

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В СФЕРЕ ОСВОЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

© 2019 г. В.А. Соловьёв*, А.А. Коваленко**, С.В. Соловьёв***

ПАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С.П. Королёва»,
г. Королёв, Московская область, Россия

*E-mail: vladimir.soloviev@rsce.ru; **E-mail: andrey.a.kovalenko@rsce.ru;

***E-mail: sergey.soloviev@scsc.ru

Поступила в редакцию 03.12.2018 г.

Поступила после доработки 14.12.2018 г.

Принята к публикации 16.01.2019 г.

Рассматриваются основные направления развития космонавтики, оказывающие влияние на обеспечение связанности территории Российской Федерации. Показана ключевая роль таких видов деятельности, как космическая навигация, космическая связь, дистанционное зондирование Земли. Подчёркнуто важнейшее значение прикладных и фундаментальных исследований в космосе. Приводится анализ тенденций в области прикладной космонавтики, отмечены существующие проблемы и способы их решения, предполагающие наращивание космической группировки научного назначения и дистанционного зондирования Земли, повышение точности позиционирования, доступности, помехозащищённости космической навигации.

Ключевые слова: космическая деятельность, связанность территории, дистанционное зондирование Земли, космические исследования, космическая навигация, ГЛОНАСС, космическая связь, международная космическая станция, тенденции развития космонавтики.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895496-501>

Космонавтика с самого своего рождения была и остаётся сферой человеческой деятельности, находящейся на пике научно-технического прогресса. Благодаря её успехам расширяются границы познания мира. Многие её достижения имеют практическое применение. Использование результатов, получаемых с помощью групп орбитальных аппаратов социально-экономического, научно-исследовательского и двойного назначения, приносит значительный экономический эффект в таких областях, как космическая навигация, космическая связь, дистанционное зондирование Земли, а также способствует совершенствованию применяемой техники. Космонавтика помогает обеспечивать связанность территорий крупных стран. Для России это особенно актуально в силу не только её протяжённости, большого

количества временных поясов, но и неравномерного распределения экономической деятельности, высокой концентрации населения в крупных агломерациях, сильного влияния погодных-климатических условий на функционирование транспортной инфраструктуры. Учитывая уникальные географические особенности, Россия просто обречена быть космической державой.

Можно рассматривать несколько уровней связанности территорий, реализация которых прямо и косвенно обеспечивается космической деятельностью:

- глобальная связанность на уровне международного взаимодействия и транспортно-логистических коридоров "Север–Юг", "Запад–Восток";
- межрегиональная связанность, включая макрорегиональную, между соседними регионами, межагломерационную;
- внутрирегиональная связанность агломерации с высокой плотностью населения, концентрацией экономической активности и территории с низкой плотностью населения и экономической активности при дефиците (отсутствии) традиционных путей сообщения (периферийные территории субъектов Российской Федерации в европей-

СОЛОВЬЁВ Владимир Алексеевич – член-корреспондент РАН, первый заместитель генерального конструктора РКК "Энергия" им. С.П. Королёва. КОВАЛЕНКО Андрей Александрович – кандидат технических наук, начальник отдела РКК "Энергия" им. С.П. Королёва. СОЛОВЬЁВ Сергей Владимирович – кандидат технических наук, ведущий конструктор РКК "Энергия" им. С.П. Королёва.

Таблица 1. Состояние мировой космонавтики

Назначение КА	Всего КА	КА РФ	Доля КА РФ (%)
Навигация	105	26	24,8
Связь	713	32	4,5
Наблюдение Земли (ДЗЗ)	374	8	2,1
Научные исследования	67	1	1,5

ской части России, сибирские и дальневосточные регионы), малонаселённые территории с особым геостратегическим статусом, в том числе Арктическая зона Российской Федерации.

Состояние и тенденции мировой космонавтики.

Мировая космонавтика сегодня (табл. 1) – это около 1400 работающих космических аппаратов (КА) гражданского и двойного назначения и две орбитальные пилотируемые станции: Международная космическая станция (постоянно действующая) и китайская лаборатория "Тянгун-2" (посещаемая). Как видно из таблицы, в российской орбитальной группировке значимо представлена навигация – КА системы ГЛОНАСС, составляющие 24,8% всех аппаратов такого назначения в мире. А вот по числу спутников для дистанционного зондирования Земли (это одно из основных направлений для обеспечения связанности территории) мы серьёзно отстаём и, к сожалению, ликвидируем это отставание довольно медленно. Очень слабо представлена Россия и в мировой группировке КА научного назначения.

Рассматривая текущее состояние мировой космонавтики и принимая во внимание проекты по созданию КА и анонсированные запуски в ближайшее время, можно выделить такие её перспективы:

- увеличение числа КА различного назначения;
- расширение перечня стран, организаций и предприятий, эксплуатирующих КА;
- развитие низкоорбитальных систем связи непосредственного доступа;
- комплексирование различных космических систем (навигация, дистанционное зондирование

Земли) с наземными техническими средствами, приложениями;

- обеспечение многозадачности использования ракет-носителей и КА;
- увеличение количества научных КА и расширение круга космических исследований;
- увеличение числа частных компаний, производящих космическую технику, в том числе пилотируемые корабли.

Что касается российских приоритетов, они изложены в стратегических документах госкорпорации "Роскосмос" [1, 2]. Космическая связь, дистанционное зондирование Земли, фундаментальные космические исследования, которые Россия по большей части проводит на Международной космической станции, перспективные технологии – в целом эти направления развития космической отрасли позволяют обеспечить решение основных задач поддержания связанности территории Российской Федерации.

Рассмотрим более подробно основные виды социально-экономической и научной деятельности России в космическом пространстве.

Космическая навигация. В таблице 2 представлены существующие глобальные космические навигационные системы (по состоянию на сентябрь 2018 г.) [3, 4]. Если ГЛОНАСС и NAVSTAR (GPS) функционируют в полном составе, то Galileo (Европейский союз) и BEIDOU (Китай) находятся в стадии развёртывания. Помимо глобальных, действуют региональные системы (Индия, Япония). В создании и применении космической навигации Россия, безусловно, входит в число стран-лидеров.

Каковы же основные направления применения космической навигации? Это наземный и водный транспорт, обеспечение поиска и спасения терпящих бедствие, авиация, персональная навигация, геодезия и картография, мониторинг окружающей среды, строительство, сельское хозяйство, системы синхронизации времени, интересы безопасности. Всё больше КА на орбите используют навигационные данные для автономного решения задач высокоточного определения параметров своего движения. В частности, быстрые схемы сближения и стыковки пилотируемых и грузовых кораблей

Таблица 2. Существующие глобальные космические навигационные системы

Система	Страна	Количество КА	Количество используемых КА	Состояние системы
ГЛОНАСС	РФ	26	24	функционирует
NAVSTAR (GPS)	США	32	31	функционирует
GALILEO	Европа	18	11	развёртывается
BEIDOU	Китай	36	17	развёртывается

с Международной космической станцией возможны в том числе благодаря данным космических навигационных систем. Одним словом, это достаточно большая сфера деятельности для обеспечения связанности территории Российской Федерации.

Основные мировые тенденции развития навигационных технологий в настоящее время ориентированы на повышение доступности навигационных данных в условиях сложного рельефа местности и городской застройки, на помехоустойчивость и имитостойкость радионавигационного сигнала, на точность и скорость сходимости высокоточных навигационно-временных определений. Отдельно необходимо отметить весьма многообещающее направление применения навигационных данных, а именно использование их для создания систем управления беспилотных транспортных средств. Комплексирование навигационного поля с инерциальными системами навигации, системами технического зрения и иными датчиками в абонентской аппаратуре пользователей позволит создавать новые и модернизировать имеющиеся транспортные средства с качественно новым уровнем обеспечения безопасности движения, в том числе в сложных погодных условиях. Существующие навигационные системы обеспечивают погрешность определения положения порядка 10 м, а для беспилотного транспорта необходимо иметь погрешность на два порядка меньше, то есть около 0,1 м.

В текущей конфигурации система ГЛОНАСС удовлетворяет потребности в навигационных данных широкого круга пользователей. Однако для ряда задач необходима высокоточная навигация, которая достигается с использованием дифференциального или относительного метода определений. Принцип основывается на вычислении поправки к определению псевдодальности относительно корректирующей станции, координаты которой фиксируются с заведомо высокой точностью. Для этого необходимы базовые приёмники, расположенные в точках с определёнными координатами, которые одновременно с приёмником потребителя осуществляют синхронный приём данных одних и тех же навигационных КА. Распространение корректирующих поправок для таких больших территорий, как территория России, удобно осуществлять при помощи КА на геостационарной орбите.

Первая перспектива для российской группировки ГЛОНАСС — создание нового наземного сегмента и расширение сети корректирующих станций, особенно в Южном полушарии. Если в Северном полушарии существует относительно разветвлённая их сеть, то в Южном сеть корректирующих станций нужно развивать. Необходимо продолжить расширение орбитальной группировки навигационных КА и совершенствование их

самих. Это существенно повысит точность определения положения пользователей.

Существенная и приоритетная научно-техническая задача, стоящая перед отечественной космической навигационной системой, — повышение помехоустойчивости и имитостойкости распространения навигационных данных от КА на орбите до приёмного навигационного устройства потребителя. Можно сказать, что этот этап распространения данных — наиболее уязвимое место космической навигации и вследствие случайных воздействий, и в результате преднамеренного искажения. В условиях современного мира с его насыщенностью различными передающими устройствами и доступностью подобных средств данная проблема становится фактором, определяющим надёжность и работоспособность системы в целом.

Космическая связь. Для нашей страны, в силу её размеров, космическая связь, особенно важна. В настоящее время российская орбитальная группировка насчитывает 16 КА связи на геостационарных орбитах, 12 КА на низких орбитах и 3 КА многофункциональной системы ретрансляции "Луч", которые функционируют на геостационарной орбите, причём достаточно активно — в интересах управления Международной космической станцией. Все эти КА исправны, обеспечивают фиксированную и подвижную спутниковую связь, передачу данных, потребности радиовещания и телевидения.

Россия производит собственные КА связи, но с большой долей импортных приборов для полезной нагрузки. В современных условиях необходимо обратить самое серьёзное внимание на импортозамещение в области аппаратуры полезной нагрузки национальных КА связи.

К числу мировых тенденций развития спутниковой связи следует отнести увеличение пропускной способности КА связи (HTS — high-throughput satellite), весьма заметное в последнее время. Этому способствует, в частности, применение многолучевых антенн, с помощью которых формируется веер остронаправленных лучей. Многолучевое формирование зоны покрытия КА связи функционально очень привлекательно, поскольку позволяет принципиально увеличить энергетику радиолинии и, соответственно, обеспечить высокую пропускную способность. Кроме того, появляется возможность повторного использования частот в выделенном диапазоне для отдельного КА связи. Таким образом обеспечивается многоплановая связь с помощью одного КА вместо нескольких, что даёт существенный экономический эффект. Развиваются технологии создания гибких полезных нагрузок, позволяющих в течение срока орбитального функционирования КА перераспределять частотно-энергетические ресурсы между лучами в зависимости от текущих потребностей пользователей.

Следующее весьма заметное в последнее время направление развития космической связи — создание многоспутниковых систем малых КА на низких околоземных орбитах. Основное преимущество таких систем состоит в возможности иметь малогабаритную, дешёвую и весьма компактную персональную потребительскую аппаратуру для обеспечения связи с КА. В нашей стране сходные задачи предполагается решать в рамках перспективной программы "Сфера".

Тенденции развития спутниковой связи в Российской Федерации ясны. К 2025 г. госкорпорация "Роскосмос" планирует нарастить орбитальную группировку до 41 КА, что позволит увеличить пропускную способность фиксированной связи более чем в 2 раза, персональной подвижной связи — более чем в 2,5 раза, ретрансляции — в 4 раза. Интегрально возможности космических систем связи возрастут более чем 2,5 раза, что существенно расширит спектр услуг непосредственного телевизионного вещания и телевизионного вещания высокой чёткости, широкополосного доступа в Интернет и т. п.

Системы космической связи становятся базой для решения задач цифровой экономики, телемедицины, системы дистанционного образования. С расширением группировки КА на геостационарной орбите и, что очень важно, развёртыванием КА связи и вещания на высокоэллиптической орбите может быть решена проблема качественного и полноценного телекоммуникационного обеспечения северных и арктических регионов. У нас значительное количество населённых пунктов — около 6000. В северных и дальневосточных районах Российской Федерации из-за особенностей их расположения они могут быть связаны только через КА на высокой эллиптической орбите.

Дистанционное зондирование Земли. Задачи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в российской космонавтике в настоящее время выполняют высокодетальный КА "Ресурс-П", КА оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций типа "Канопус-В", КА гидрометеорологического и океанографического обеспечения "Метеор-3М" и геостационарный гидрометеорологический КА "Электро-Л". Все они осуществляют съёмку в оптическом диапазоне спектра. Российские радиолокационные КА в настоящее время на орбите отсутствуют. Таким образом, российская группировка КА дистанционного зондирования Земли имеет очевидные предпосылки для наращивания своей численности.

В современном информационном обществе потребность в актуальных данных ДЗЗ постоянно увеличивается. Число задач, в которых применяются эти данные, также неуклонно возрастает, в основном за счёт геоинформационных систем и приложений пользователей негосударственного сектора.

И подобная тенденция оказывает наибольшее влияние на развитие соответствующих космических средств.

Ведущая общемировая тенденция развития космических систем дистанционного зондирования Земли состоит в повышении оперативности получения информации. И единственный действенный способ решения этой задачи — увеличение числа КА на орбите в составе группировки. Появляются и реализуются проекты космических систем ДЗЗ, обеспечивающие ежедневный или даже непрерывный режим съёмки территории Земли. Новые современные данные более детализированы, а значит, больше в объёме. Поэтому активное распространение получают облачные технологии хранения и обработки этих данных в интересах конечных потребителей. Необходимо отметить, что собственно данные ДЗЗ выступают в роли сервиса для геоинформационных систем пользователей или приложений. В результате отпадает необходимость в их приобретении, потребитель также получает возможность пользоваться результатом проведённого анализа информации.

Основные направления развития и совершенствования КА дистанционного зондирования Земли в Российской Федерации включают расширение орбитальной группировки КА ДЗЗ для увеличения периодичности наблюдения; улучшение базовых характеристик съёмочной аппаратуры (пространственного разрешения, динамического диапазона и т. п.) в видимом, инфракрасном и радиолокационном диапазоне; создание высокоэллиптической гидрометеорологической космической системы и существенное наращивание метеорологической группировки.

В числе важных задач — интенсивное освоение аппаратуры для радиолокационной съёмки, по сути всепогодной, не зависящей от условий освещённости и потому обладающей очевидными преимуществами, особенно с учётом погодных-климатических и географических особенностей нашей страны. И ещё одна задача, в первую очередь для научных организаций, — поиск и внедрение новых методов и аппаратуры ДЗЗ с иными принципами съёмки.

За рубежом активно работают над созданием орбитальных группировок малых КА ДЗЗ. Они будут способствовать существенному увеличению оперативности получения данных дистанционного зондирования, а также апробации новых технических решений в условиях космического полёта. Отработанные таким образом новые технологии могут быть использованы в других по назначению космических аппаратах.

Космические исследования. Научные исследования в космосе проводятся и с помощью автоматических аппаратов, и на Международной космической станции. Как показано в таблице 1, в настоящее время на орбите (по состоянию на сен-

тябрь 2018 г.) присутствует всего один российский аппарат научно-исследовательского назначения – "Спектр-Р", не считая российского сегмента МКС. Для воссоздания группировки, помимо продолжения развёртывания российского сегмента МКС, к 2025 г. планируется осуществить запуски 8 КА научного назначения, которые должны обеспечить:

- реализацию научных программ исследований астрофизических объектов – 2 КА ("Спектр-РГ", "Спектр-УФ");
- изучение комбинированных эффектов неведомости и ионизирующей радиации на различные организмы в ходе полёта – 1 КА ("Бион" № 2);
- исследование Луны, Марса и планет Солнечной системы – 4 КА ("Луна-Глоб", "Луна-Ресурс", "ЭкзоМарс-2020", "Луна-Ресурс ПА");
- глобальный стереообзор Солнца, контроль солнечной активности и космической погоды – 1 КА ("Резонанс МКА").

Несмотря на сложную внешнеполитическую обстановку, на Международной космической станции работают представители России, Соединённых Штатов Америки, Европы, Японии, Канады, доверяя партнёрам [5]. Можно утверждать, что такой большой международный космический проект поддерживает глобальную международную связанность. Но при этом прагматичное мировое сообщество желает иметь дела с Россией исключительно в тех областях, где мы занимаем достойное положение. При проведении совместных экспериментов в космическом пространстве мы друг у друга довольно многому можем поучиться. В качестве примера приведём упоминавшийся КА "Спектр-Р", созданный НПО им. С.А. Лавочкина и в 2011 г. запущенный на орбиту с апогеем 330 000 км, перигеем 600 км, то есть он долетает почти до Луны. Период обращения на такой высокой вытянутой эллиптической орбите около 8 суток. Этот аппарат работает по программе международного эксперимента "Радиоастрон". В рамках данного проекта создан космический радиointерферометр со сверхбольшой базой: один радиотелескоп находится на Земле, второй – в космосе. Эксперимент ведётся уже 7 лет, и все эти годы в нём участвуют учёные России, Соединённых Штатов Америки, Европы, Японии, Австралии и Южной Кореи [6].

В фундаментальных исследованиях на борту МКС активное участие принимают Российская академия наук и организации Минобрнауки России. Например, Объединённый институт высоких температур РАН и ПАО РКК "Энергия" уже несколько лет реализуют программу "Плазменный кристалл". В ходе её проводится серия экспериментов по созданию плазмы высокочастотного разряда с заданными параметрами, автоматическому вводу в плазму пылевых частиц требуемого размера, при этом ведётся видеорегистрация

образующихся плазменно-пылевых структур при изменениях параметров плазмы. Эти работы носят международный характер. Активное участие в экспериментах на МКС принимает Институт космических исследований РАН: серия экспериментов "Плазма-Ф", "БТН-Нейтрон", "Конвергенция", "Чибис-М", "МКС-Обстановка" и ряд других [7–9].

Говоря о реализации в ближайшем будущем проектов "умных городов", конечно, сложно обойтись без такой составляющей, как телемедицинские космические каналы, расширяющие возможности профессиональной медицинской телеконсультации. То же касается и образования, популяризации науки, космических исследований. Это важнейшая составляющая космической деятельности, если иметь в виду образовательные программы для повышения интереса к научным исследованиям у школьников и студентов, а также пропаганду достижений отечественной космонавтики. В этом направлении очень активно работают Московский авиационный институт, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Примером могут служить научно-образовательные и демонстрационные эксперименты "Физика–образование", "МАИ-75", "МАТИ-75", "Радиоскаф", "Кулоновский кристалл". Образовательные программы, которые ведутся в том числе с борта Международной космической станции, позволяют отбирать талантливую молодёжь и как можно раньше начинать её учить.

* * *

Российская орбитальная космическая группировка на базе освоенных технологий обеспечивает решение текущих задач с плавным ростом их сложности и объёма в перспективе. Однако в дальнейшем использование результатов космической деятельности будет обусловлено в первую очередь потребительскими технологиями, сопутствующими сервисами и разнообразием доступных приложений для пользователей. Для всего мира возникает серьёзная проблема – технологическое старение создаваемой космической техники. Дальнейшее её совершенствование должно опираться на новые технические решения, новые материалы. Над этим нужно активно работать организациям Российской академии наук и госкорпорации "Роскосмос".

Наряду с решением текущих задач и задач ближайшего будущего мы должны попытаться сформулировать стратегические цели космонавтики с учётом развития цивилизации и естественных человеческих устремлений. Первая цель – это, безусловно, работа в космосе для улучшения жиз-

ни человека на Земле, а также сохранение Земли как уникальной и единственной известной в настоящее время населённой биологической системы во Вселенной. Из свойства уникальности Земли вытекает вторая цель. В высшей степени интересно и важно искать новые формы жизни за пределами нашей планеты, за пределами Солнечной системы. Наконец, с учётом того, что ресурсы Земли не безграничны и могут быть как исчерпаны, так и безвозвратно нарушены, формулируется третья цель космонавтики — поиск способов расширения границ земной жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития космической деятельности России до 2030 года и на дальнейшую перспективу. <http://knts.tsniimash.ru/ru/src/CenterInfRes.pdf> (дата обращения 01.10.2018).
2. Федеральная космическая программа РФ на 2016–2025 г. <https://www.roscosmos.ru/22347> (дата обращения 02.10.2018).
3. Федеральная целевая программа "Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы". <http://federalbook.ru/files/ОРК/Soderjanie/ОРК-9/V/Glonass.pdf> (дата обращения 10.10.2018).
4. <https://www.glonass-iac.ru/>
5. Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на РС МКС до 2024 года. <http://knts.tsniimash.ru/ru/src/Files/dp.pdf> (дата обращения 04.10.2018).
6. Кардашев Н.С., Алакоз А.В., Ковалёв Ю.Ю. и др. "Радиоастрон": итоги выполнения ранней научной программы исследований объектов Вселенной со сверхвысоким угловым разрешением // Вестник НПО им. С. А. Лавочкина. 2014. №3. С. 4–11.
7. Легостаев В.П., Марков А.В., Сорокин И.В. Целевое использование Российского сегмента МКС: значимые научные результаты и перспективы // Космическая техника и технологии. 2013. №2. С. 4–18.
8. Марков А.В., Матвеева Т.В., Муртазин Р.Ф. и др. Технология запуска микроспутников с использованием транспортных грузовых кораблей типа "Прогресс-М" // Космическая техника и технологии. 2015. №1. С. 42–52.
9. Solov'ev V.A., Markov A.V., Sorokin I.V., Lubinskii V.E. Applied scientific Research on the International Space Station and new Flight-Control Technologies // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. №3. P. 229–236; Соловьёв В.А., Марков А.В., Сорокин И.В., Любинский В.Е. Научно-прикладные исследования на Международной космической станции и новые технологии управления полётом // Вестник Российской академии наук. 2017. №6. С. 495–504.

PRIORITY SCIENTIFIC AND TECHNICAL TASKS IN THE FIELD OF EXPLORATION AND EFFICIENT USE OF OUTER SPACE

© 2019 V.A. Soloviev*, A.A. Kovalenko**, S.V. Soloviev***

S.P. Korolev Rocket and Space Public corporation "Energia", Moscow, Russia

*E-mail: vladimir.soloviev@rsce.ru; **E-mail: andrey.a.kovalenko@rsce.ru;

***E-mail: sergey.soloviev@scsc.ru

Received: 03.12.2018

Revised version received: 14.12.2018

Accepted: 16.01.2019

The article discusses the main directions of development of cosmonautics, which have an impact on ensuring the connectivity of the territories of the Russian Federation. The key role of such areas of space activity as space navigation, space communications, remote sensing of the Earth, applied and fundamental research in space is shown. An analysis of the development trends of applied cosmonautics, existing problems and ways to solve them is conducted: increasing the scientific space and remote sensing group of the Earth, methods of improving the accuracy of positioning, availability, noise immunity of space navigation, etc.

Keywords: space activities, connectedness of territories, remote sensing of the Earth, space research, space navigation, GLONASS, space communications, International Space Station, directions in the development of cosmonautics.