

ISSN 2222-517X

Ежемесячное обозрение

Июнь, 2015 (№42)

# НАУКА ЗА РУБЕЖОМ

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ НАУКИ РАН

## ПЕРСПЕКТИВЫ ГРАЖДАНСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ



[www.issras.ru/global\\_science\\_review](http://www.issras.ru/global_science_review)

**Наука за рубежом**

№42, июнь 2015

Ежемесячное обозрение

Электронное издание:

[www.issras.ru/global\\_science\\_review](http://www.issras.ru/global_science_review)

Рубрики «Аэроавтика и космос», «Социальные и экономические науки и статистика»

Обзор выполнил **Н. А. Трофимов**

Выпускающее подразделение: **Сектор анализа зарубежной науки**

Руководитель проекта **Л. К. Пипия**

Редактор **О. Е. Осипова**

Верстка: **Н. В. Шашкова**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Состояние космической экономики и некоторые особенности ее развития	5
2. Примеры актуальных инновационных преобразований в космической отрасли	8
3. Затраты на НИОКР, патентная и публикационная активность в сфере аэрокосмических исследований	10
ПРИЛОЖЕНИЕ	12
Рис. 1. Топ-10 стран по доле бюджетных расходов на космическую отрасль в ВВП	12
Рис. 2. Мониторинг окружающей среды с низкоорбитальных спутников	12
Рис. 3. Топ-10 стран по уровню государственных бюджетных расходов на гражданские НИОКР в космической отрасли	13
Рис. 4. Топ-10 аэрокосмических компаний по объемам продаж и прибыли: 2013	14
Рис. 5. Патентование в области космических технологий	15
Рис. 6. Публикационная активность в области спутниковых технологий	16
Табл. 1. Бюджетные расходы на космическую отрасль в десяти крупнейших космических державах: 2013	16
Табл. 2. Группировки навигационных спутников	17
Табл. 3. Космические миссии 1958–2013 гг.	18
Табл. 4. Топ-10 стран по уровню расходов бизнеса на аэрокосмические исследования	19

*Космическую отрасль метафорически называют путеводной звездой современного общественного и экономического развития. Ставшее привычным на протяжении десятилетий использование спутниковых технологий для навигации, телекоммуникаций, метеорологии, наблюдения за небесными телами, Землей и мониторинга окружающей среды становится все более широким и разнонаправленным. Космические технологии проникают в сферы контроля за воздушным трафиком и наземным транспортом, управления природными ресурсами и сельским хозяйством, исследования изменения климата, индустрию развлечений, что, в свою очередь, приводит к появлению производных рынков новых видов продукции и услуг. Успехи космической экономики – своего рода показатель экономического роста и могущества государств, социального благополучия и устойчивого развития промышленности.*

## **Введение**

В 2014 г. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) опубликовала отчет, посвященный так называемой космической экономике<sup>1</sup> [1]. Несмотря на то что существует много методологических расхождений в определении понятия «космическая экономика», очевидно, что проникновение технологий двойного назначения в гражданскую сферу нарастает. Существенно упростив сложные методологические аспекты, космическую экономику можно охарактеризовать как направление коммерческой деятельности, связанной с запуском и эксплуатацией спутников гражданского или научного назначения<sup>2</sup>.

Ключевым отличием космической отрасли является преобладание скрытых неcodифицированных форм знания<sup>3</sup> на всех этапах производства и продаж готовой продукции и услуг. В первую очередь это касается

---

<sup>1</sup> Космическая экономика включает такие секторы, как аэрокосмическая промышленность, спутниковые сервисы, космические исследования и разработки. К космической экономике относятся все виды экономической деятельности, связанные с освоением космоса. Исключение составляют закрытые исследования и разработки, в том числе оборонного значения, которые в силу засекреченности не анализируются.

<sup>2</sup> Включая спутники военного назначения, имеющие также функцию предоставления гражданских услуг, например GPS.

<sup>3</sup> Под неcodифицированным знанием понимается совокупность технологических, организационных и менеджерских ноу-хау, не формализуемых документально, например в виде патентов.

разработки новых концепций и прототипов, НИОКР, производства ключевых компонентов и устройств, а также маркетинга и постпродажного обслуживания.

Для космической экономики характерен процесс растущей интернационализации и глобализации, показателем которого являются международное сотрудничество в сфере освоения космоса и трансфер технологий. Происходит также «демократизация» космической индустрии, что связано с проникновением в эту элитарную сферу технологий массового производства. Несмотря на то что показатели публикационной и патентной активности в сфере гражданских космических технологий в абсолютных цифрах невысоки, их динамика демонстрирует существенный рост за два последних десятилетия.

## **1. Состояние космической экономики и некоторые особенности ее развития**

В 2013 г. общий объем космической экономики оценивался в 256,2 млрд долл. США<sup>4</sup>. Данный показатель включает выручку предприятий, составляющих звенья в цепи производства компонентов и готовой продукции<sup>5</sup>. Выручка производителей космической техники оценивается в 85 млрд долл. США, однако эта оценка, вероятнее всего, сильно занижена из-за большого количества неучитываемых оборонных заказов. Рынок коммерческих услуг, предоставляемых операторами спутников<sup>6</sup>, является вторым крупным сегментом космической экономики с общим объемом выручки 21,6 млрд долл. США. Наконец, третьим сегментом с общим объемом выручки 149,6 млрд долл. США считается рынок потребительских сервисов<sup>7</sup>. Размер и, следовательно,

---

<sup>4</sup> Учитывалась выручка государственных и частных предприятий, работающих в сфере космоса. Эта оценка условна и зависит от выбранной методологии подсчета. Например, вследствие закрытости многих секторов космической экономики невозможно точно оценить государственные расходы в этой области, так же как и количество компаний на рынке, непосредственно связанных с космической экономикой, и долю их выручки.

<sup>5</sup> Поскольку в космической отрасли действует многоуровневая система интеграции производства (о ней подробнее см. далее), то точно определить объем общей выручки предприятий космической экономики сложно.

<sup>6</sup> Например, сервисы фиксированной и передвигной спутниковой связи, трансляция радио- и видеосигналов, дистанционное использование измерительной аппаратуры.

<sup>7</sup> Например, сервисы спутникового ТВ, VSAT-услуги для банков и передачи данных.

экономические показатели этого сегмента также сложно определить, ввиду того что значительная доля продукции и услуг остается неучтенной.

По показателю бюджетных расходов на космическую отрасль в пересчете по паритету покупательной способности лидируют США, Китай, Россия и Индия (табл. 1). В то же время объем бюджетных затрат на космос в соотношении с ВВП наибольший в России, США и Франции (рис. 1). В сфере космической экономики заняты значительные трудовые ресурсы. По оценкам ОЭСР, в США – около 350 тыс. человек с полной занятостью, в России и ЕС – приблизительно 200 и 60 тыс. человек соответственно.

Реализация международных космических программ по-прежнему остается одним из важнейших путей приобретения ценного опыта и развития научного потенциала на национальном уровне. Наиболее ярким примером признается сотрудничество в рамках программы международной космической станции. Еще одним показательным примером является сотрудничество в области мониторинга окружающей среды. Более 160 низкоорбитальных спутников задействованы в измерении климатических параметров, из них около трети участвуют в двусторонних или многосторонних миссиях (рис. 2). Наиболее интенсивный характер имеет сотрудничество между США, ЕКА<sup>8</sup> и Францией. Кроме того, НАСА успешно сотрудничает с Японским аэрокосмическим агентством в области изучения тропических ливней, а также с ЕКА в исследовании гелиосферы со спутниковой обсерватории SOHO<sup>9</sup>.

В космической отрасли нередко возникают проблемы, связанные с тем, что в готовых изделиях используются компоненты производителей из разных стран. Например, исследование промышленной базы космической отрасли в США, проведенное в 2012–2013 гг. выявило, что 78% американских предприятий не являются единственными производителями или дистрибуторами конкретной продукции. Также респонденты указали на прямую или косвенную зависимость от поставщиков из 56 стран. Важнейшие партнеры американской аэрокосмической отрасли находятся в Японии, Германии, Канаде, Франции и Великобритании. В то же время

---

<sup>8</sup> Европейское космическое агентство.

<sup>9</sup> От англ. Solar and Heliospheric Observatory – спутник для наблюдения за Солнцем.

американские предприятия зависят от поставок пропульсивных систем и ряда других аппаратных средств из России.

Данная проблема осложняется тем, что в космической отрасли действует многоуровневая система интеграции производства. Производители конечной продукции, или интеграторы (в англоязычной классификации они именуются *primes*), например Boeing, отвечают за поставку государственному или коммерческим заказчикам полностью готовых продуктов, таких как спутники или ракеты-носители. Производители подсистем (англ. *tier 1*), обеспечивают поставку интеграторам крупных деталей, например французский производитель авиационных двигателей Snecma. Далее следуют производители более мелких подсистем, компонентной базы и материалов (уровни *tier 2, 3 и 4*), которые могут быть небольшими частными компаниями, например американская M/A-COM, или же подразделениями крупных корпораций с государственным участием, например французская Thales Electron Devices.

На рынке представлено ограниченное количество услуг, связанных с космическими исследованиями. В первую очередь это производство ракет-носителей, которое, как может показаться на первый взгляд, не подвержено глобализации. Прежде всего это обусловлено тем, что запуски гражданских спутников осуществляются с использованием технологий двойного назначения, которые тщательно контролируются космическими державами. Сравнительно небольшой рынок коммерческого запуска спутников оценивается в 2 млрд долл. США<sup>10</sup>. С учетом того, что лидирующие державы<sup>11</sup>, как правило, выводят гражданские спутники на орбиту самостоятельно, закрытый рынок государственных закупок существенно шире

---

<sup>10</sup> Всего шесть компаний предоставляют услуги по запуску спутников на геостационарную орбиту. (Данная ниша рынка самая прибыльная вследствие использования этой орбиты крупными телекоммуникационными компаниями.) В числе таких компаний европейская Arianespace, российская International Launch Services (носитель «Протон»), американские Boeing (носитель Delta), Lockheed Martin (носитель Atlas), китайская Great Wall (носитель Long March) и международный консорциум Sea Launch в составе Норвегии, России, Украины и США.

<sup>11</sup> Прежде всего это касается США, Китая, Индии и России. В ЕС регулирование в данной сфере несколько более либеральное, поскольку не существует прямого нормативного регулирования, обязывающего запускать спутники стран – членов ЕС с использованием европейского носителя Ariane.

международного рынка ракетных услуг. Однако глобализация и международный трансфер технологий все же затронули и эту сферу. Например, недавно в клуб стран, располагающих собственными носителями, вступила Корея. Другими примерами успешного транснационального сотрудничества являются трансфер российских технологий в Китай, позволивший Поднебесной положить начало собственным программам пилотируемых полетов, а также использование российского двигателя РД-180 на носителях американских компаний Lockheed Martin и Boeing серии Atlas.

Кроме того, примером сравнительно успешного рынка гражданской продукции и услуг отрасли остается продажа устройств и цифровых приложений для спутниковой навигации. Доходы четырех крупнейших компаний (Trimble, Mitac, TomTom и Garmin) в 2013 г. превысили 8 млрд долл. США. По состоянию на 2014 г. шесть спутниковых группировок находились на орбите либо в процессе разработки (табл. 2).

## **2. Примеры актуальных инновационных преобразований в космической отрасли**

Эксперты ОЭСР отмечают ряд инноваций, способных дать толчок космической экономике в ближайшее время. Основные технологические усовершенствования в аэрокосмическом производстве затрагивают: а) внедрение новых производственных процессов, б) распространение так называемых технологий передового производства<sup>12</sup>, включая аддитивные технологии, в) запуск спутников с электрическим двигателем.

Новые производственные процессы завоевывают в аэрокосмической промышленности все больше места. Это в первую очередь касается заимствования подходов в массовом производстве из других областей, например автомобильной промышленности. В данном контексте примечателен выход на рынок американской компании SpaceX, которая предлагает услуги по выводу на орбиту грузов носителями серии Falcon за 60 млн долл. США, что превосходит рыночные предложения конкурентов. Разумеется, на данном этапе еще рано говорить о потенциале подобных стартапов. В то же время постепенная конвергенция массового, автомобильного, и элитного штучного

---

<sup>12</sup> От англ. advanced manufacturing.



производства в аэрокосмической отрасли постепенно становится реальностью.

Передовые производственные технологии и аддитивные технологии включают несколько ключевых направлений развития. В первую очередь это такая широко распространенная аддитивная технология, как 3D-принтеры, а также «технологии прямого письма»<sup>13</sup>. Например, в 2013 г. компания Lockheed Martin успешно «напечатала» двухметровый прототип топливного бака, что позволило вдвое сэкономить время и почти в пять раз – денежные ресурсы. Нанесение наноразмерных функциональных структур с заданными электро-механическими свойствами практически на любую поверхность открывает новую эру в сенсорике, что позволит снизить массогабаритные параметры космической аппаратуры.

Спутники с электрическим двигателем разрабатываются компанией Boeing в сотрудничестве с Intelligence Systems. Первые электрические спутники были выведены на орбиту в 2013 г. Всего используется три категории электрических пропульсивных двигателей: электрохимические, электростатические и плазменные. Среди стран, располагающих собственными разработками в этой области, – США, Франция и Россия. Благодаря внедрению технологии «электрические спутники» станет возможным уменьшить вес спутника, увеличив полезную нагрузку, и снизить стоимость его запуска.

По мере того как технологии миниатюризации проникают в космическую промышленность, все более популярными становятся малые спутники весом 100–180 кг. Уже сегодня на рынке представлены несколько видов миниатюрных спутников, в том числе весом менее 10 кг. Например, группировка из 28 таких наноспутников компании Planet Labs способна с высокой частотой обновлять спутниковые данные. В перспективе возможно появление индустрии фемтоспутников весом менее 1 кг.

Подготовка заявленных программ пилотируемой космонавтики потребует в долгосрочной перспективе более масштабных технологических

---

<sup>13</sup> От англ. direct-write technology – под «технологией прямого письма» в широком смысле понимается любая технология, позволяющая наносить на плоский субстрат сложную двухмерную или трехмерную функциональную структуру без использования специальных средств или масок.

инноваций, детали которых в настоящее время не раскрываются. Самыми популярными точками назначения пилотируемых и беспилотных миссий являются Луна, Марс и Венера, а также астероиды и кометы (табл. 3).

### **3. Затраты на НИОКР, патентная и публикационная активность в сфере аэрокосмических исследований**

В 2013 г. государственные затраты на гражданские аэрокосмические НИОКР в странах ОЭСР в целом составили 19,2 млрд долл. США<sup>14</sup>, что на 2% меньше суммы расходов за предыдущий период. Мировым лидером по этому показателю остаются США, чьи расходы превышают 10 млрд долл. США, за ними следуют Россия и Япония с показателями 3,3 и 2,2 млрд долл. США соответственно (рис. 3).

Учитывая, что космическая отрасль тесно взаимосвязана не только с оборонными программами, но и с бизнесом в сфере авиации и гражданской авиации, для оценки активности частных предприятий в этой отрасли обычно используются показатели аэрокосмических компаний. Не удивительно, что топ-10 частных корпораций по обороту возглавляют Boeing и Airbus (рис. 4). В активе каждого из этих гигантов, доминирующих на рынке воздушных судов с количеством посадочных мест более 100, свыше 5 тыс. заказов, что обеспечивает загрузку их производственных мощностей как минимум на ближайшие 8 лет. На рынке воздушных судов с количеством посадочных мест менее 100 конкурируют пять компаний: канадская Bombardier, американская Gulfstream, французская Dassault, итальянская Cessna и бразильская Embraer. По показателю расходов бизнеса на НИОКР в аэрокосмической отрасли лидируют США с суммой более 26 млрд долл. США в 2012 г., что составило около 9% от общих расходов на НИОКР американских корпораций (табл. 4).

На патентование в космической отрасли не распространяются общие для других областей исследований и разработок правила. Следует подчеркнуть, что многие государства и организации ограничивают патентную активность ученых вследствие засекреченности исследований. Кроме того, не всегда можно точно определить, какие именно технологии относятся

<sup>14</sup> Показатель рассчитан по паритету покупательной способности.

к гражданскому сектору космической отрасли. С учетом этих обстоятельств на мировом уровне в среднем раскрываются не более нескольких сотен патентов в год, большинство из которых можно отнести к спутниковым технологиям. США сохраняют лидирующую позицию в патентовании, даже несмотря на сокращение удельного веса американских патентов в 2009–2011 гг. по отношению к 2001–2003 гг. (рис. 5).

Публикационная активность ученых в сфере космических технологий стала по вполне понятным причинам заметно расти лишь после окончания холодной войны. С учетом необычайной закрытости, характерной для сферы космических исследований, библиометрические показатели данной отрасли позволяют в известной мере оценить интенсивность и продуктивность научной деятельности в разных странах. Разумеется, большая часть рецензируемых журналов, включенных в международные библиометрические базы данных, являются англоязычными, однако данная методологическая погрешность нивелируется по мере растущей глобализации гражданской космической науки. Показательно, что общее количество публикаций увеличилось с 6 тыс. в 2003 г. до 16 тыс. в 2013 г. Лидирующими странами по количеству публикаций в этой сфере являются США и Китай (рис. 6).

## Приложение

Рисунок 1. **Топ-10 стран по доле бюджетных расходов на космическую отрасль в ВВП**  
(в процентах к ВВП, в текущих ценах в долларах США)

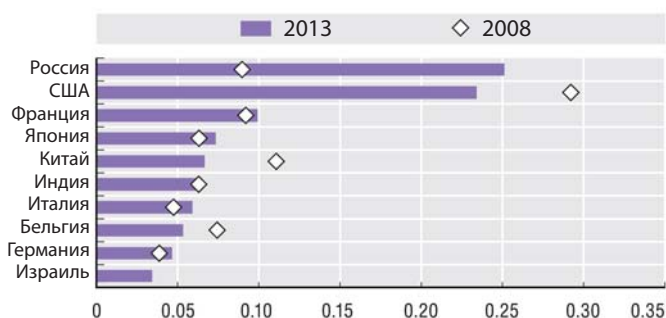
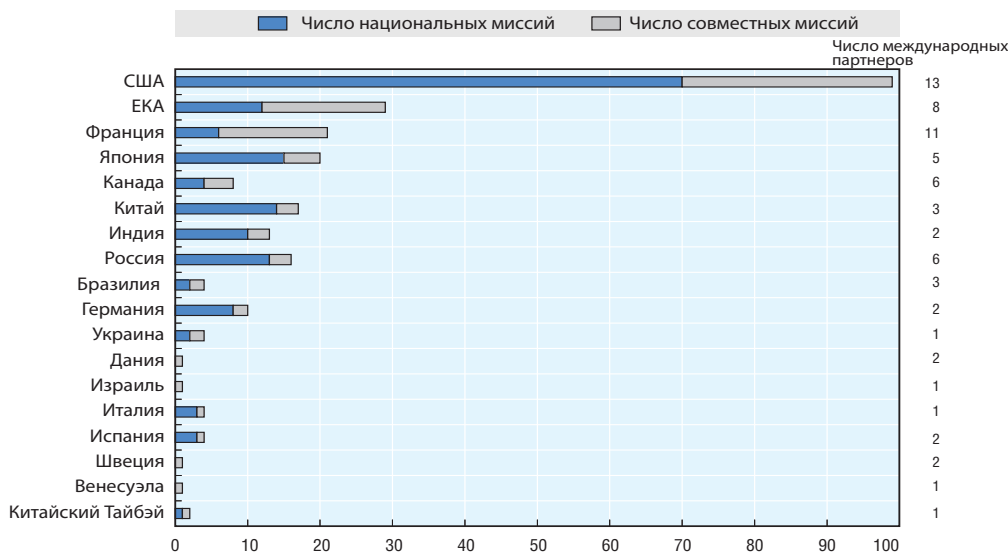
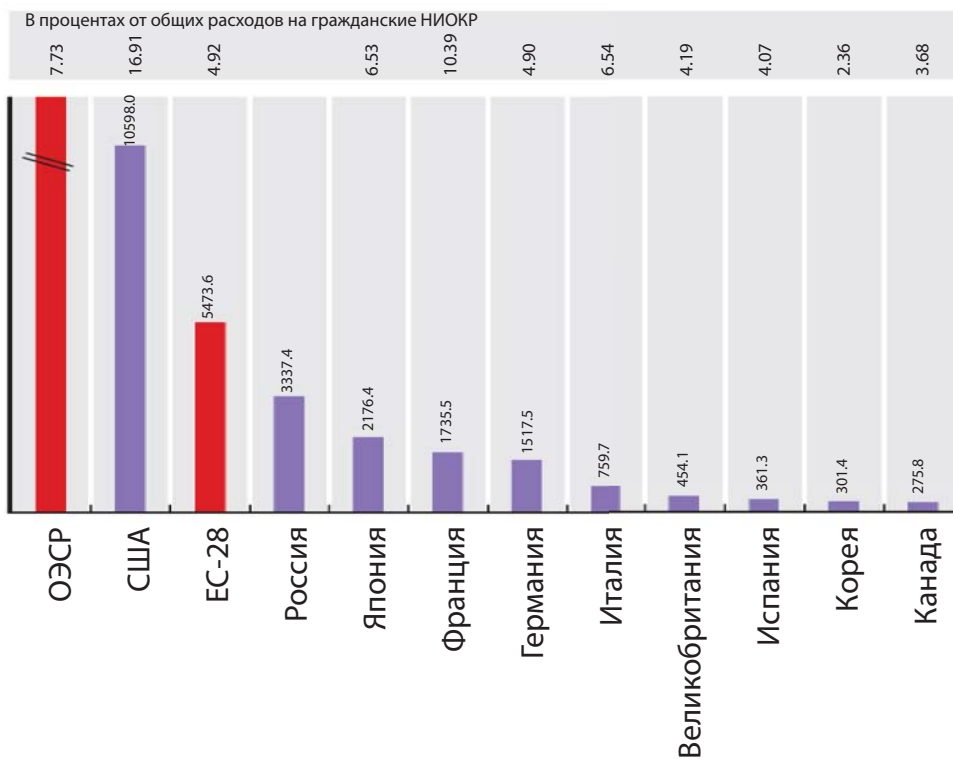


Рисунок 2. **Мониторинг окружающей среды с низкоорбитальных спутников**

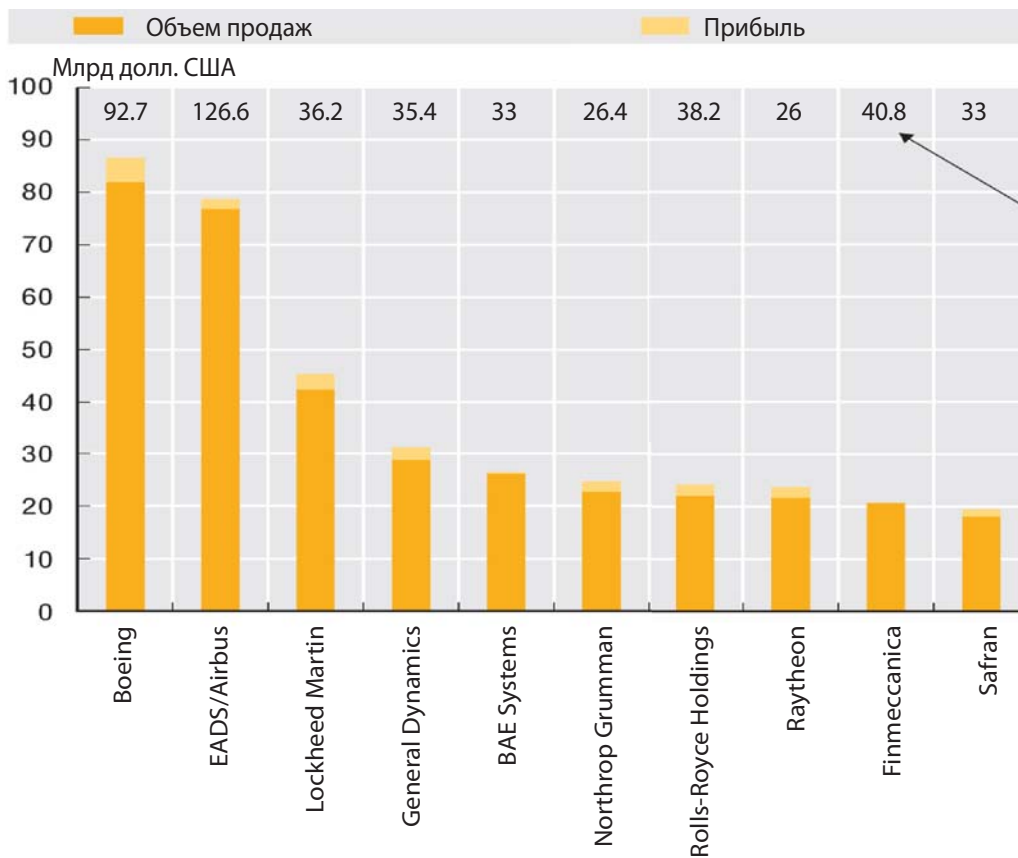
Количество национальных и международных миссий в 2013 г.



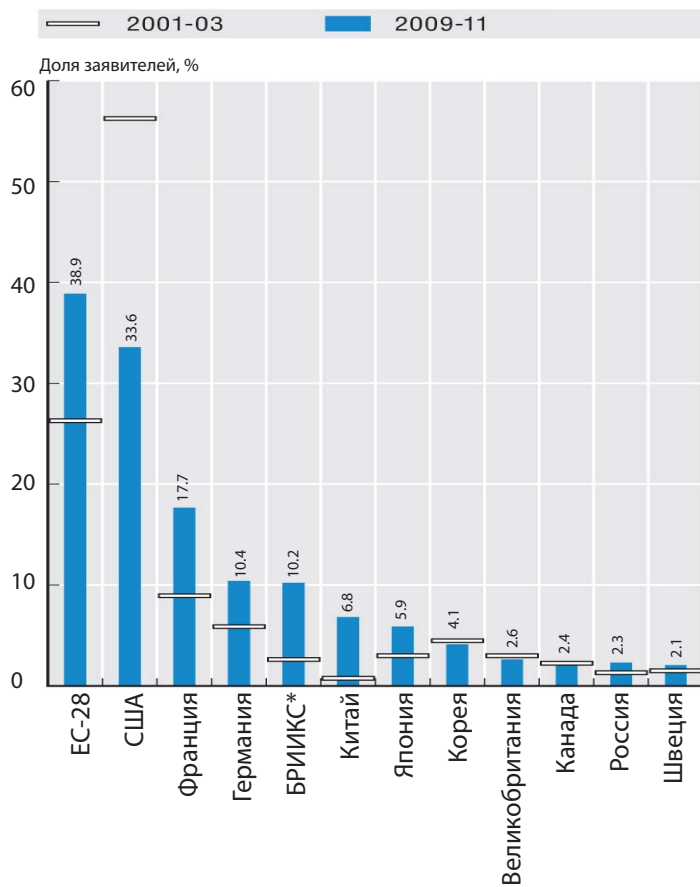
**Рисунок 3. Топ-10 стран по уровню государственных бюджетных расходов на гражданские НИОКР в космической отрасли**  
*(миллионы долларов США в пересчете по паритету покупательной способности)*



**Рисунок 4. Топ-10 аэрокосмических компаний по объемам продаж и прибыли: 2013**



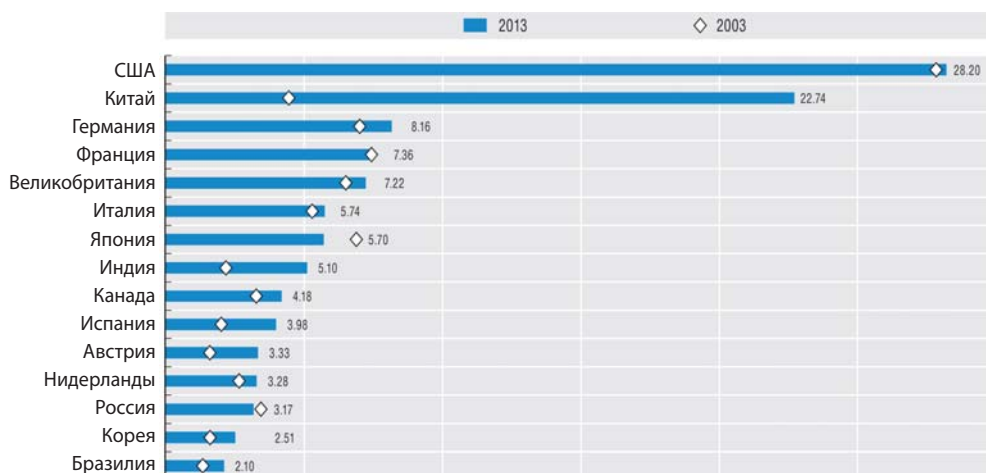
**Рисунок 5. Патентование в области космических технологий**  
 Топ-10 стран по числу патентных заявителей в рамках  
 Договора о патентной кооперации



\*Бразилия, Россия, Индия, Индонезия, Китай и ЮАР.

**Рисунок 6. Публикационная активность в области спутниковых технологий**

Топ-15 стран по доле в общем объеме публикаций по спутниковым технологиям



*Примечание.* График построен по расчетам ОЭСР с использованием баз данных SciVerse, Scopus и Elsevier, доступ к которым осуществлен в апреле 2014 г.

**Таблица 1. Бюджетные расходы на космическую отрасль в десяти крупнейших космических державах: 2013**

Страна	Расходы, млн долл. США *	В расчете на душу населения
США	39332,2	123,2
Китай	10774,6	7,9
Россия	8691,6	61,0
Индия	4267,7	3,3
Япония	3421,8	26,9
Франция	2430,8	38,0
Германия	1626,6	20,1
Италия	1223,3	20,7
Корея	411,5	8,2
Канада	395,9	11,5

\*В пересчете по паритету покупательной способности.



Таблица 2. **Группировки навигационных спутников**

США	GPS – самая совершенная на сегодняшний день система спутниковой навигации. Работает с 1995 г., орбитальная группировка насчитывает 27 спутников на высоте 20 тыс. км. Пополняется спутниками третьего поколения GPS-III. Срок службы одного спутника превышает 10 лет. Узкополосные радиосигналы для гражданских пользователей с тактовой частотой кода С/А – 1,023 МГц, широкополосные – для военных с тактовой частотой кода Р – 10,23 МГц. Используются переменные псевдослучайные (PRN) коды. Точность определения местоположения объекта составляет несколько метров, однако с использованием дифференциальных подсистем (типа WAAS, EGNOS, MSAS) и других дифференциальных методов точность увеличивается на порядок. В GPS используются кодовое разделение сигнала (CDMA) и механизм криптографической защиты
Россия	ГЛОНАСС – насчитывает 29 спутников, 24 из которых функционируют. В 2012 г. утверждена государственная программа по развитию ГЛОНАСС, предусматривающая финансирование в объеме 326 млрд руб. на 2012–2020 гг. В отличие от GPS, в ГЛОНАСС используется частотное разделение сигнала (FDMA)
Европа	Galileo – насчитывает четыре спутника. Планируется увеличить группировку до 30 спутников к 2020 г. В ЕС также действует система функционального дополнения спутниковой навигации EGNOS, которая повышает точность GPS. EGNOS включает орбитальный сегмент: транспондеры «Инмарсат» и ARTEMIS; наземный сегмент: сеть станций измерения дальности и мониторинга целостности (RIMS), рассредоточенные в обслуживаемой зоне, которые связаны с центрами управления (MCC), где формируются сигналы EGNOS, в том числе дифференциальные поправки, информация о целостности, ионосферные задержки и эфемериды геостационарных спутников; наземные навигационные станции (NLES), предназначенные для корректировки данных EGNOS и дальномерного GEO-сигнала на геостационарные спутники (которые затем ретранслируют эту информацию на Землю на частоте L1 GPS с модуляцией и кодированием по образцу GPS-сигнала). Все компоненты наземного сегмента взаимосвязаны с широкозонной сетью связи EGNOS (EWAN)
Китай	Compass/Bei Dou – насчитывает 14 спутников. К 2020 г. планируется довести орбитальную группировку до 35 спутников
Индия	Два навигационных спутника (по состоянию на 2014 г.). Планируется запустить 2-3 спутника для расширения функционала американской GPS (дифференциальная подсистема GAGAN)
Япония	QZSS – подсистема GPS. Запущен первый спутник, затем еще три будут выведены на орбиту в 2015–2017 гг.

Таблица 3. **Космические миссии 1958–2013 гг.**

	<b>Астероиды и кометы</b>	<b>Венера</b>	<b>Марс</b>	<b>Луна</b>
Всего миссий	29	45	46	116
Процент успеха	85%	55,5%	43,4%	50,8%
Успешные запуски искусственных спутников	2	10	10	36
Успешные приземления/высадка планетоходов	2/-	9/-	6/4	9/3
Успешные высадки с участием человека	–	–	–	6
Число запланированных миссий	4	1	3	6
<i>Комментарий</i>	Космический аппарат «Розетта» запущен в 2004 г. для изучения кометы 67P/Чурюмова – Герасименко	Советская автоматическая межпланетная станция «Венера-3» в 1966 г. стала первым в истории аппаратом, достигшим поверхности другой планеты	Американская автоматическая межпланетная станция Mariner-9 стала первым искусственным спутником Марса, а советский «Марс-3» совершил первую в истории посадку на поверхность Марса	Луна – единственный астрономический объект – внеземное тело, который посетили астронавты

Таблица 4. **Топ-10 стран по уровню расходов бизнеса на аэрокосмические исследования**

Страна	Расходы на НИОКР, млн долл. США *	В процентах от общих расходов бизнеса на НИОКР в стране
США	26054	8,86
Франция	3374	9,91
Германия	3062	4,42
Великобритания	2030	8,14
Италия	1227	8,71
Канада	1071	8,26
Испания	189	7,53
Россия	394	1,99
Япония	238	0,21
Корея	187	0,37

\* По паритету покупательной способности (в текущих ценах), 2012 или последний доступный год.

Обзор выполнен на основе следующих публикаций:

1. OECD (2014), *The Space Economy at a Glance 2014*, OECD Publishing. – <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>

## **Тематические рубрики ежемесячного обзора**

### ***Аэронавтика и космос***

Биотехнологии и генетика. Сельское хозяйство, пищевая и химическая промышленность

Информационные и телекоммуникационные технологии и вычислительная техника

Исследования в области ядерной и квантовой физики

Медицинские технологии и оборудование

Нанотехнологии и новые материалы, микроэлектроника

### ***Социальные и экономические науки и статистика***

Энергетика и транспорт