

INDUSTRIALIZATION AS A STRATEGIC PARADIGM FOR THE EXPLORATION AND EXPLOITATION OF OUTER SPACE



Valery Yu. KLYUSHNIKOV,
Dr. Sci. (Tech), Senior Fellow, Chief Researcher,
FSUE "Central Research Institute for Machine
Building", ROSCOSMOS, Moscow, Russia,
wkljs9@yandex.ru

ABSTRACT | The article analyses the strategic paradigm of outer space development and use based on stepwise space industrialization. The process of space industrialization must begin with the organization of mass production of materials and products according to technologies tested on manned space stations and automated research spacecraft. The final goal of industrialization is to transfer space and missile industry as well as maybe some other industries to outer space.

Keywords: *industrialization of outer space, industrial space infrastructure, space factory, large-scale design, technology*

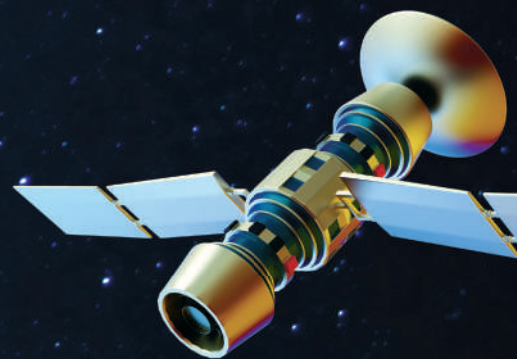
ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Валерий Юрьевич КЛЮШНИКОВ,
*доктор технических наук, старший научный
сотрудник, главный научный сотрудник ФГУП
«Центральный научно-исследовательский
институт машиностроения», Роскосмос,
Москва, Россия,
wklj59@yandex.ru*

АННОТАЦИЯ | В статье анализируется стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства на базе поэтапной индустриализации космоса, начиная с организации серийного выпуска материалов и препаратов по технологиям, апробированным к настоящему времени на пилотируемых орбитальных станциях и исследовательских автоматических космических аппаратах. Конечной целью индустриализации является перенос в космос ракетно-космической промышленности и, возможно, других отраслей.

Ключевые слова: *индустриализация космоса, промышленная космическая инфраструктура, космическая станция-завод, крупногабаритная конструкция, технология*



ИССЛЕДОВАТЬ – НЕ ЗНАЧИТ ОСВАИВАТЬ

В мировой космонавтике нарастают кризисные тенденции, имеющие не частный технологический, экономический или кадровый, а системный характер.

Практически все национальные космические агентства декларируют в своей деятельности освоение космоса. Однако для того, чтобы это понятие было не декларативным, не хватало его смыслового наполнения. Нельзя называть программы исследования космоса программами его освоения. «Освоение» космоса здесь сводится, по сути, к предоставлению космических информационных услуг различным потребителям и к «демонстрации присутствия» человека в ближнем космосе [1].

Анализ показывает, что в последние десятилетия темпы научно-технического прогресса замедляются не только в ракетно-космической отрасли, но и в других наукоемких и высокотехнологичных отраслях.

В массовом сознании и в научном сообществе сложилось относительно ясное представление о «космическом будущем человечества», связанном с освоением Солнечной системы и, возможно, с межзвездными полетами. Вопрос лишь в способе перехода к этому будущему. По перечисленным выше причинам на пути к началу космической экспансии человечества стоит своего рода потенциальный барьер – барьер нечеткого целеполагания и неготовности технологий к решению больших задач в космосе.

ШЕСТЬ ШАГОВ В БУДУЩЕЕ

Новой стратегической парадигмой освоения и использования космоса, которая позволит снизить остроту описанных выше проблем, может стать индустриализация. Причем пространством индустриализации должен явиться околоземный и, в перспективе, дальний космос.

Сама по себе идея промышленного освоения космоса не нова. Об этом говорил еще К. Э. Циолковский [2].

Но ни разу этот вопрос не поднимался в практической плоскости. Между тем идея индустриализации космоса может стать стержнем нашей космической деятельности на долгосрочную перспективу. Целью индустриализации космоса является создание материально-технической базы исследования, освоения и использования Солнечной системы и последующего массового выхода человечества за пределы планеты Земля на основе пошагового развертывания в космосе промышленного производства. Процесс достижения данной цели может быть представлен в виде последовательного осуществления следующих шагов (технологических задач):

1. Обслуживание космических объектов на орбите.
2. Получение и распределение электрической энергии в космосе.
3. Производство в космосе уникальных материалов и препаратов.
4. Сборка на орбите сложных крупногабаритных конструкций.
5. Добыча и переработка минерально-сырьевых ресурсов планет, астероидов и других небесных тел.
6. Массовое производство в космосе различных видов продукции для нужд космической отрасли.

Какие при этом будут задействованы объекты производственной инфраструктуры и какой ожидается эффект от решения каждой из задач, показано в таблице 1.

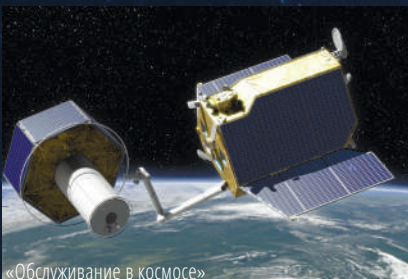
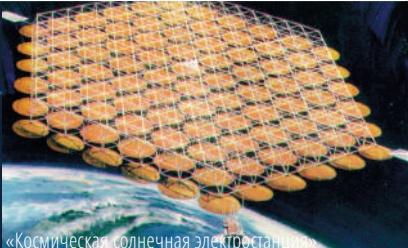
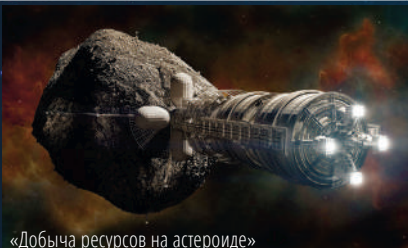
Конечным результатом осуществления данного комплекса задач должен стать перенос в космос ракетно-космической промышленности в целом.

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНЫЙ ПОДХОД

Представляется, что организационно-экономическим механизмом индустриализации может выступить государственно-частное партнерство с ситуативной сменой лидера, определяемой финансовыми рисками, размерами инвестиций и периодом окупаемости. Так, например, запуск процесса индустриализации целесообразно осуществить с широким при-

**О ПРОМЫШЛЕННОМ
ОСВОЕНИИ КОСМОСА
ГОВОРИЛ ЕЩЕ
К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ.
ИМЕННО ЭТА ИДЕЯ
МОЖЕТ СТАТЬ
СТЕРЖНЕМ ВСЕЙ
НАШЕЙ КОСМИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА
ДОЛГОСРОЧНУЮ
ПЕРСПЕКТИВУ.**

ТАБЛИЦА 1. ПОШАГОВАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ	ВИЗУАЛИЗАЦИЯ	ОБЪЕКТЫ (элементы) производственной космической инфраструктуры	ЭФФЕКТ
Обслуживание космических объектов на орбите	 «Обслуживание в космосе»	• хранилища ракетного топлива • заводы по производству компонентов топлива • космическая система технического (сервисного) обслуживания и модернизации КА на орбите • космическая система ликвидации (утилизации) космического мусора	Ускорение развития космической техники за счет возможности модернизации КА в течение срока активного существования. Снижение стоимости эксплуатации орбитальной группировки
Получение и распределение электрической энергии в космосе	 «Космическая солнечная электростанция»	• солнечные электростанции; • атомные электростанции	Повышение энерговооруженности орбитальной группировки КА
Производство в космосе уникальных материалов и препаратов	 «Малогобаритный промышленный модуль»	• малогобаритные промышленные модули	Получение веществ, производство которых на Земле или невозможно, или обходится дороже, чем в космосе
Сборка на орбите сложных крупногабаритных конструкций	 «Сборка на орбите сложных конструкций»	• орбитальные доки	Отказ от средств выведения полезных грузов на орбиту сверхтяжелого класса
Добыча и переработка минерально-сырьевых ресурсов планет, астероидов и других небесных тел	 «Добыча ресурсов на астероиде»	• космическая система разведки минерально-сырьевых ресурсов • космическая грузовая транспортная система • космические комбинаты по добыче и переработке минерально-сырьевых ресурсов	Независимость космической промышленности от земного сырья. Решение проблемы истощения невозобновимых ресурсов на Земле
Массовое производство в космосе различных видов продукции для нужд космической отрасли	 «Производство продукции в космосе»	• крупные промышленные предприятия в точках либрации • склады и хранилища сырья, комплектующих и готовой продукции	Самодостаточность производственной космической инфраструктуры

ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА ПОЗВОЛИТ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ СОЗДАНИЯ ДОРОГОСТОЯЩИХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ (РН) СВЕРХТЯЖЕЛОГО КЛАССА И СОСРЕДОТОЧИТЬ УСИЛИЯ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЛЕГКИХ И СРЕДНИХ РН, АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ДЕШЕВОЙ ДОСТАВКИ ПЕРСОНАЛА НА ОБЪЕКТЫ ПК И ВОЗВРАЩЕНИЯ НА ЗЕМЛЮ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВЕДЕННОЙ В КОСМОСЕ.

влечением частного бизнеса к обслуживанию КА на орбите, производству уникальных материалов и препаратов и к строительству первых космических солнечных электростанций. А вот строительство орбитальных доков и космического флота для разведки и разработки минерально-сырьевых ресурсов Солнечной системы должно возглавить государство (или, что предпочтительнее, группа государств) с постепенным привлечением предпринимателей.

Однажды начавшись, общий процесс индустриализации космоса со временем будет ускоряться под воздействием взаимного синергетического эффекта развития отдельных элементов производственной космической инфраструктуры (ПКИ). Так, например, задачи индустриализации космоса будут стимулировать прежде всего развитие средств транспортно-технического обеспечения ПКИ. Неизбежно понадобятся совсем другие темпы пусков средств выведения, на порядки превышающие существующие в настоящее время. Это позволит снизить себестоимость пуска и удельную стоимость выведения на орбиту единицы массы полезного груза. Сама парадигма развития космической деятельности на основе индустриализации космоса позволит отказаться от со-

здания дорогостоящих ракет-носителей (РН) сверхтяжелого класса (на орбите можно собрать сколь угодно тяжелую конструкцию) и сосредоточить усилия на совершенствовании легких и средних РН, авиационно-космических и других средств выведения, вплоть до безракетных технологий, необходимых для дешевой доставки персонала на объекты ПКИ и возвращения на Землю продукции, произведенной в космосе. Необходимость поддержания ПКИ даст импульс развитию технологий обслуживания КА в космосе и так далее.

ОПЫТ НЕ БЫВАЕТ ЛИШНИМ

К настоящему времени накоплен достаточный практический опыт получения в условиях космоса сверхчистых и бездефектных сплавов, полупроводниковых материалов и кристаллов, сверхчистых биопрепаратов и других уникальных веществ. Разработаны технологии построения в космосе крупногабаритных конструкций, которые можно было бы реализовать уже в настоящее время [3, 4, 5]. Речь идет, прежде всего, о результатах прикладных экспериментов, проведенных на борту российских (советских) орбитальных станций, в частности на станциях «Салют-6» [6] (1977–1981 гг.), «Салют-7» [7] (1982–1991 гг.), «Мир» [8] (1986–2001 гг.), на Международной космической станции (МКС), а также в ходе полетов экспериментальных автоматических космических аппаратов серии «Фотон» [9].

В конце 1980-х годов в КБ «Салют» была разработана программа развития орбитальной промышленности, которая включала в себя запуск космического аппарата «Технология», а также проект орбитального завода весом около 100 тонн для серийного производства высокочистых полупроводниковых материалов [10] (рис. 1). Космическая станция-завод не была выведена на орбиту из-за прекращения программы «Энергия» – «Буран» и отсутствия необходимости для этого РН сверхтяжелого класса.

ВЕРНУТЬ «ОКА-Т-МКС»

Полученные к настоящему времени в условиях космоса образцы материа-

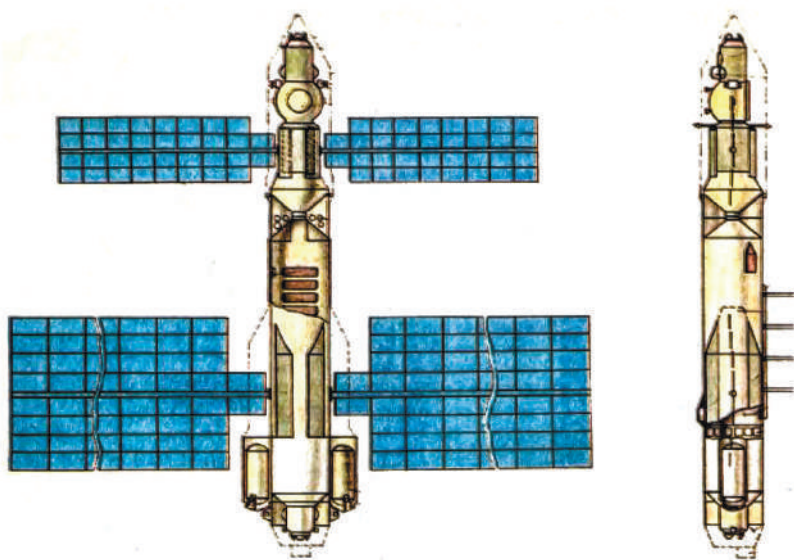


РИС. 1. КА «ТЕХНОЛОГИЯ»



РИС. 2. ОРБИТАЛЬНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ «ОКА-Т»

а) Общий вид

б) Общий вид в орбитальном полете

лов и препаратов имеют существенно лучшие свойства по сравнению с изготавливаемыми в земных условиях. Однако экономическая целесообразность производства того или иного конкретного материала или препарата в космосе окончательно пока не подтверждена. Помимо высоких затрат на доставку груза на орбиту и обратно, это связано с несовершенством существующих установок и неотработанностью технологических процессов.

В этой связи крайне непродуманным представляется исключение из российской федеральной космической программы проекта создания космического комплекса «ОКА-Т-МКС» [10] на основе обслуживаемого в инфраструктуре МКС автоматического космического аппарата, предназначенного для изготовления уникальных полупроводниковых эпитаксиальных структур, выращивания кадмий-ртуть-теллурических монокристаллов, получения хрящевых

структур, биологически активных веществ и других препаратов и образцов со свойствами существенно лучшими, чем у земных аналогов (рис. 2).

По сути, производство и коммерческая реализация продукции, получаемой на борту комплекса «ОКА-Т-МКС», могла бы стать новым перспективным бизнесом, но при этом:

- представилась бы возможность отработки в натурных условиях технологий промышленного производства в космосе;

- возник бы импульс для формирования рынка материалов, веществ, препаратов, полученных в условиях космоса;

- были бы созданы условия для внебюджетных инвестиций в развитие космической индустрии; в этих целях из прибыли от реализации продукции, полученной в космосе, можно было бы постепенно формировать специальный фонд индустриализации космоса.

В общем случае и в перспективе ориентация производства в космосе исключительно на земные нужды – ошибочный путь. Существенные технологические проблемы и чрезмерно высокая себестоимость продукции станут непреодолимыми препятствиями. Но, с другой стороны, **именно земные нужды могут стать инициатором первых шагов на пути индустриализации космоса.**

В дальнейшем, возможно, будут сформированы специализированные рынки земного использования материалов и изделий, произведенных в космосе. Но они, видимо, будут относительно узкими и явятся, скорее всего, побочным результатом индустриализации космоса.

НОВЫЙ СМЫСЛ ПРЕЖНИХ ЦЕЛЕЙ, ЗАДАЧ И МИССИЙ

Еще и еще раз следует подчеркнуть, что парадигма освоения и использования космического пространства на базе поэтапной индустриализации космоса позволит систематизировать и объединить поставленные цели, решаемые в настоящее время задачи, проектируемые космические миссии и наполнить их новым смыслом. Индустриализация космоса способна стать ПУТЕМ, движение по которому позволит:

1. Более рационально подойти к так называемым амбициозным космическим проектам. При условии достаточного развития космической индустрии исследования и освоение Солнечной системы можно будет осуществлять планомерно и непрерывно за счет финансовых ресурсов космической экономики.

Поскольку растущая космическая индустрия будет вынуждена использовать внеземные минерально-сырьевые ресурсы, приобретают вполне определенный смысл и полеты к планетам и астероидам (помимо задач фундаментальных космических исследований и наряду с ними!). Ценным сырьем для космической промышленности может стать накопившийся на околоземных орбитах космический мусор.

2. Решить проблему ограниченной энергоемкости биосферы Земли. Считается, что допустимый предел производства энергии на нашей планете составляет примерно 0,1% от солнечной энергии, поступающей через атмосферу на земную поверхность. Это соответствует примерно 90 ТВт (90×10^{12} ватт) [1]. При переходе через этот предел в земной среде начинаются необратимые процессы разрушения условий обитания. При сохранении существующих тенденций промышленного роста в 2100 году общее производство энергии должно возрасти до 98 ТВт, то есть допустимая норма будет превышена со всеми вытекающими из этого роковыми для человечества последствиями. И только развитие энергоемких отраслей промышленности в космосе позволит коренным образом оздоровить окружающую среду и превратить Землю в цветущий сад.

3. Решить проблему исчерпания ряда невозобновимых природных ресурсов Земли, необходимых для наукоемких отраслей, например осмия, палладия, платины, рения, родия, рутения и других.

4. Решить проблему перенаселенности Земли за счет постепенного расселения человечества в Солнечной системе, используя для этого как искусственно созданные поселения (типа Стэнфордского тора или сферы Бернала), так и терраформирование планет (Венеры, Марса и других).

5. Минимизировать фатальные последствия вероятных глобальных катастроф. С расширением зоны обитания и индустриальной деятельности человечества облегчается задача мониторинга и парирования астероидно-кометной опасности для Земли. Даже в случае гибели всего живого на Земле в космосе останутся человеческие поселения, достаточные для сохранения человека как вида.

Очевидно, поэтапная индустриализация космоса потребует времени, последовательных шагов и отсутствия крупных социально-экономических потрясений. Но именно индустриализация космоса, как стратегическая парадигма его освоения и использования, позволит наконец человечеству уверенно и окончательно выйти за пределы своей «колыбели» – планеты Земля.

Литература



1. **Рогозин Д. А.** Кризис цивилизации и космонавтика. Приглашение к размышлению [Электронный ресурс] // Synerjetics Group. URL: <http://www.synerjetics.ru/article/crisis.htm> (Дата обращения: 05.04.2018).
2. **К. Э. Циолковский.** Промышленное освоение космоса: сб. трудов / Сост. послесл. и коммент.: Т. Н. Желнина, Л. В. Лесков. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.
3. **Гвамичава А. С., Кошелев В. А.** Строительство в космосе. М.: Знание, 1984. 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 9, 1984 г.).
4. **Мельников В. М., Матюшенко И. Н., Чернова Н. А., Харлов Б. Н.** Проблемы создания в космосе крупногабаритных конструкций // Труды МАИ. Электронный журнал. № 78. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy> (Дата обращения: 05.04.2018).
5. **Хамиц И. И.** и др. Трансформируемые крупногабаритные конструкции для перспективных пилотируемых комплексов // Космическая техника и технологии. 2016. № 2 (13). С. 23–33.
6. **Бессонов А. Ф.** Космический марафон // Наука в СССР. 1985. № 3. С. 40–43.
7. **Колесников Ю. В.** Возвращение «Салюта-7» // Земля и Вселенная. 1991. № 4. С. 41–44.
8. Альбом «Орбитальный комплекс "Мир" 1986–2001». М.: Росавиакосмос, 2001. 74 с.
9. **Кирилин А. Н., Аншаков Г. П., Ахметов Р. Н., Сторож Д. А.** Космическое аппаратостроение: научно-технические исследования и практические разработки. ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» / Под ред. д.т.н. А. Н. Кирилина. Самара: АГНИ, 2011. 280 с.
10. **Палло В. В.** Программа КБ «Салют»: космические дали или космические миражи? // Земля и Вселенная. № 2. 1992. С. 18–25.

References

1. **Rogozin D. A.** Krizis tsivilisatsii i kosmonavtika. Priglaseniye k razmyshleniyu. Available at: <http://www.synerjetics.ru/article/crisis.htm> (Retrieval date: 05.04.2018).
2. **K. E. Tsiolkovsky.** Promyshlennoye osvoyeniye kosmosa. Eds. T. N. Zhelnina, L. V. Leskov. Moscow: Mashinostroyeniye, 1989, 280 p.
3. **Gvamichava A. S., Koshelev V. A.** Stroitelstvo v kosmose. Moscow: Znanie, 1984, 64 p. (New in life, science, technology. Series «Astronautics, astronomy», No. 9, 1984).
4. **Melnikov V. M., Matyushenko I. N., Chernova N. A., Harlov B. N.** Problemy sozdaniya v kosmose krupnogabaritnykh konstruktсий. Proceedings of the Moscow Aviation Institute. Issue 78. Available at: <http://www.mai.ru/science/trudy> (Retrieval date: 05.04.2018).
5. **Hamits I. I.** et al. Transformiruyemye krupnogabaritniye konstruktсии dlya perspektivnykh pilotiruyemykh kompleksov. Kosmicheskaya tehnika i tehnologii, 2016, No. 2 (13), pp. 23–33.
6. **Bessonov A. F.** Kosmicheskii marafon // Nauka v SSSR, 1985, No. 3, pp. 40–43.
7. **Kolesnikov Yu. V.** Vozvrasheniye «Salyuta-7». Zemlya i vseennaya, 1991, No. 4, pp. 41–44.
8. Album «Orbitalnyi kompleks "Mir" 1986–2001». Moscow: Rosaviakosmos, 2001, 74 p.
9. **Kirilin A. N., Anshakov G. P., Ahmetov R. N., Storozh D. A.** Kosmicheskoye apparatostroyeniye. GNPRTs «TsSKB-Progress». Ed. by Dr. Sci (Tech) A. N. Kirilin. Samara: AGNI, 2011, 280 p.
10. **Pallo V. V.** Programma KB «Salut»: kosmicheskiye dali ili kosmicheskiye mirazhi? Zemlya i vseennaya, 1992, No. 2, pp. 18–25.

© Ключников В. Ю., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.04.2018

Принята к публикации: 27.04.2018

Модератор: Клименко А. Н.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Ключников В. Ю. Индустриализация как стратегическая парадигма освоения и использования космического пространства // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 14–21.

