



РОССИЙСКО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЕКТ ЭКЗОМАРС-2018

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА:

- ПОИСК ПРИЗНАКОВ ЖИЗНИ НА МАРСЕ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ;
- ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНОЙ/ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ПОДПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ;
- ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ И ИХ ИСТОЧНИКОВ В АТМОСФЕРЕ МАРСА.

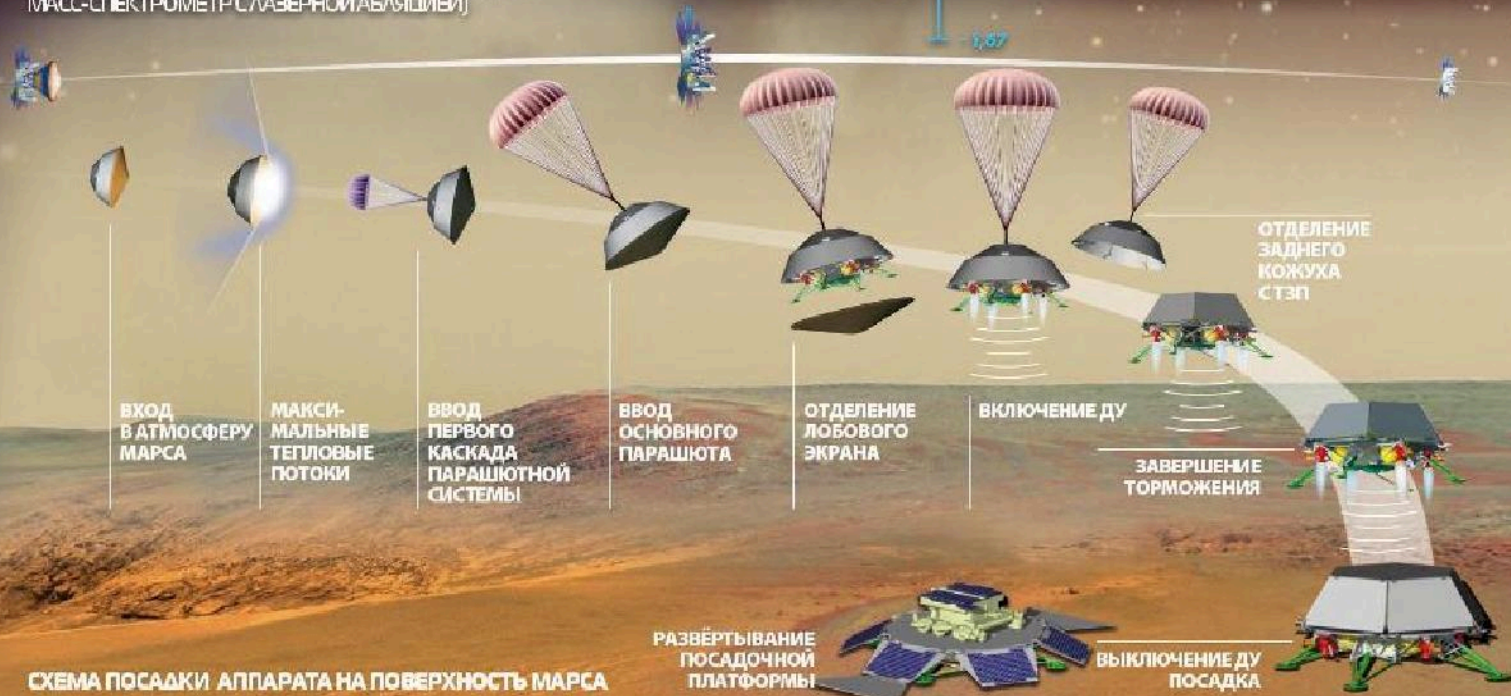
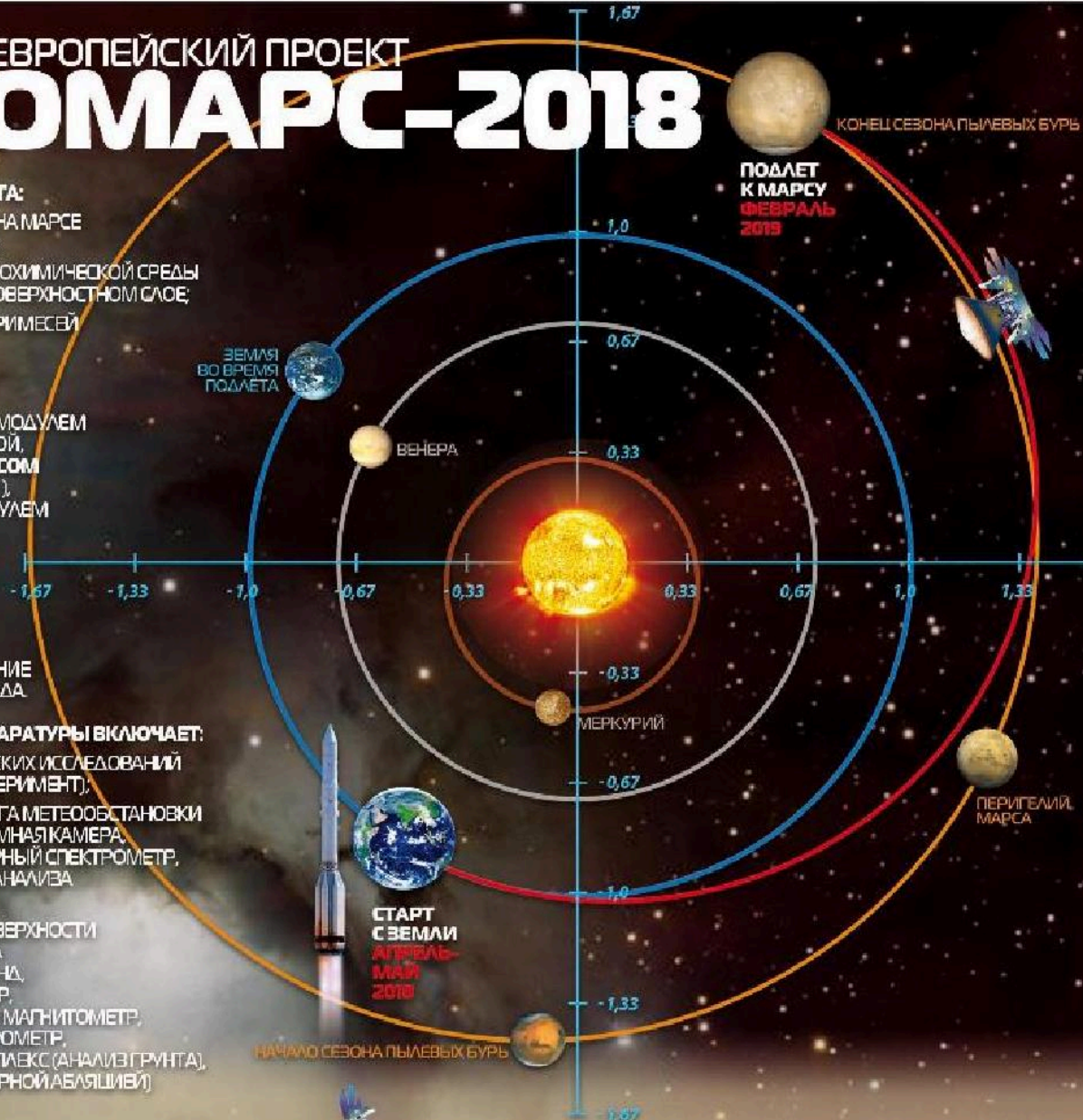
МИССИЯ ЭКЗОМАРС-2018

РЕАЛИЗУЕТСЯ ДЕСАНТНЫМ МОДУЛЕМ С ПОСАДОЧНОЙ ПЛАТФОРМОЙ, СОЗДАВАЕМЫХ РОККОСМОСОМ (НПО ИМ. С.А. ЛАВОЧКИНА), А ТАКЖЕ ПЕРЕЛЕТНЫМ МОДУЛЕМ И МАРСОХОДОМ, СОЗДАВАЕМЫХ ВКА.

НА ПОСАДОЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ УСТАНАВЛИВАЕТСЯ НАУЧНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ОДНОГО МАРСИАНСКОГО ГОДА.

КОМПЛЕКС НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ ВКЛЮЧАЕТ:

- ПРИБОРЫ ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (СЕЙСМОМЕТР, РАДИОЭКСПЕРИМЕНТ);
- ПРИБОРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕТЕООБСТАНОВКИ (МЕТЕОКОМПЛЕКС, ПАНОРАМНАЯ КАМЕРА, ПЫЛЕВОЙ КОМПЛЕКС, ЛАЗЕРНЫЙ СПЕКТРОМЕТР, ЛИДАР, СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА АТМОСФЕРЫ);
- ПРИБОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ И СРЕДСТВА ЗАБОРА ГРУНТА (ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗОНД, НЕЙТРОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР, НИЗКОЧАСТОТНЫЙ РАДАР И МАГНИТОМЕТР, МАССБАУЗЕРОВСКИЙ СПЕКТРОМЕТР, ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС (АНАЛИЗ ГРУНТА), МАСС-СПЕКТРОМЕТР С ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ)



с о д е р ж а н и е

Бармин И.В., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я.
Околосреднее космическое пространство как объект глобального мониторинга.....4

Ломакин И.В., Мартынов М.Б., Польш В.Г., Симонов А.В.
К вопросу реализации программы исследования малых тел Солнечной системы.....10

Назаров А.Е.
Проблема «13» для геостационарных космических аппаратов.....18

Бычков В.П.
Новые методы измерения параметров поляризации антенн космических аппаратов с использованием фазовой поляризационной диаграммы.....22

Бирюков А.С., Калинин В.И., Гриневич А.В., Маркачев Н.А.
Применение принципов механики разрушения для расчета ресурса конструкций, работающих под давлением, на примере топливного бака четвертой ступени РН «VEGA».....29

Занин К.А.
Анализ качества координатной привязки изображений космического радиолокатора с синтезированной апертурой.....34

Голомазов М.М., Финченко В.С.
Аэродинамическое проектирование спускаемого аппарата в атмосфере Марса по проекту «ЭкзоМарс».....40

Клюшников В.Ю., Кузнецов И.И., Осадченко А.С.
Методические аспекты разработки стратегии развития системы средств выведения космических аппаратов на орбиту.....47

Белоголов О.Б.
Моногармонический метод автоинтегрирования с локальным осреднением коэффициентов Фурье для расчета частотных характеристик динамических объектов и систем управления ракет.....53

Сенцов Ю.И., Сорокин С.В.
Сравнительный анализ энергетической эффективности некоторых методов борьбы с астероидами.....57

Рыкунич Ю.Н., Ситников А.Е., Александров Л.Г., Бирилюк Е.И., Зайончковский Г.И.
Исследование по энергетическим критериям запасов работоспособности поляризованных двухпозиционных электромагнитных клапанов двигателей установок.....61

Кульков В.М., Егоров Ю.Г., Крайнов А.М., Шаханов А.Е., Ельников Р.В.
К вопросу проектирования малых космических аппаратов с маршевой электроракетной двигательной установкой для исследования окололунного пространства.....68

журнал является рецензируемым изданием

- журнал включен в базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), размещаемую на платформе НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКИ на сайте <http://www.elibrary.ru>
- журнал включен в перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК
- мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей
- редакция не несет ответственность за содержание рекламы
- рукописи не возвращаются
- при перепечатке материалов ссылка на «ВЕСТНИК ФГУП «НПО им. С.А. ЛАВОЧКИНА» обязательна
- плата с аспирантов за публикацию статей не взимается
- статьи журнала и требования к оформлению представленных авторами рукописей приведены на сайте журнала: <http://www.vestnik.laspaces.ru>
- подписной индекс 37156 в каталоге «ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ» (РОСПЕЧАТЬ) © ФГУП «НПО им. С.А. ЛАВОЧКИНА» © авторы статей

ежеквартальный научно-технический журнал издается с 2009 года

адрес редакции:
141400 Московская обл. г. Химки, ул. Ленинградская, д. 24
телефоны: (495) 573 23 61, (495) 573 54 69
факс: (495) 573 35 95, (495) 572 00 68
адрес электронной почты: VESTNIK@LSPACE.RU
адрес в интернете: <http://WWW.VESTNIK.LSPACE.RU>

главный редактор – д.т.н., профессор
К.М. Пичхадзе

заместитель главного редактора –
д.т.н., профессор
В.В. Ефанов

редакционная коллегия

к.т.н. **П.А. Грешилов**
В.М. Давыдов
д.т.н. **К.А. Занин**
к.э.н. **Х.Ж. Карчаев**
к.т.н. **М.Б. Мартынов**
к.т.н. **А.А. Моисеев**
д.т.н. **А.Е. Назаров**
к.э.н. **В.М. Романов**
А.В. Савченко
С.Н. Солодовников

редакционный совет

председатель – д.т.н., профессор
В.В. Хартов
чл.-корр. РАН **О.М. Алифанов**
д.ф.-м.н., профессор
В.В. Асмус
академик РАН **А.А. Боярчук**
д.т.н., профессор
Б.И. Глазов
академик РАН **Л.М. Зеленый**
чл.-корр. АНРТ **Х.И. Ибадинов**
д.т.н., профессор
А.А. Любомудров
академик РАН **М.Я. Маров**
д.т.н., профессор
Ю.А. Матвеев
д.т.н., профессор
В.Ю. Мелешко
д.ф.-м.н., чл.-корр. НАН Беларуси
О.Г. Пенязьков
академик РАН **Г.А. Попов**
д.т.н., профессор
В.Е. Усачов
д.т.н. **В.С. Финченко**
д.т.н., профессор
Е.Н. Хохлачев
чл.-корр. РАН **Б.М. Шустов**
академик НАН Украины
Я.С. Яцик

журнал является рецензируемым изданием

у ч р е д и т е л ь

ФГУП «НПО им. С.А. ЛАВОЧКИНА»
журнал зарегистрирован в Федеральной
службе по надзору в сфере связи
и массовых коммуникаций.
свидетельство ПИ № ФС77-35385
от 18 февраля 2009 г.

ISSN 2075-6941



13004



9 772075 694002

chief editor –
d.eng., professor *K.M. Pichkhadze*
deputy chief editor –
d.eng., professor *V.V. Efanov*

editorial board

c.sc. (ec.) *P.A. Greshilov*
V.M. Davidov
d.eng. *K.A. Zanin*
c.sc. (ec.) *K.Z. Karchayev*
c.sc. (eng.) *M.B. Martynov*
c.sc. (eng.) *A.A. Moiseev*
d.eng. *A.E. Nazarov*
c.sc. (ec.) *V.M. Romanov*
A.V. Savchenko
S.N. Solodovnikov

editorial council

chairman –
d.eng., professor *V.V. Khartov*
corresponding member RAN
O.M. Alifanov
doctor of physical and mathematical
sciences, professor *V.V. Asmus*
academician RAN
A.A. Boyarchuk
d.eng., professor *B.I. Glazov*
academician RAN
L.M. Zelenyi
corresponding member ANRT
H.I. Ibadinov
d.eng., professor *A.A. Lyubomudrov*
academician RAN
M.Y. Marov
d.eng., professor *Y.A. Matveev*
d.eng., professor *V.Y. Meleshko*
doctor of physical and mathematical
sciences, corresponding member
NASB *O.G. Penyzkov*
academician RAN
G.A. Popov
d.eng., professor *V.E. Usachov*
d.eng. *V.S. Finchenko*
d.eng., professor *E.N. Khokhlachev*
corresponding member RAN
B.M. Shustov
academician NASU
Ya.S. Yatskiy

**the journal is
a reviewed publication**

f o u n d e r
FSUE «LAVOCHKIN ASSOCIATION»
the journal is registered in
Federal Service for telecommunications
and mass media oversight.
certificate ПИ № ФС77-35385
dated february 18, 2009

t a b l e o f c o n t e n t s

Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.
Near-Earth space as an object of global monitoring.....4

Lomakin I.V., Martynov M.B., Pol V.G., Simonov A.V.
About implementation of exploration program of Solar System small bodies.....10

Nazarov A.E.
«13» problem for geostationary spacecraft.....18

Bychkov V.P.
New methods of measuring of SC antenna polarization parameters
using phase polarization diagram.....22

Birukov A.S., Kalinin V.I., Grinevich A.V., Markachev N.A.
Application of fracture mechanics principles for calculation
the pressurized structure durability by example of the propellant tank
of VEGA LV fourth stag.....29

Zanin K.A.
Quality analysis of image geolocation for space synthetic aperture radar.....34

Golomazov M.M., Finchenko V.S.
Aerodynamic design of descent vehicle in the Martian atmosphere
under «ExoMars» project.....40

Klyushnikov V.Yu., Kuznetsov I.I., Osadchenko A.S.
Methodical aspects of strategy elaboration of Launch Vehicle development
for SC injection to orbit.....47

Belonogov O.B.
Monoharmonical autointegrating method with local Fourier coefficients
smoothing for computing frequency response characteristics
of dynamic objects and rocket control systems.....53

Sentsov Ju.I., Sorokin S.V.
Comparative analysis of energy efficiency of some asteroids
controlling methods.....57

**Rikunich J.N., Sitnikov A.E., Alexandrov L.G., Barilyuk E.I.,
Zaionchkovskiy G.I.**
Research of serviceability reserve of engine installations two-position
polarized electromagnetic valves by energy criteria.....61

Kulkov V.M., Egorov Yu.G., Krainov A.M., Shakhanov A.E., Elnikov R.V.
On the issue of design of small spacecraft with sustainer electric
propulsion unit intended for near-moon exploration.....68

the journal is a reviewed publication

- the journal is included into data base «Russian Index of Scientific Citation» (RISC) located at ELECTRONIC SCIENTIFIC LIBRARY, internet link: <http://www.e-library.ru>
- the journal is in the list of editions, authorized by the SUPREME CERTIFICATION COMMITTEE OF THE RUSSIAN FEDERATION to publish the works of those applying for a scientific degree
- the opinion of editorial staff not always coincide with authors' viewpoint
- editorial staff is not responsible for the content of any advertisements
- manuscripts are not returned
- no part of this publication may be reprinted without reference to Space journal of FSUE «LAVOCHKIN ASSOCIATION»
- post-graduates have not to pay for the publication of articles
- magazine articles and features required of author manuscript design are available at Internet Site <http://www.vestnik.laspase.ru>
- subscription index 37156 in catalogue «GAZETY I JURNALY» (ROSPECHAT)
© FSUE «Lavochnik Association» © article writers

**scientific and technical quarterly journal
published since 2009**

editorial office address:
141400 Moscow region, Khimki, Leningradskaya str., 24
phone: (495) 573 23 61, (495) 575 54 69
fax: (495) 573 35 95, (495) 572 00 68
e-mail: VESTNIK@LSPACE.RU
internet: <http://WWW.VESTNIK.LSPACE.RU>

ОКОЛОЗЕМНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК ОБЪЕКТ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

NEAR-EARTH SPACE AS AN OBJECT OF GLOBAL MONITORING



И.В. Бармин,
профессор, доктор
технических наук,
член-корреспондент
РАН, академик РАКЦ,
МАН, президент РАКЦ,
ФГУП «ЦЭНКИ»,
Россия, Москва,
svj2@list.ru;
I.V. Barmin



В.П. Кулагин,
профессор, доктор
технических наук,
член-корреспондент
РАЕН, МИЭМНИУ
ВШЭ,
Россия, Москва,
kvp@miem.ru;
V.P. Kulagin



В.П. Савиных,
профессор, доктор
технических наук,
член-корреспондент
РАН, академик РАКЦ,
МАН, Московский
государственный
университет геодезии
и картографии,
Россия, Москва,
svj2@list.ru;
V.P. Savinykh



В.Я. Цветков,
профессор, доктор
технических наук,
доктор экономических
наук, академик РАКЦ,
svj2@list.ru;
V.Ya. Tsvetkov

В статье дается анализ околоземного космического пространства как специфического объекта глобального мониторинга. Рассматриваются состав и особенности околоземного космического пространства. Показано, что практически все земные поля и область активного освоения космоса человеком находятся в этой зоне.

Ключевые слова:
*космические исследования;
космическое пространство;
ближний космос;
планетология.*

ВВЕДЕНИЕ

В процессе своего развития человечество открывает все новые неизведанные области и делает их объектом исследования. Таким объектом исследования и новой средой обитания становится околоземное космическое пространство (ОКП). Особую актуальность приобретает исследование ОКП в аспекте глобального мониторинга (Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урличич Ю.М., 2010; Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К., 2012). В современную эпоху глобализации необходима новая стратегия освоения космоса. В рамках этой стратегии возникает необходимость более дифференцированного изучения космического пространства, одним из первых шагов на этом пути является выделение, изучение и освоение околоземного космического пространства.

The article analyzes the near-Earth space as a specific object of global monitoring. The paper describes the structure and characteristics of near-Earth space. It is shown that all of the earth's field and the area of active development of human space is in the area of near space.

Keywords:
*space exploration;
space;
near space;
planetology.*

1. Принципы глобального мониторинга

Современный глобальный мониторинг в значительной степени использует методы геоинформатики (Майоров А.А., 2012) и основан на геоинформационном мониторинге (Цветков В.Я., 2005). Глобальный мониторинг по отношению к Земле разделяют на внешний и внутренний. Внутренний мониторинг направлен на изучение поверхности Земли, внешний направлен в сторону, противоположную к Земле. Во внешнем мониторинге существует следующая иерархия: околоземной, геоиоцентрической и дальний космос (Tsvetkov V.Ya., 2012). Выделяют следующие ключевые характеристики современного мониторинга

(*Tsvetkov V.Ya.*, 2012): вид; объект; цель; поле; система; методы; технология.

Поле мониторинга – это область возможных объектов и явлений, для которых может быть применен данный вид мониторинга. Поле мониторинга определяется методами наблюдений и обработки и набором исходных данных. Чем шире набор технологий и методов, которые можно использовать при мониторинге, тем шире поле мониторинга. Объект мониторинга – это конкретный объект, за которым ведется наблюдение. Как объект мониторинга околоземное космическое пространство может быть рассмотрено с разных аспектов.

2. Аспекты рассмотрения ОКП

С точки зрения геофизики, ОКП – это несколько защитных оболочек Земли. С точки зрения развития человечества, ОКП – это ближний космос, который интенсивно осваивается человеком. С точки зрения геосферы, ОКП – надстройка геосферы, которая становится ее частью. С точки зрения создания единой координатной земной среды, ОКП – это расширение координатной земной системы, что особенно важно при координировании особо опасных космических объектов (*Егоров В.М., Цветков В.Я.*, 2012). В аспекте глобальной геосистемы ОКП – надстройка глобальной геосистемы, которая также становится ее частью. В аспекте познания ОКП – надстройка инфосферы (*Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Соловьев И.В.*, 2013), которая расширяет границы человеческого знания. В аспекте освоения космического пространства ОКП – это часть космического пространства, которая в большей степени освоена человечеством в сравнении с другими его частями (*Савиных В.П., Цветков В.Я.*, 2012). В аспекте пространственных полей ОКП – часть пространства, в которой расположены все земные поля (электрическое, гравитационное, магнитное). В аспекте геоинформационного пространства (*Лебедев В.В.*, 2005) ОКП – часть космического пространства, которая граничит с геоинформационным пространством.

3. Границы ОКП

Определение границ околоземного космического пространства необходимо для задач мониторинга, координирования этого пространства с земным, для навигации и других задач. Земная поверхность окружена воздушной оболочкой – атмосферой. ОКП граничит с земной атмосферой. В настоящее время нет четкого определения границ ОКП, поэтому авторы предлагают свой вариант, с включением прилегающих к ОКП пространств.

В таблице приведены зоны различных

пространств по отношению к Земле, в которых необходимо учитывать появление космических объектов.

таблица – Пространственные зоны непосредственного влияния на Земную цивилизацию

№	среда или пространство	дальняя граница
1	атмосфера	примерно 100 км от поверхности Земли
2	ОКП	примерно 51000 км от поверхности Земли или 9 Re земных радиусов от центра Земли
3	подлунное КП	орбита Луны более 60 Re
4	залунное КП	одна астрономическая единица примерно 21481 Re

Атмосферу условно (международным соглашением) определяют высотой 100 км над поверхностью Земли, хотя есть исследования, показывающие наличие атмосферы на высоте 214 км. Но 100 км высота трактуется как граница авиационных полетов, выше – космические полеты. Это расстояние может считаться нижней границей ОКП от поверхности Земли.

Если связывать ОКП с Землей, точнее с земной цивилизацией, то необходимо учитывать фактор присутствия человека в этом пространстве. Анализ этого фактора связывает верхнюю границу с высотой геостационарных спутников примерно 36000 км. Электрическое поле также попадает в эту зону 36000 км. Высокие эллиптические орбиты простираются до 47000 км. Поэтому зону ОКП определим от 100 км над поверхностью Земли до расстояния 8 Re (земных радиусов) над поверхностью Земли (примерно 51000 км) или 9 Re от центра. Таким образом, дальняя граница ОКП (по отношению к Земле) определяется сферой с центром в центре Земли с радиусом равным девяти земным радиусам от центра или восьми земным от поверхности.

В США космическое пространство принято делить на околоземное, долунное и залунное. Долунное космическое пространство (ДКП) простирается до орбиты Луны (384400 км или примерно 60 Re), залунное космическое пространство (ЗКП) определяется одной астрономической единицей (23481 Re).

Есть и другие оценки границы ОКП. В (*Новиков Л.С.*, 2006) границей ОКП обозначают пространство до орбиты Луны. На наш взгляд, такое пространство весьма неоднородно как по освоению его человеком, так и по содержанию различных полей Земли. Оценка, которая приводится в таблице, дает более однородные пространства по содержанию.

4. Что находится в ОКП?

В область ОКП попадает зона земного притяжения. По одним оценкам, это 930 км, по другим – 1500 км.

Подавляющее большинство космических средств сосредоточено в ОКП – в области низких орбит (около 60%). Спутники на низких орбитах (700-1500 км) обладают некоторыми преимуществами перед другими космическими аппаратами по энергетическим характеристикам, однако проигрывают в длительности сеансов связи, а также в общем сроке службы. Период обращения спутника в среднем, составляет 100 мин, при этом примерно 30% этого времени он пребывает на теневой стороне планеты. Аккумуляторные бортовые батареи способны испытать в год около 5000 циклов зарядки/разрядки. Как результат – срок их работы не превышает 5-8 лет.

Средневысотные орбиты располагаются между первым и вторым радиационными поясами, т.е. на высоте 5000-15000 км. Эти аппараты слабее геостационарных, поэтому для полного покрытия поверхности Земли необходима орбитальная группа из 8-12 спутников (например, Spaceway NGSO, ICO, «Ростелесат»); каждый спутник находится в зоне радиовидимости наземной станции недолго, примерно 1,5-2 ч.

Высокими орбитами считают геостационарные и высокие эллиптические орбиты. Геостационарные орбиты (круговые) используются чаще всего для размещения космических аппаратов. Они обладают существенными преимуществами: возможна непрерывная круглосуточная связь, а сдвиг частоты практически отсутствует. Геостационарные спутники располагаются на высоте около 36000 км над поверхностью Земли и вращаются синхронно с ней. Они как бы «зависают» над определенной точкой – «подспутниковой точкой». Однако, на самом деле, положение такого спутника не фиксировано. Он испытывает некоторый «дрейф» из-за ряда факторов, вследствие чего орбита со временем смещается. Высокая эллиптическая орбита (ВЭО) – это тип эллиптической орбиты, у которой высота в апогее (до 50000 км) во много раз превышает высоту в перигее (500 км).

К основным физическим свойствам и природным особенностям околоземного космического пространства можно отнести:

- гравитационное, магнитное и электрическое поле Земли;
- процессы в ионосфере Земли;
- глубокий космический вакуум;
- тепловое излучение;
- космические лучи и солнечное излучение;
- радиационные пояса Земли.
- космический мусор.

Рассмотрим влияние этих факторов на параметры орбиты космического аппарата.

4.1. Влияние гравитационного поля Земли

Фигура Земли представляет собой достаточно сложную поверхность, названную геоидом. до настоящего времени окончательно не определена, поэтому задача ее дальнейшего уточнения – предмет теории гравиметрии и теории фигуры Земли.

Возмущающее ускорение, вызванное гравитационным полем несферической Земли, составляет 1/656-ю долю g (*Большая Российская энциклопедия*, 2012). Для низких и высоких эллиптических орбит этот фактор играет определенную роль, поскольку космические аппараты (КА) то попадают в зону притяжения Земли (930 км), то выходят из нее.

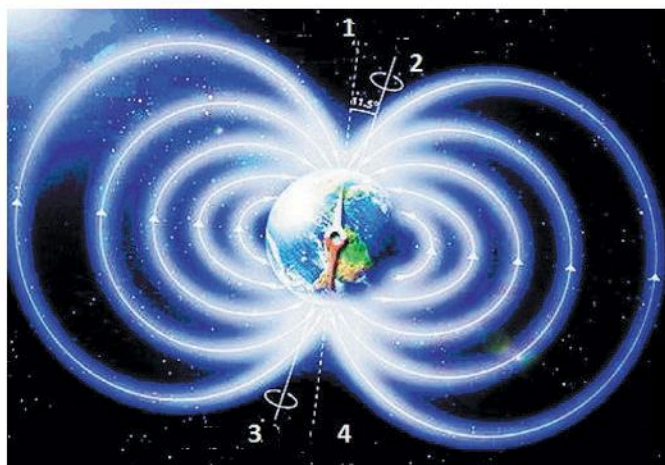
Анализ влияния возмущения на движение КА по эллиптической орбите показывает, что в среднем орбита не изменяет своих размеров и формы, т.е. остаются практически неизменными ее большая полуось, фокальный параметр, эксцентриситет и линейный эксцентриситет, высота апогея и перигея. Вместе с тем она постепенно поворачивается в пространстве вокруг оси, совпадающей с осью вращения Земли, и происходит вращение линии аспид (апогей–перигей), что существенно влияет на баллистическую устойчивость КА.

При формировании орбитальных группировок КА необходимо выбирать элементы орбит таким образом, чтобы максимально снизить воздействие гравитационного поля Земли на движение КА. Это позволит в конечном итоге обеспечить баллистическую устойчивость группировки в течение длительного времени и минимизировать необходимые для коррекции орбиты бортовые запасы топлива.

4.2. Влияние магнитного поля Земли

Магнитосфера Земли имеет сложную форму (см. рисунок). Со стороны, обращенной к Солнцу, расстояние до её границы варьируется в зависимости от интенсивности солнечного ветра и составляет около 70000 км (10-12 радиусов Земли R_e , где $R_e=6371$ км). Граница магнитосферы, или магнитопауза, со стороны Солнца по форме напоминает снаряд и, по приблизительным оценкам, находится на расстоянии около 15 R_e . С ночной стороны магнитосфера Земли вытягивается длинным цилиндрическим хвостом (магнитный хвост), радиус которого составляет около 20-25 R_e . Хвост вытягивается на значительное расстояние – намного большее, чем 200 R_e , и где он заканчивается – не известно (*Большая Российская энциклопедия*, 2012).

Источники магнетизма Земли находятся в



- 1 – Южный магнитный полюс;
 2 – географический Северный полюс;
 3 – географический Южный полюс;
 4 – Северный магнитный полюс.

рисунок. Магнитосфера Земли

основном в трех компонентах планеты: в ядре, коре и верхней атмосфере (Веселовский И.С., Кропоткин А.П., 2010). Магнитное поле с течением времени испытывает определенные изменения и возмущения. Регулярные изменения, подчиняющиеся определенной закономерности, называются невозмущенными вариациями. К ним относятся годовые лунно-суточные и солнечно-суточные невозмущенные вариации. Спорадические изменения магнитного поля Земли называют магнитными возмущениями.

Интенсивные возмущения носят название магнитных бурь, которые могут длиться от нескольких часов до нескольких суток и наблюдаются одновременно по всей Земле. С наибольшей интенсивностью они фиксируются в высоких широтах. Магнитные бури вызываются потоком солнечной плазмы из активных областей Солнца, накладывающимся на спокойный солнечный ветер. Магнитные бури представляют опасность для экипажей пилотируемых космических кораблей и функционирования бортовой аппаратуры.

Прогнозировать магнитные бури можно максимум за трое суток. За это время можно провести какие-либо практические действия с КА и экипажем, направленные на снижение (или исключение) воздействия потока высокоэнергетических частиц. Во время магнитных бурь существенно изменяются параметры слоев ионосферы, отражающей и поглощающей радиоволны. В результате возникают значительные помехи в области коротковолновой связи.

4.3. Влияние электрического поля Земли

Естественное электрическое поле Земли наблюдается в твердом теле Земли, в морях, в

атмосфере и магнитосфере. Оно обусловлено сложным комплексом геофизических явлений. Распределение потенциала поля несёт в себе определённую информацию о строении Земли, о процессах, протекающих в нижних слоях атмосферы, в ионосфере, магнитосфере, а также в ближнем межпланетном пространстве и на Солнце.

Наличие электрического поля в атмосфере Земли связано в основном с процессами ионизации воздуха и пространственным разделением возникающих при ионизации положительных и отрицательных электрических зарядов. Ионизация воздуха происходит под воздействием космических лучей, ультрафиолетового излучения Солнца, излучения радиоактивных веществ, имеющих на поверхности Земли и в воздухе, электрических разрядов в атмосфере и других факторов (Большая Российская энциклопедия, 2012). Земля относительно атмосферы заряжена отрицательно.

Электрические поля в ионосфере обусловлены процессами, протекающими как в верхних слоях атмосферы, так и в магнитосфере. Приливные движения воздушных масс, ветры, турбулентность – все это источники генерации электрического поля в ионосфере. Величина его напряженности зависит от местоположения точки, времени суток, общего состояния магнитосферы и ионосферы, активности Солнца. Сила тока при этом достигает сотен и тысяч ампер (Большая Российская энциклопедия, 2012).

Одним из непосредственных источников электрического поля в магнитосфере является солнечный ветер. В период магнитных бурь и полярных сияний электрические поля и токи в магнитосфере и ионосфере испытывают значительные изменения. Воздействие электрического поля Земли на функционирование КА проявляется в виде: электризации внешних поверхностей КА, нарушении функционирования бортовых систем, помех связи.

4.4. Влияние ионосферы Земли

Ионосфера простирается от мезосферы до высот порядка тысячи километров. Ионосфера представляет собой природное образование разряженной слабоионизированной плазмы, находящейся в магнитном поле Земли и обладающей благодаря своей высокой электропроводности специфическими свойствами, определяющими характер распространения в ней радиоволн и различных возмущений. При распространении радиоволн в ионосфере происходит их отражение, двойное лучепреломление, рассеивание и нелинейные эффекты.

В зависимости от плотности заряженных частиц в ионосфере выделяются слои: *D* (60-90 км),

E (90-120 км) и F (выше 130-140 км) (*Большая Российская энциклопедия*, 2012). Попадающая в ионосферу (анизотропную среду) волна испытывает двойное лучепреломление, т.е. расщепляется на две волны, различающиеся скоростью и направлением распространения, поглощением и поляризацией. По мере распространения двух волн накапливается сдвиг фаз между ними, вследствие чего поляризация результирующей волны в определенных условиях сохраняется, но плоскость поляризации при распространении поворачивается. В общем случае поляризация обеих волн эллиптическая.

Помимо регулярной зависимости электронной концентрации от высоты (регулярной ионосферы), в ионосфере происходят и случайные изменения концентрации. Ионосферный слой содержит большое число спорадических образований различного размера, которые находятся в постоянном движении и изменении, рассасываясь и возникая вновь. Это приводит при передаче сигнала к хаотическим изменениям принимаемого сигнала. Существование неоднородных образований приводит к рассеянию радиоволн на частотах, значительно превышающих максимальные частоты отражения от регулярной ионосферы. Неоднородные образования возникают в ионосфере также при прохождении через нее метеоритов.

Существуют особенности распространения радиоволн различного диапазона в ионосфере. В частности, их нижняя частота ограничена поглощением. Поэтому связь осуществляется в диапазоне коротких и в ночные часы – в диапазоне средних волн. Длинные и сверхдлинные волны практически не проникают в ионосферу, отражаясь от ее нижней границы.

Радиоволны звуковых частот могут просачиваться через ионосферу вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Распространяясь, волна уходит на расстояние, равное нескольким земным радиусам, а затем возвращается в сопряженную точку, расположенную в другом полушарии. Для инфразвуковых радиоволн с частотой меньше частоты ионов ионосфера ведет себя как нейтральная жидкость, движение которой описывается уравнениями гидродинамики. Таким образом, влияние ионосферы проявляется через воздействие на линии связи в виде помех и изменения сигналов.

4.5. Глубокий космический вакуум

Глубокий космический вакуум обуславливает: испарение поверхностных слоев КА в процессе сублимации; изменение оптических характеристик терморегулирующих мате-

риалов и бортовой аппаратуры; изменение условий теплопередачи КА с внешней средой; изменение поверхностных и объемных свойств материалов.

Сублимация может сказываться на работе бортовых радиоэлектронных устройств при наличии разности температур между различными контактирующими материалами. В условиях глубокого космического вакуума нельзя применять большинство смазочных материалов, используемых в наземных условиях, из-за их высокой скорости испарения.

К отрицательным явлениям, возникающим в условиях космического вакуума, можно отнести и адгезию («прилипание») поверхностных слоев двух разнородных жидких или твердых веществ при их соприкосновении). При этом возникают микроскопические трещины, коррозия; возрастает коэффициент трения; возможны случаи сваривания материалов в холодном состоянии.

К числу других отрицательных эффектов космического вакуума можно отнести утечку газов и паров как через неплотности в конструкциях, так и через стенки КА. В результате возникает «собственная внешняя атмосфера» космического аппарата.

4.6. Радиационные пояса Земли

Радиационные пояса Земли представляют собой области космического пространства, заполненные заряженными частицами, удерживаемыми магнитным полем Земли (*Большая Российская энциклопедия*, 2012). Значения потоков заряженных частиц в радиационных поясах Земли на несколько порядков превышают потоки космических лучей. Космические аппараты, функционирующие на высокоэллиптических и стационарных орбитах, проходят через два радиационных пояса Земли. Их воздействие сказывается на функционировании радиоэлектронной аппаратуры и влияет на состояние экипажа.

Кроме естественных, могут образовываться и искусственные радиационные пояса как результат высотных ядерных взрывов и испарений радиоактивных веществ в космосе.

Необходимо отметить правовые особенности использования ОКП. Оно не поддается разграничению с помощью естественных или искусственных границ.

В настоящее время в международном праве нет однозначного определения нижних границ околоземного космического пространства. Космическое и воздушное пространство разделяет диффузионный слой толщиной около 35 км, в котором орбитальный полет еще, а аэродинамический управляемый полет – уже – невозможен.

4.7. Космической мусор

В широком смысле под «космическим мусором» понимают «антропогенный» мусор, а также естественные космические объекты или их фрагменты, попавшие в сферу притяжения Земли и находящиеся в околоземном пространстве (Микиша А.М., Рыхлова Л.В., Смирнов М.А., 2001). Компоненты космического мусора являются опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты, особенно пилотируемые.

В некоторых случаях, крупные или содержащие на борту опасные (ядерные, токсичные и т.п.) материалы объекты космического мусора могут представлять прямую опасность и для Земли – при их неконтролируемом сходе с орбиты, неполном сгорании при прохождении плотных слоев атмосферы Земли и выпадении обломков на населенные пункты, промышленные объекты, транспортные коммуникации и т.п. Космический мусор фиксируется методами химического анализа, радиолокационными и оптическими.

В настоящее время существуют два пояса уплотнения (два кольца) космического мусора: один на высотах 850-1600 км над поверхностью Земли, другой на высоте геостационарных орбит около 38500 км.

заклучение

Таким образом, можно выделить следующие особенности околоземного космического пространства.

1. ОКП – это природная среда, постепенно формирующаяся как геотехническая система.
2. Важнейшей особенностью космической техники, используемой в ОКП, является необходимость ее функционирования в трех сферах – на земле, в воздухе и в космосе.
3. В процессе функционирования в космосе происходит испарение и постоянное стирание поверхностных слоев материалов корпуса КА; изменение оптических характеристик терморегулирующих покрытий и оптических материалов; превращение смазок в абразивный материал; электрические разряды на поверхности; пробой тонкостенных оболочек корпусов. Данные обстоятельства приводят к снижению надежности различных технических систем и сокращению срока активного существования их на орбите. Это позволяет говорить о том, что в космосе должны функционировать специфические средства, приспособленные к эффективным действиям в данной среде.
4. ОКП не поддается делению по государственной принадлежности, оно экстерриториально. Экстерриториальность космоса позволяет влиять на события, происходящие в любой точке

земного шара.

В целом околоземное космическое пространство является относительно «заполненным и активным» пространством. Оно требует дальнейшего исследования и в обозримом будущем становится пространством активной деятельности человека.

Интегральную оценку значения освоения космоса для достижения глобальных целей дал в 1964 году бывший президент США Линдон Джонсон: «Британцы господствовали на море и руководили миром. Мы господствовали в воздухе и были руководителями свободного мира с тех пор, как установили это господство. Теперь это положение займет тот, кто будет господствовать в космосе».

список литературы

Большая Российская энциклопедия: энциклопедический словарь. М.: Изд-во Большая Российская энциклопедия, 2012. 1519 с.

Веселовский И.С., Кропоткин А.П. Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: Университетская книга, 2010. 116 с.

Егоров В.М., Цветков В.Я. Координатное обеспечение международной аэрокосмической системы глобального мониторинга // Полет, 2012. № 4. С. 34-37.

Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К. Космические роботы для научных исследований // Наука в России, 2012. № 1. С. 4-14.

Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Соловьев И.В. и др. Инфосфера и инфология. М: ТОРУС ПРЕСС, 2013. 176 с.

Лебедев В.В. Геоинформационное пространство России // Вестник Российской академии наук, 2005. Т. 75, № 3. С.195-204.

Майоров А.А. Современное состояние геоинформатики // Инженерные изыскания, 2012. № 7. С. 12-15.

Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урличич Ю.М. Глобальные проблемы человечества и космос. М.: НИИ КС им. А.А. Максимова, 2010. 570 с.

Микиша А.М., Рыхлова Л.В., Смирнов М.А. Загрязнение космоса // Вестник Российской академии наук, 2001. Т. 71, № 1. С. 26-31.

Новиков Л.С. Основы экологии околоземного космического пространства. М.: Университетская книга, 2006. 84 с.

Савиных В.П., Цветков В.Я. Сравнительная планетология. М.: МИИГАиК, 2012. 84 с.

Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг // Геодезия и аэрофотосъемка, 2005. № 5. С. 151-155.

Tsvetkov V.Ya. Global Monitoring // European Researcher, 2012. Vol. 33, № 11-1. P. 1843-1851.

Статья поступила в редакцию 01.04.2013 г.