе 4 % [28, с. 9], отстает в создании многоразовых и сверхтяжелых РН, новых пилотируемых КК и станций, в освоении Луны [7, 8, 22, 25, 28].

Есть две стратегии освоения космоса: (1) «ограниченная» и (2) «безграничная» экспансия [3, с. 353–356], 2-я соответствует плану Циолковского. За 100 лет выполнена половина из 16-ти пунктов его плана (1926) [1, с. 115–116], впереди 8, с нелинейным ростом сложности, 5 из них (пп. 9–13) [1, с. 117] можно выполнить до 2126 г. при оптимистическом сценарии развития человечества и КД, преодолении глобального кризиса на Земле и переходе к УОК.

С 20-х гг. XXI века в мире начался переход от эпохи космических рекордов к УОК. С расширением и ускорением идут процессы освоения космоса, в т.ч. индустриализация (с 2000), в перспективе начало добычи внеземных природных ресурсов и колонизации Луны, создание постоянных научных и др. баз (с 2030, прогноз) в ходе новой «лунной гонки» с участием США, КНР, РФ и др. стран.

Но на уровне ООН и в ведущих космических государствах (РФ, США, КНР) пока нет адекватных стратегий, институтов, проектов и программ перехода к УОК человеком в парадигме экспансии (при этом США декларировали свою новую политику УОК еще в 2020 г. [18]). У лидеров и элит государств, в ООН, научном сообществе, обществе нет понимания необходимости всемирной «длинной воли» для реализации экзистенциальной стратегии экспансии в космос в целях выживания, спасения, резервирования, развития человека и человечества вне Земли. Преобладают «заземленное» общественное сознание и практика КД в «беспилотной» парадигме, для коммерциализации, индустриализации, включая внеземные ресурсы в интересах человечества на Земле. Экспансия человека в космос на ПМЖ пока видится как отдаленное и маловероятное будущее [3, 5–8].

При этом в России и мире много последователей Циолковского, активных энтузиастов, есть визионеры и организаторы новой КД (выделяется И. Маск). Быстро и устойчиво растут сообщества людей, особенно из молодых ученых и инженеров, научные, коммерческие, общественные и др. организации, связанные с КД, работающие для УОК и жизни людей вне Земли, колонизации Луны, Марса, реализации идей ПМЖ и «многопланетности» человечества в Солнечной системе и т.д. (Марсианское общество, США; космическое государство Asgardia; корпорация SpaceX, США и др.). Миллионы людей в мире стремятся в космос, в т.ч. видят в мирном УОК важную альтернативу для решения проблем и преодоления опасного глобального кризиса на Земле [3, 5–8, 24–27].

В процессе и в результате УОК в парадигмах экспансии и экоразвития, в балансе с решением проблем человечества на Земле, включая защиту от астероидно-кометной опасности, космос может и должен стать новой индустриальной, ресурсной базой, объектом новых исследований в ПКП, и в т.ч. для космического туризма, и, главное, стать и быть новым пространством для ИБ, резерваций, поселений, жизни, экспансии космического человека и человечества вне Земли уже в XXI в. (прогноз). Это идеальный сценарий для УОК.

Но сейчас в новой реальности на Земле, в т.ч. и в сфере КД, – глобальный кризис перехода к новому миропорядку, милитаризация, военное противостояние, передел мира, с ростом хаоса, опасных тенденций в политике, экономике, технологиях, экспансии и экоразвитии. Их предстоит преодолеть, используя большой созидательный потенциал процесса мирного УОК [5–8].

Заключение

УОК необходимо для объединения знаний, опыта, потенциалов, усилий и ресурсов ведущих космических государств и всего мирового сообщества

в решении общих экзистенциальных проблем безопасности, выживания и развития человека и человечества в пространстве «Земля + космос», в т.ч. для прекращения и предотвращения войн, рационального использования природных ресурсов, сохранения ОС на Земле и в космосе.

Мирное УОК человеком, экспансия в космос, постоянная жизнь людей и экспансия вне Земли – важное дополнение, «балансир», ограничитель и альтернатива опасной экспансии на Земле, ускоритель развития и шанс для спасения человечества. Переход к УОК взаимосвязан с переходом к новому миропорядку на Земле в космосе, в КД человечества. Россия может внести важный вклад в УОК в сотрудничестве с другими странами.

В междисциплинарной проблемной постановке предложены новый подход и концепция УОК в парадигмах экспансии и экоразвития, включая переход к УОК человеком на ПМЖ в космос, для обеспечения безопасности, выживания, УР человечества на Земле и в космосе, с достижением общего блага, с сохранением ОС, – с использованием опыта, новых знаний, потенциала космических технологий, техники, деятельности, техносферы.

Мировому сообществу предстоит организовать эффективное управление УОК, экспансией и экоразвитием, т.е. экологичной экспансией, переходом к ДУКД, УОК человеком, к устойчивой техносфере для безопасности, выживания и развития человечества на Земле и в космосе. Целесообразно и предлагается:

1. Инициировать, разработать и принять в ООН новую Повестку дня «Космос – 2050: Устойчивое освоение космоса» на 2030–2050 гг., в продолжение и развитие Повестки дня ООН «Космос – 2030».

2. Для мирного освоения космоса под эгидой ООН с участием РФ создать и активировать Всемирный космический союз, Международное космическое

агентство, Международный Фонд УОК, Программу УОК (2030-2050), дорожную карту перехода к УОК, механизм управления и финансирования.

3. Разработать и внедрить новые критерии, правила, требования для реализации перехода к УОК: по безопасности полетов и деятельности, качеству жизни людей и др. аспектам, в т.ч. по использованию роботов и искусственного интеллекта как помощников человека; по устойчивой добыче внеземных природных ресурсов; по экологизации техники, технологий и деятельности на полном цикле КД на Земле и в космосе, для всего процесса освоения космоса.

4. Ограничить: общее количество КА и «космического мусора» в ОКП, особенно на «низких» орбитах; максимальную стартовую массу, количество, частоту запусков для сверхтяжелых КС; количество людей на борту КК в ПКП. Корректировать ограничения после приобретения опыта обеспечения безопасности полетов, деятельности и устойчивости ОС на Земле и в космосе.

5. Организовать в России и мире исследования, обсуждение и решение всего комплекса проблем УОК в парадигмах экспансии и экоразвития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами: (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изм. и доп.). Калуга: 1-я Гостип. ГСНХ, 1926. 128 с.
2. Мировая пилотируемая космонавтика / Под ред. Ю.М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. 752 с.
3. Кричевский С.В. Освоение космоса человеком: Идеи, проекты, технологии экспансии. История и перспективы. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Ленанд, 2022. 448 с.
4. Указ Президента РФ «О проведении в Российской Федерации Недели космоса» от 9.12.2025 г. № 995.

5. Кричевский С.В. Экологическая история техники от технологий до техносферы. XX – начало XXI века // Методология, опыт, перспективы: монография. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2023. 367 с.
6. Кричевский С.В. Аэрокосмическая деятельность // Методология, история, перспектив:. Междисциплинарный анализ и прогноз. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Ленанд, 2024. 504 с.
7. Кричевский С.В. Сумма экспансии на Земле и в космосе, эволюция технологий и управление экоразвитием при переходе к новому миропорядку // Управление техносферой: электрон. журнал, 2025. Т.8. Вып.3. С. 360–379. DOI: 10.35634/UdSU.2025.53.35.001.
8. Кричевский С.В. Человек, постоянно живущий вне Земли // Независимая газета. Приложение «Наука». № 4(462). 14.04.2026.
9. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений. 3-е изд., стер. М.: АЗЪ, 1996. 928 с.
10. Урсул А.Д. Освоение космоса (философско-методологические и социологические проблемы). М.: Мысль, 1967, 230 с.
11. Урсул А.Д. Путь в ноосферу. Концепция выживания и устойчивого развития цивилизации. М.: Луч, 1993. 274 с.
12. Урсул А.Д., Урсул Т.А. Безопасность и устойчивое развитие: взаимосвязь земного и космического аспектов // XXXIII Научные чтения, посвященные разработке творческого наследия К.Э. Циолковского (Калуга, 15–18 сентября 1998 г.). Тезисы докладов. М.: ИИЕТ РАН, 1998. С. 124–125.
13. Урсул А.Д. Освоение космоса в стратегии устойчивого развития // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент, 2016. Т. 21. № 1. С. 200–205.
14. Повестка дня ООН «Космос – 2030»: космос как двигатель устойчивого развития. Вена: ООН, 2024. 30 с.
15. Организация Объединенных Наций. [Электронный ресурс]. URL: http://www.un.org/ru/ (дата обращения: 30.05.2026).
16. UNOOSA (United Nations Office for Outer Space Affairs). [Электронный ресурс]. URL: http://www.unoosa.org/oosa/index.html (дата обращения: 30.05.2026).

17. Волынская О.А. Концепция долгосрочной устойчивости космической деятельности с позиций международного и национального космического права // Исследования космоса, 2017. № 2. С. 137–155. DOI: 10.7256/2453-8817.2017.2.22082.
18. A New Era for Deep Space Exploration and Development. Product of the White House. National Space Concil. July 23, 2020. 20 p.
19. Iliopoulos N., Esteban M., Sustainable space exploration and its relevance to the privatization of space ventures, *Acta Astronautica*, vol. 167, 2020, pp. 85–92, URL: https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.09.037.
20. Mo W., Kinsey B., Vickers J. et al. Conceptualizing space environmental sustainability. *npj Adv. Manuf.*1, 2, 2024. URL: https://doi.org/10.1038/s44334-024-00002-z.
21. Runaldi-Semione J. Future bilding in space – sustainability as a first principle, *Room: The Space Journal of Asgardia*. Spring 2026, vol. 38, pp. 32–35.
22. Госкорпорация Роскосмос. URL: https://www.roscosmos.ru/ (дата обращения: 30.05.2026).
23. NASA. URL: https://www.nasa.gov/ (дата обращения: 30.05.2026).
24. SpaceX. URL: https://www.spacex.com/ (дата обращения: 30.05.2026).
25. Международная пилотируемая экспедиция на Марс с участием России в 2030–2040 годах (исторические, методологические, научно-технические и другие аспекты): сборник материалов Круглого стола 2 апреля 2025 г., Москва, МГТУ имени Н.Э. Баумана / Отв. ред. С.В. Кричевский. М.: ИИЕТ РАН, 2025. 194 с.
26. Krichevsky S., Levchenko V. Human Life and Evolution in Biospheres on Earth and Outer Space: Problems and Prospects, Future Human Image. 2021, vol. 15, pp. 39–58. DOI: 10.29202/fhi/15/4.
27. A Science Strategy for the Human Exploration of Mars. Consensus – 2025. National Academy of Science, 2025. URL: https://www.nationalacademies.org/publications/28594 (дата обращения: 30.05.2026).
28. Моисеев И.М. Космос – 2025. Статистический сборник. М.: Московский космический клуб, 2026. 28 с.

Поступила в редакцию: 22.06.2026

Сведения об авторе

Кричевский Сергей Владимирович
профессор, д.ф.н., к.т.н., главный научный сотрудник Отдела истории техники и технических наук ФГБУН «Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук», 125315, г. Москва, ул. Балтийская, 14, Россия.
E-mail: postmaster@ihst.ru

S.V. Krichevsky

SUSTAINABLE SPACE EXPLORATION IN THE PARADIGMS OF EXPANSION AND ECODEVELOPMENT

Annotation. The article presents new research materials on the history and prospects of the development of space technology and activities in Russia and the world in connection with the 100th anniversary of K.E. Tsiolkovsky's publication of the overall plan the expansion of humanity into the Universe (1926) and the 65th anniversary of the first human spaceflight (Yuri Gagarin, 12.04.1961). In line with K.E. Tsiolkovsky's ideas and plan about expansion into space, the works of A.D. Ursul (28.07.1936–5.11.2020) on space exploration and sustainable development, strategy and plan of the UN Space 2030 Agenda (2024), developed a new approach and concept of sustainable space exploration in the paradigms of expansion and eco-development. The methodological foundations, history, experience, problems and prospects are presented. The following are proposed: a general model of the space exploration in the XX–XXI centuries; model of a new process of sustainable space exploration in the XXI century. The transition to sustainable human space exploration from the 20s of the 21st century is highlighted for permanent life outside the Earth, colonization of the Moon and Mars. Peaceful sustainable space exploration, expansion into space is an important addition, a «balancer», a limiter and an alternative to dangerous expansion on Earth, an accelerator of development and a chance to save humanity. Aspects of flight safety, human life, human activities, environmental sustainability of the Earth and space, sustainable development of the technosphere, greening of space technologies and activities, and ecological expansion are reflected.
Keywords: safety of flights and human life and activities, concept, space technology and activities, environment, technosphere, sustainable space exploration, sustainable development, humanity, eco-development, expansion.

For citation: Krichevsky S.V. [Sustainable space exploration in the paradigms of expansion and ecodevelopment] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2026, vol. 9, issue 3. pp. 600 – 617. DOI 10.35634/UdSU.2026.71.34.002

REFERENCES

1. Tsiolkovskii K.E. *Issledovanie mirovykh prostranstv reaktivnymi priborami: (pereizdanie rabot 1903 i 1911 gg. s nekotorymi izm. i dop.)* [Exploration of world spaces by jet devices: (reprint of

works of 1903 and 1911 with some amendments and additions)]. Kaluga: 1st Gostip. GSNH, 1926, 128 p. (In Russ.).

2. *Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika*. [World manned space exploration]. In Yu. M. Baturina (ed). Moscow: RTSoft, 2005, 752 p. (In Russ.).
3. Krichevskii S.V. *Osvoenie kosmosa chelovekom: Idei, proekty, tekhnologii ekspansii. Istoriya i perspektivy* [Human space exploration: Ideas, projects, technologies of expansion. History and prospects]. Izd. 2-e, ispr. i dop. Moscow: Lenand, 2022, 448 p. (In Russ.).
4. *O provedenii v Rossiiskoi Federatsii Nedeli kosmosa» ot 9.12.2025 g.:*ukaz Prezidenta RF *№ 995.* [On Space Week in the Russian Federation» dated December 9, 2025, no. 995: Decree of the President of the Russian Federation].
5. Krichevskii S.V. *Ekologicheskaya istoriya tekhniki ot tekhnologii do tekhnosfery. XX – nachalo XXI veka. Metodologiya, opyt, perspektivy: monografiya* [The ecological history of technology from technology to the technosphere. XX – the beginning of the XXI century. Methodology, experience, prospects: monograph]. Moscow: YuNITI-DANA, 2023, 367 p. (In Russ.).
6. Krichevskii S.V. *Aerokosmicheskaya deyatel'nost': Metodologiya, istoriya, perspektivy. Mezhdistsiplinarnyi analiz i prognoz* [Aerospace activity: Methodology, history, prospects. Inter-disciplinary analysis and forecast]. 2nd Ed., ispr. and add. Moscow: Lenand, 2024, 504 p. (In Russ.).
7. Krichevskii S.V. *Summa ekspansii na Zemle i v kosmose, evolyutsiya tekhnologii i upravlenie ekorazvitiem pri perekhode k novomu miroporyadku* [The sum of expansion on earth and in space, technological evolution, and management of eco-development during the transition to a new world order] *Upravlenie tekhnosferoi* [Technosphere management: electron. Journal], 2025, vol. 8, issue 3, pp. 360–379. DOI: 10.35634/UdSU.2025.53.35.001.
8. Krichevskii S.V. *Chelovek, postoyanno zhivushchii vne Zemli* [A human who lives permanently outside the Earth] *Nezavisimaya gazeta*. *Prilozhenie «Nauka»* [Nezavisimaya Gazeta. Science Supplement]2026, no. 4(462), 14.04.2026. (In Russ.).
9. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. *Tolkovyi slovar' russkogo yazyka: 80000 slov i frazeologicheskikh vyrazhenii* [Explanatory dictionary of the Russian language: 80,000 words and phraseological expressions]. 3-e izd., ster. Moscow: AZ, 1996, 928 p. (In Russ.).
10. Ursul A.D. *Osvoenie kosmosa (filosofsko-metodologicheskie i sotsiologicheskie problemy)* [Space exploration (philosophical, methodological and sociological problems)]. Moscow: *Mysl'*, 1967, 230 p. (In Russ.).

11. Ursul A.D. *Put' v noosferu. Kontseptsiya vyzhivaniya i ustoichivogo razvitiya tsivilizatsii* [The path to the noosphere. The concept of survival and sustainable development of civilization]. Moscow: Luch, 1993, 274 p. (In Russ.).
12. Ursul A.D., Ursul T.A. *Bezopasnost' i ustoichivoe razvitie: vzaimosvyaz' zemnogo i kosmicheskogo aspektov. XXXIII Nauchnye chteniya, posvyashchennye razrabotke tvorcheskogo naslediya K.E. Tsiolkovskogo (Kaluga, 15–18 sentyabrya 1998 g.). Tezisy dokladov*. [Security and sustainable development: the interrelation of terrestrial and cosmic aspects] XXXIII Scientific readings devoted to the development of the creative legacy of K.E. Tsiolkovsky (Kaluga, September 15-18, 1998). Abstracts. Moscow: IHST RAS, 1998, pp. 124–125. (In Russ.).
13. Ursul A.D. *Osvoenie kosmosa v strategii ustoichivogo razvitiya* [Space exploration in the strategy of sustainable development] *Aktual'nye problemy aviatsionnykh i aerokosmicheskikh sistem: protsessy, modeli, eksperiment* [Actual problems of aviation and aerospace systems: processes, models, experiment], 2016, vol. 21, no. 1, pp. 200–205. (In Russ.).
14. *Povestka dnya OON «Kosmos – 2030»: kosmos kak dvigatel' ustoichivogo razvitiya* [The UN Space 2030 Agenda: space as an engine of sustainable development]. Vienna: UN, 2024, 30 p. (In Russ.).
15. *Organizatsiya Ob"edinennykh Natsii* [The United Nations.]. Available at: http://www.un.org/ru/ (accessed: 30.05.2026). (In Russ.).
16. *UNOOSA* (United Nations Office for Outer Space Affairs). Available at: http://www.unoosa.org/oosa/index.html. (Accessed: 30.05.2026).
17. Volynskaya O.A. *Kontseptsiya dolgosrochnoi ustoichivosti kosmicheskoi deyatel'nosti s pozitsii mezhdunarodnogo i natsional'nogo kosmicheskogo prava* [The concept of long-term sustainability of space activities from the perspective of international and national space law] *Issledovaniya kosmosa.* [Space exploration], 2017, no. 2, pp. 137–155. DOI: 10.7256/2453-8817.2017.2.22082.
18. A New Era for Deep Space Exploration and Development. Product of the White House. National Space Concil. July 23, 2020, 20 p.
19. Iliopoulos N., Esteban M. Sustainable space exploration and its relevance to the privatization of space ventures. *Acta Astronautica*, vol. 167, 2020, pp. 85–92. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.09.037.

20. Mo W., Kinsey B., Vickers J. et al. Conceptualizing space environmental sustainability. npj Adv. Manuf.1, 2. 2024. https://doi.org/10.1038/s44334-024-00002-z.
21. Runaldi-Semione J. Future bilding in space – sustainability as a first principle. *Room:* The Space Journal of Asgardia. Spring 2026, vol. 38, pp. 32–35.
22. Goskorporatsiya Roskosmos [Roscosmos State Corporation]. Available at: https://www.roscosmos.ru/. (Accessed: 30.05.2026). (In Russ.).
23. NASA. Available at: https://www.nasa.gov/ (accessed: 30.05.2026).
24. SpaceX. Available at: https://www.spacex.com/. (Accessed: 30.05.2026).
25. *Mezhdunarodnaya pilotiruemaya ekspeditsiya na Mars s uchastiem Rossii v 2030–2040 godakh (istoricheskie, metodologicheskie, nauchno-tekhnicheskie i drugie aspekty). Sbornik materialov Kruglogo stola 2 aprelya 2025 g., Moskva, MGTU imeni N. E. Baumana* / Otv. red. S.V. Krichevskii [International manned expedition to Mars with the participation of Russia in 2030-2040 (historical, methodological, scientific, technical and other aspects). Collection of materials of the Round Table on April 2, 2025, Moscow, Bauman Moscow State Technical University / Ed. by S.V. Krichevsky. Moscow: IHST RAS, 2025, 194 p. (In Russ.).
26. Krichevsky S., Levchenko V. Human Life and Evolution in Biospheres on Earth and Outer Space: Problems and Prospects. *Future Human Image*, 2021. vol. 15, pp. 39–58. DOI: 10.29202/fhi/15/4.
27. A Science Strategy for the Human Exploration of Mars. Consensus – 2025. National Academy of Science, 2025. Available at: https://www.nationalacademies.org/publications/28594. (Accessed: 30.05.2026).
28. Moiseev I.M. *Kosmos – 2025. Statisticheskii sbornik* [Space – 2025. Statistical collection]. Moscow: *Moskovskii kosmicheskii klub* [Moscow: Moscow Space Club], 2026, 28 p. (In Russ.).

Received: 22.06.2026

About the author

Krichevsky Sergey Vladimirovich
Professor, Doctor of Philosophy, Candidate of Technical Sciences, Chief Researcher of the Department of History of Technology and Technical Sciences of the Federal State Budgetary Institution of Science «S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences» (IHST RAS), 125315 Moscow, Baltiyskaya str., 14, Russia.
E-mail: postmaster@ihst.ru