

# ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AEROSPACE TECHNOLOGIES AND PROJECTS: METHODOLOGY, HISTORY, PROSPECTS

**Sergey V. KRICHEVSKY**,  
Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Chief Researcher,  
S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences (IHST RAS), Moscow, Russia,  
[svkrich@mail.ru](mailto:svkrich@mail.ru)

**ABSTRACT** | Research materials devoted to the environmental aspects of the history of technology are published in respect of a new scientific direction – the study of environmentally friendly aerospace technologies and projects. The research is aimed at the ecologization of aerospace activity in Russia and worldwide. The methodology of research is highlighted. On the basis of practice analysis the periodization of the history of ecological technologies and projects in aeronautics and cosmonautics for the period of ~ 100 years is given. Brief history of environmentally friendly aerospace technologies and projects of the XXth and XXIth centuries is represented by a number of important examples covering personalities, their ideas, projects, descriptions and illustrations. Key conclusions, results and recommendations are formulated.

**Keywords:** *analysis, aerospace activity, prospects, clean technology, evolution, ecologization, environmentally friendly technologies and projects*

# ЭКОЛОГИЧНЫЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ: МЕТОДОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ



**Сергей Владимирович КРИЧЕВСКИЙ**,  
доктор философских наук, профессор, главный  
научный сотрудник Института истории  
естествознания и техники имени С.И. Вавилова  
РАН, Москва, Россия,  
[svkrich@mail.ru](mailto:svkrich@mail.ru)

**АННОТАЦИЯ** | Публикуются материалы исследований, посвященных экологическим аспектам истории техники, по новому научному направлению – экологичным аэрокосмическим технологиям и проектам. Цель исследований – анализ и стимулирование процесса экологизации аэрокосмической деятельности в России и мире, что актуально для науки, образования и практики. Освещена методология исследований. На основе анализа практики сделана периодизация истории экологичных технологий и проектов в авиации и космонавтике за ~ 100 лет. Краткая история экологичных аэрокосмических технологий и проектов XX–XXI веков представлена рядом важных примеров, охватывающих персоналии, их идеи и проекты, а также описания и иллюстрации. Дана общая оценка перспектив экологизации. Сформулированы основные выводы, результаты и рекомендации.

**Ключевые слова:** анализ, аэрокосмическая деятельность, перспективы, чистая, «зеленая» технология, эволюция, экологизация, экологичные технологии и проекты

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема экологизации сферы аэрокосмической деятельности – одной из лидирующих технологических сфер – и перехода к экологичным аэрокосмическим технологиям является сложной, междисциплинарной и актуальной для России и мирового сообщества. Для ее решения необходимы анализ и прогнозирование эволюции аэрокосмических технологий, техники и проектов, а также переосмысление истории, современного состояния и перспектив на основе новых подходов и методов<sup>1</sup>.

Экологичные технологии и проекты – соответствующие экологическим нормам или опережающие их. Они снижают до минимума негативное воздействие на окружающую среду, жизнь и здоровье людей и обладают свойствами рационального потребления природных ресурсов (варианты этого и других определений по теме опубликованы в [1, 2]).

Общее количество всех выданных патентов в мире приближается к 80 млн (оценка автора на основе доступной информации, см. [2, с. 13]), но неизвестно, сколько из них относится к экологичным во всех сферах деятельности, а также конкретно в аэрокосмической сфере. Причем в мире из всех заявок патенты получают примерно 50%, реализуется < 10% всех патентов. Кроме того, многие новые технологии не патентуются и используются в режимах коммерческой тайны и лицензирования.

Существует значительный потенциал экологизации за счет перехода к экологичным (чистым, «зеленым») технологиям, однако он используется крайне неэффективно из-за устаревших правил игры и недостаточных стимулов.

Важно отметить, что до сих пор не созданы специализированные базы данных и знаний по экологичным аэрокосмическим технологиям и проектам.

Ситуация усложняется следующими обстоятельствами:

- 1) имеется большое и быстро растущее количество аэрокосмических технологий и проектов;
- 2) представления об экологичности, соответствующие требования и критерии со временем значительно меняются, ужесточаются;
- 3) в настоящее время отсутствуют устоявшаяся терминология и адекватные критерии оценки экологичности, чистоты и «зелености» технологий и проектов.

В 2017 году в России принята новая стратегия экологической безопасности [3], где указана важная роль экологически чистых технологий и обо-

снована необходимость перехода к ним. В связи с этим данная тема актуальна для науки, образования и практики в контексте безопасности, устойчивого развития и сохранения окружающей среды нашей страны.

## 1. МЕТОДОЛОГИЯ

**1.1. Сущность проблемы перехода к экологичным технологиям и проектам.** Речь идет о двух взаимосвязанных блоках: (1) познании, систематизации существующих и перспективных технологий, проектов и (2) управлении процессом их эволюции путем модификации «старого» и/или замены его «новым».

**1.2. Основные методы и подходы:** системный подход; сравнительный анализ; моделирование; обучение на примерах; автоматизированный поиск, обработка, анализ информации, включая big data и др.; экспертные методы.

**1.3. Приоритет:** выявление и анализ важных артефактов, примеров из истории аэрокосмической техники и деятельности.

**1.4. Особенности и ограничения:** 1) большой массив информации об изобретениях, патентах, проектах; 2) сложность автоматизации процесса выявления, анализа экологичных технологий и проектов; 3) отсутствие устоявшихся понятий и критериев (в том числе чистоты, «зелености»); 4) малый опыт исследований в России и мире по данной теме.

**1.5. Источниковая база и изученность.** Для исследований используются следующие источники информации: литература (выявлено и включено в работу более 300 публикаций); архивные источники; изобретения, патенты; нормативная база (стандарты и др.); электронные базы данных, Интернет; консультации со специалистами, экспертами.

**1.6. Периодизация истории экологичных аэрокосмических технологий и проектов (в практике).** Выделены три взаимосвязанных периода, дополняющие предыдущие периоды по охвату объектов и аспектов экологизации.

### **В авионавтике (воздухоплавании и авиации):**

I. Защита персонала и пассажиров с 10–20-х годов XX века.

II. Защита населения с 50–60-х годов XX века.

III. Защита окружающей среды (ОС) с 70–80-х годов XX века.

### **В космонавтике (космической деятельности):**

I. Защита персонала с 50-х годов XX века.

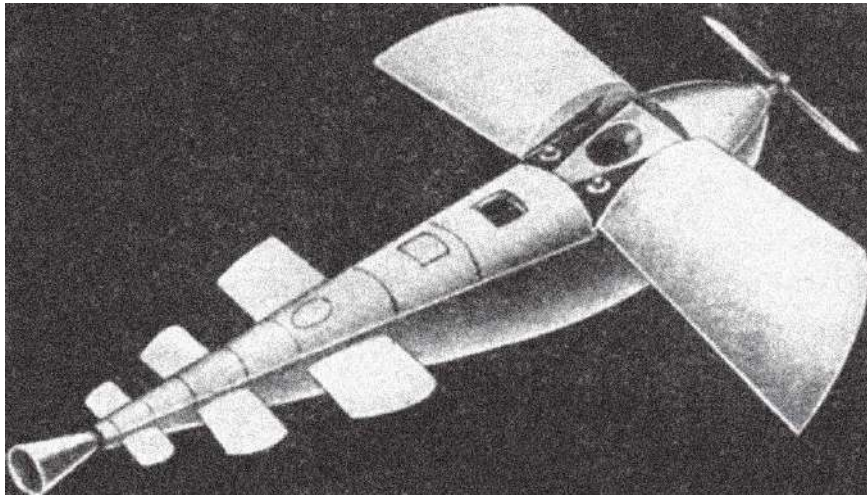
II. Защита населения с 60–70-х годов XX века.

III. Защита ОС с 80–90-х годов XX века.

<sup>1</sup> Публикуются материалы исследований автора в ИИЕТ РАН в 2013–2017 гг. и по новой теме НИР «Экологичные аэрокосмические технологии и проекты XX–XXI вв.: история, тенденции, перспективы» по госзаданию на 2018 год (государственный регистрационный № АААА-А18-118042790080-6). См. предыдущие публикации материалов исследований: [1, 2].



**Рис. 1.** Цандер Фридрих Артурович (1887-1933), ученый, инженер



**Рис. 2.** Модель межпланетного корабля Ф.А. Цандера (1923). Из «Описания межпланетного корабля системы Ф.А. Цандера» в виде материалов патентной заявки [4, с. 179]

Причем, как правило, в практике сначала возникали экологические проблемы, затем, с опозданием, их осознавали и начинали решать, что продолжается и в настоящее время.

**1.7. Классификации и модели.** В 2013–2016 годах автором разработаны классификации и модели для формализации и анализа процесса эволюции технологий, техники, технологических укладов (ТУ), используемые для исследования экологических аэрокосмических технологий:

- 1) классификация технологий («черные», «коричневые», «зеленые», «белые»);
- 2) модель оценки экологичности технологий, техники, отраслей с учетом аспектов наилучших доступных технологий, «зеленых» и др.;
- 3) новая модель эволюции технологий, ТУ (о соответствующих публикациях автора см. [1]).

## 2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ. ПРИМЕРЫ ЭКОЛОГИЧНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОЕКТОВ XX–XXI ВЕКОВ

Выделим и рассмотрим ряд важных примеров XX–XXI вв., охватывающих различные аспекты экологичности технологий и проектов.

1. Ф.А. Цандер (1887–1933), ученый, инженер-конструктор, изобретатель, Россия/СССР. В 1909 году (по другим данным – в 1911) предложил идею сжигания в полете в качестве топлива

элементов конструкции летательного аппарата, ставших ненужными. Рис. 1, 2.

Разработал проект межпланетного корабля с использованием этой технологии, сделал описание, заявку на изобретение (1923–1924) [4]. Проект не реализован. Имеет особенности: возможно загрязнение ОС при сжигании металлов и т. п. (подробнее см. [5, с. 80]).

2. Г. Поточник (Г. Ноордунг) (1892–1929), инженер, Австрия. В 1928 году предложил «Колесо жизни» – проект орбитальной станции с искусственной гравитацией (жилой модуль – вращающийся тороид) [6]. Проект не реализован. Рис. 3, 4.

3. В. П. Бурдаков (1934–2014), Россия. Нанотопливо – топливо для перспективных ракетных двигателей (в топливных микрокапсулах, затем – в топливных микрогранулах). Предложено в 1995 году, запатентовано в России в 1999 году, проект не реализован [7, 8].

4. Ю. Л. Кузнецов (род. в 1951 году), Россия. Многоцветный крылатый ускоритель первой ступени ракеты-носителя (РН) «Байкал». Предложен в 1994 году Патент России в 1999 году [9].

Проект «Байкал» не реализован: его макет демонстрировался на различных выставках [10], но процесс осуществления проекта был остановлен. Возможно возобновление проекта. Рис. 5.

5. В. С. Леонов (род. в 1949 г.), Россия. Квантовый двигатель для космического корабля. Предложен в 1996 году. Получен патент России в 2001 году [11]. Рис. 6.



Рис. 3. Герман Поточник (Г. Ноордунг) (1892–1929), инженер, Австрия

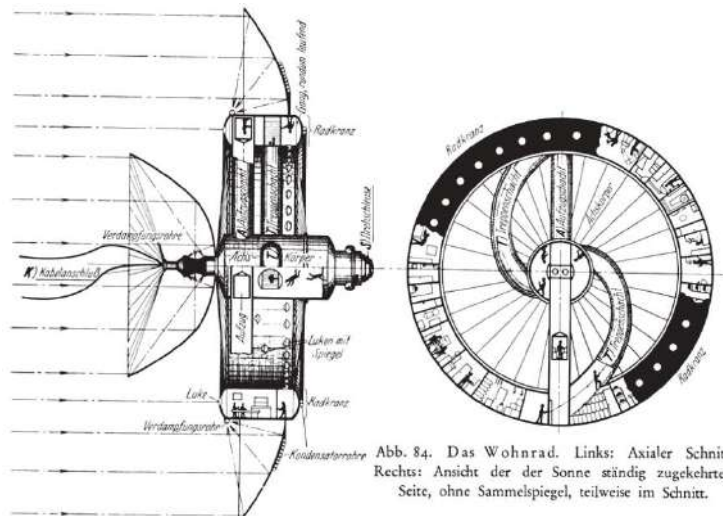


Abb. 84. Das Wohnrad. Links: Axialer Schnitt. Rechts: Ansicht der der Sonne ständig zugekehrten Seite, ohne Sammelspiegel, teilweise im Schnitt.

Рис.4. «Колесо жизни» – проект орбитальной станции (жилой модуль – вращающийся тороид) с искусственной гравитацией. Г. Ноордунг, 1928

Проект не реализован. Имеет особенности: основан на принципиально новой теории физики и принципиально новых технологиях, предложенных автором. Теория и технологии до сих пор не верифицированы и являются спорными.

6. В. С. Кузнецов (род. в 1937 г.), А. Г. Мунин (род. в 1927 г.), В. Ф. Самохин (род. в 1947 г.), Россия. Проект «Зеленый самолет», с минимизацией уровня шума за счет активного управления (подавления), опубликован в 2009 году [12]. Проект не реализован. Рис. 7.

7. А. Боршберг (род. в 1952 г.), инженер, и Б. Пиккар (род. в 1958 г.), аэронавт, Швейцария. Электрический самолет Solar Impulse на солнечных батареях (2009), первый полет

в 2009 году, кругосветный перелет Solar Impulse 2 в 2015–2016 годах [13]. Рис. 8.

8. И. Маск (род. в 1971 г.), бизнесмен, корпорация SpaceX, США. Многоразовая возвращаемая первая ступень ракеты-носителя Falcon 9. Первая успешная посадка ступени (2015), первое успешное повторное применение (2017) [14]. Рис. 9, 10.

Приведенные примеры показывают роль ученых, изобретателей, практиков в создании и внедрении экологичных технологий, проектов, а также важный вклад и потенциал нашей страны в сфере аэрокосмической деятельности. Однако большинство выдающихся идей, технологий, проектов в России и мире не внедрены в практику.

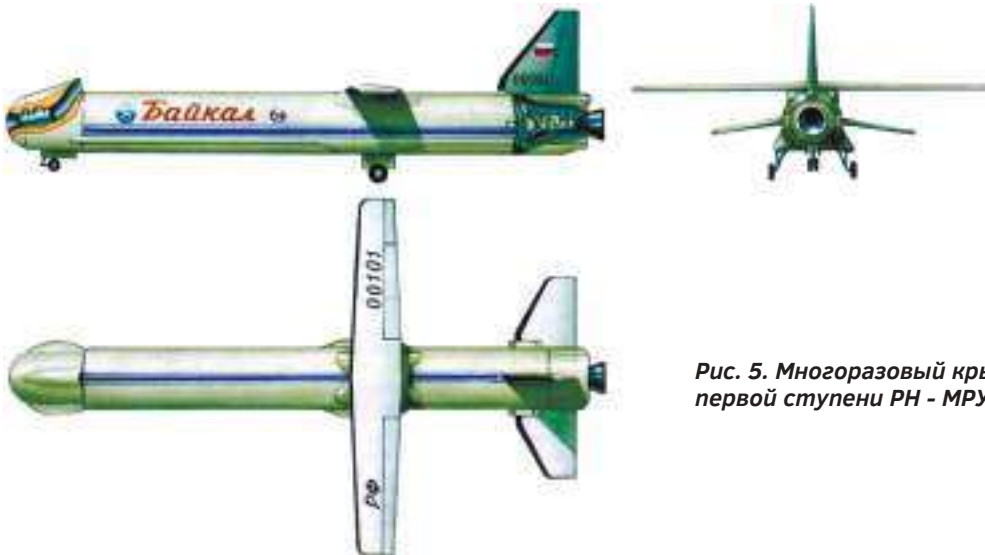


Рис. 5. Многоразовый крылатый ускоритель первой ступени РН - МРУ «Байкал»

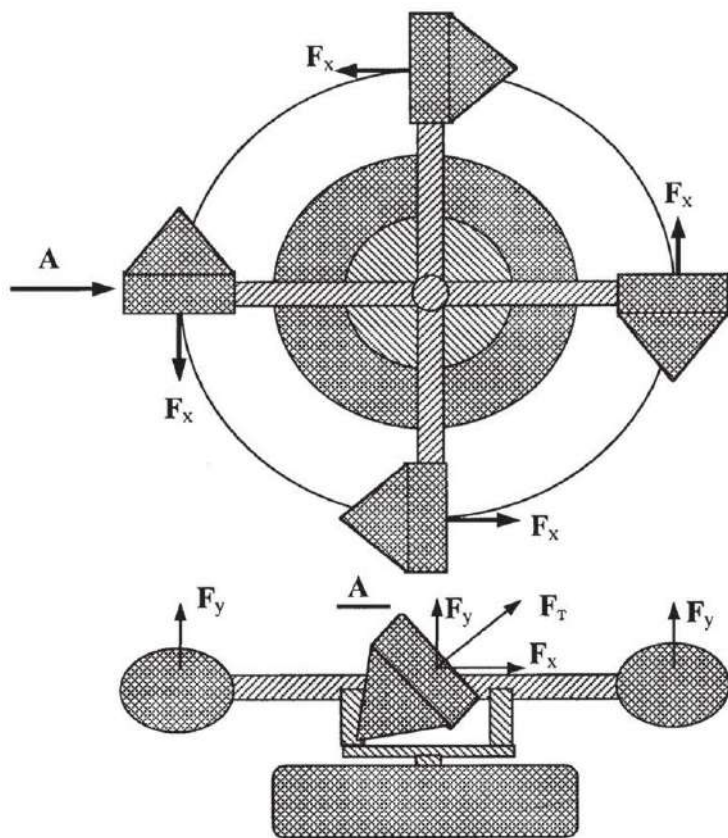


Рис. 6. Проект квантового двигателя В.С. Леонова (2001)

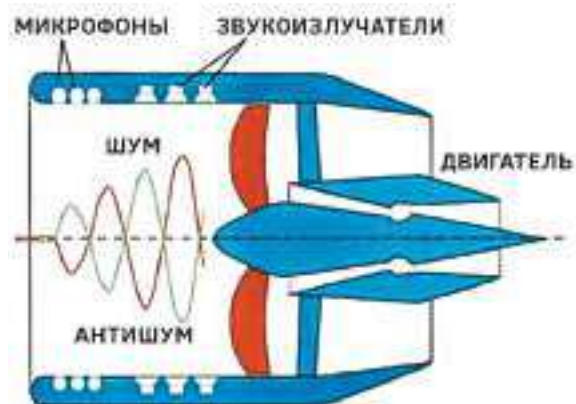


Рис. 7. Проект «Зеленый самолет». Активное снижение уровня шума (2009)



Рис. 8. Электрический самолет – самолет на солнечных батареях Solar Impulse 2 (Швейцария) (2015)

### 3. ПЕРСПЕКТИВЫ

**3.1.** Принципиально новые и перспективные экологичные аэрокосмические технологии и проекты. Общий систематизированный список таких технологий и проектов, открытый для дополнений, был ранее предложен и опубликован автором (см.: [2, с. 13–14]). Целесообразно рассматривать два взаимосвязанных множества: множество технологий и множество проектов, причем крупные проекты (особенно мегапроекты, сверхглобальные проекты) охватывают большие множества технологий.

**3.2.** Организационный аспект проблемы перехода к экологичным технологиям и проектам. Процесс перехода к экологичным технологиям должен базироваться на классификации технологий по критериям экологичности и активном управлении процессом экологизации.

Необходимы специальные мегапроекты для управления переходом аэрокосмической отрасли к чистым, «зеленым» технологиям. Пример: инициатива «Чистый космос» в Европейском космическом агентстве (ESA), ЕС, реализуемая с 2012–2013 годов. В ее структуре есть дорожные карты, инфографика и др., см.: [15]. Рис. 11.



**Рис. 9.** Илон Маск, инженер, предприниматель и мечтатель



**Рис. 10.** Изображение конструкции посадочного устройства первой ступени ракеты-носителя Falcon 9 в процессе посадки



**Рис. 11.** Clean Space (Чистый космос) ESA

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Результаты:

1. Разработана и апробирована методика исследований, создана источниковая база и исследована изученность темы.
2. Предложена периодизация истории экологических аэрокосмических технологий и проектов на основе анализа практики.
3. Рассмотрены важные примеры экологических аэрокосмических технологий и проектов XX–XXI веков.

### Основные выводы:

1. Исследования истории экологических аэрокосмических технологий и проектов – новое направление, актуальное для науки и практики.
2. Общее количество экологических аэрокосмических технологий XX–XXI веков неизвестно, в первом приближении их около тысячи (оценка автора на основе предварительного анализа информации о патентах).
3. Есть большие резервы экологизации и повышения эффективности сферы аэрокосмической

деятельности за счет внедрения уже существующих и принципиально новых перспективных технологий и проектов.

4. Необходим переход от традиционного эколого-безопасного подхода к новому, основанному на анализе и оценке экологичности технологий и проектов по критериям экологической чистоты, с использованием новых классификаций и моделей, с учетом эколого-экономических и других аспектов.

### Рекомендации:

1. Целесообразно продолжить исследования, в том числе конкретных примеров, а также информации обо всех технологиях и проектах с применением новых методов и технологий цифровизации, включая big data, data science и др. для анализа экологических аэрокосмических технологий и проектов в России и мире.
2. В ходе дальнейших исследований предстоит выявить комплекс факторов, препятствующих экологизации аэрокосмической деятельности и разработать конкретные меры для стимулирования перехода к экологичным технологиям и проектам.

## Литература



1. **Кричевский С. В.** Методика и результаты исследований истории экологичных (чистых, «зеленых») аэрокосмических технологий и проектов // ИИЕТ имени С. И. Вавилова. Годичная научная конференция, посвященная 85-летию ИИЕТ РАН (2017). М.: Янус-К, 2017. С. 606–611.
2. **Кричевский С. В.** Перспективы космической эры: сверхглобальные проекты и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 1. С. 6–15.
3. Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (Дата обращения: 10.07.2018).
4. **Цандер Ф. А.** Проблемы межпланетных полетов. М.: Наука, 1988. 232 с.
5. **Михайлов В. П.** Ракетные и космические загрязнения: история происхождения / Пред. и ред. В. С. Авдудевский. М.: ИИЕТ РАН, 1999. 238 с.
6. **Ноордунг Г.** Проблема путешествия в мировом пространстве / Сокр. пер. Б. М. Гинзбурга. Л.: ОНТИ НКТИ СССР, 1935. 96 с.
7. Пат. 2128684 РФ, МПК C10L1/00. Топливо / Заявитель и патентообладатель: предприятие «Комплексные исследования в инженерии (КИВИ)»; заявл. 15.10.1996; опубл. 10.04.1999. Бюл. № 10. 4 с.
8. **Бурдаков В. П.** Моно? Нано! // Российский космос. 2010. № 10. С. 24–27.
9. Пат. 2148536 РФ, МПК B64G1/14. Многократный ускоритель первой ступени ракеты-носителя / Киселев А. И., Кузнецов Ю. Л., Медведев А. А. и др.; заявители и патентообладатели: ГКНТЦ имени М. В. Хруничева, ОАО НПО «Молния»; заявл. 26.10.1999; опубл. 10.05.2000. Бюл. № 13. 17 с.
10. **Максимовский В. В.** «Ангара» – «Байкал» // Крылья Родины. 2002. № 4. С. 17–18 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.airwar.ru/other/kr/kr2002\\_04/art\\_08/art\\_08.html](http://www.airwar.ru/other/kr/kr2002_04/art_08/art_08.html) (Дата обращения: 10.07.2018).
11. **Кузнецов В., Мунин А., Самохин В.** «Зеленый» самолет // Наука и жизнь. 2009. № 3. С. 22–26.

12. Пат. 2185526 РФ, МПК F03H5/00. Способ создания тяги в вакууме и полевой двигатель для космического корабля (варианты) / Леонов В. С.; заявители и патентообладатели: Леонов В. С., Пилкин В. Е.; заявл. 21.05.2001; опубл. 20.07.2002. Бюл. № 20. 31 с.
13. Сайт корпорации SpaceX (США) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spacex.com/> (Дата обращения: 10.07.2018).
14. Самолет на солнечной энергии Solar Impulse 2 завершил кругосветный перелет // Ведомости. 26 июля 2016 г.
15. Clean Space//ESA. URL: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Clean\\_Space](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Clean_Space) (Дата обращения: 10.07.2018).

## References

1. **Krichevskiy S. V.** Metodika i rezul'taty issledovaniy istorii ekologichnykh (chistykh, «zelenykh») aerokosmicheskikh tekhnologiy i projektov (IIET imeni S. I. Vavilova. Godichnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 85-letiyu IIET RAN, 2017). Moscow, Yanus-K, 2017, pp. 606–611.
2. **Krichevskiy S. V.** Perspektivy kosmicheskoy ery: sverkhglobal'nye projekty i ekologichnye tekhnologii. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2018, no. 1, pp. 6–15.
3. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 19 aprelya 2017 goda № 176 «O Strategii ekologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda». Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (Retrieval date: 10.07.2018).
4. **Tsander F. A.** Problemy mezhplanetnykh poletov. Moscow, Nauka, 1988. 232 p.
5. **Mikhaylov V. P.** Raketnye i kosmicheskie zagryazneniya: istoriya proiskhozhdeniya. Ed. by V. S. Avduevskiy. Moscow, IIET RAN, 1999. 238 p.
6. **Noordung G.** Problema puteshestviya v mirovom prostranstve. Leningrad, ONTI NKTI SSSR, 1935. 96 p.
7. Pat. 2128684 RF, MПК C10L1/00. Toplivo. Zayavitel' i patentoobladatel': predpriyatie «Kompleksnyye issledovaniya v inzhenerii (KIVI)»; zayavl. 15.10.1996; opubl. 10.04.1999. Byul. no. 10. 4 p.
8. **Burdakov V. P.** Mono? Nano! Rossiyskiy kosmos, 2010, no. 10, pp. 24–27.

9. Pat. 2148536 RF, MПК B64G1/14. Mnogorazovyy uskoritel' pervoy stupeni rakety-nositelya. Kiselev A. I., Kuznetsov Yu. L., Medvedev A. A. i dr.; zayaviteli i patentoobladateli: GKNTTs imeni M. V. Khrunicheva, OAO NPO «Molniya»; zayavl. 26.10.1999; opubl. 10.05.2000. Byul. no. 13. 17 p.
10. **Maksimovskiy V. V.** «Angara» – «Baykal». Kryl'ya Rodiny, 2002, no. 4, pp. 17–18. Available at: [http://www.airwar.ru/other/kr/kr2002\\_04/art\\_08/art\\_08.html](http://www.airwar.ru/other/kr/kr2002_04/art_08/art_08.html) (Retrieval date: 10.07.2018).
11. **Kuznetsov V., Munin A., Samokhin V.** «Zelenyy» samolet. Nauka i zhizn', 2009, no. 3, pp. 22–26.
12. Pat. 2185526 RF, MПК F03H5/00. Sposob sozdaniya tyagi v vakuume i polevoy dvigatel' dlya kosmicheskogo korablya (varianty). Leonov V. S.; zayaviteli i patentoobladateli: Leonov V. S., Pilkin V. E.; zayavl. 21.05.2001; opubl. 20.07.2002. Byul. no. 20. 31 p.
13. SpaceX (USA). Available at: <http://www.spacex.com> (Retrieval date: 10.07.2018).
14. Samolet na solnechnoy energii Solar Impulse 2 zavershil krugosvetnyy perelet. Vedomosti. 26.07.2016.
15. Clean Space. ESA. Available at: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Clean\\_Space](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Clean_Space) (Retrieval date: 10.07.2018).

© Кричевский С. В., 2018

## История статьи:

Поступила в редакцию: 16.07.2018  
Принята к публикации: 02.08.2018

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

## Для цитирования:

*Кричевский С. В. Экологичные аэрокосмические технологии и проекты: методология, история, перспективы // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 3(96). С. 78–85.*