

НОВЫЕ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ
НПО ИМ. С.А. ЛАВОЧКИНА

ЭЛЕКТРО-Л №1

ЗАПУЩЕН 20 ЯНВАРЯ 2011 ГОДА
НА ВЫСОКОЭЛЛИПТИЧЕСКУЮ ОРБИТУ

ЭЛЕКТРО-Л №2

С УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ
ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРОЙ
ЗАПУСК ПЛАНИРУЕТСЯ В 2014 ГОДУ

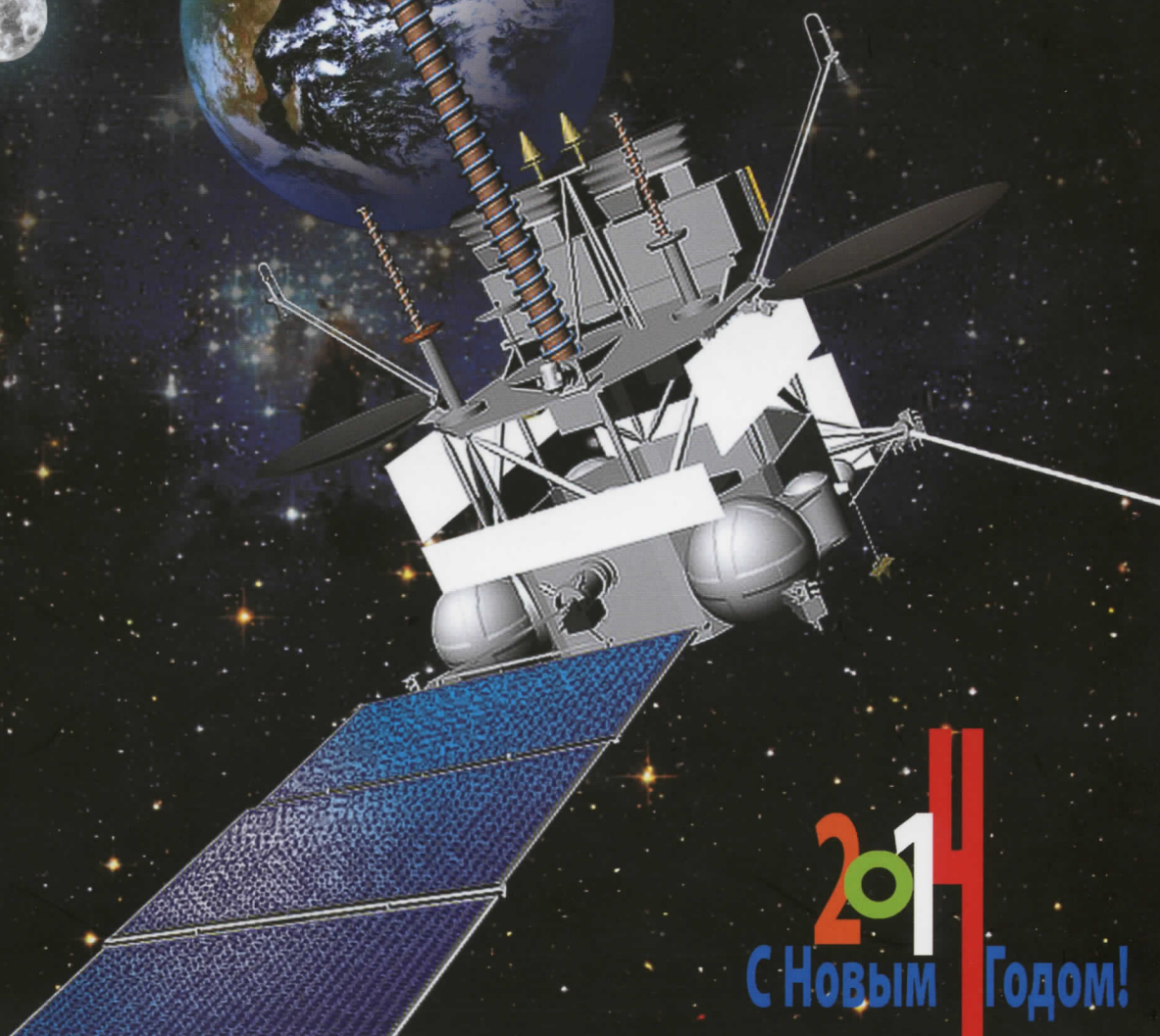
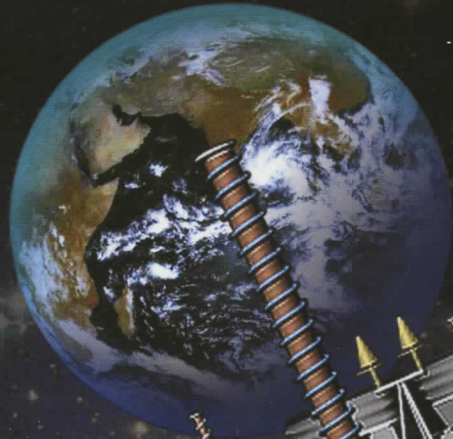
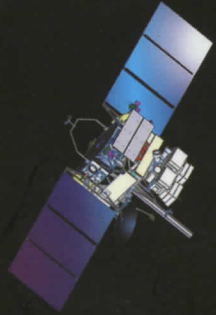
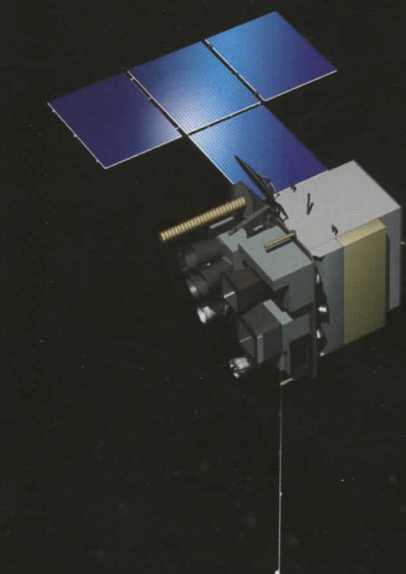
АРКТИКА-М

ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СЕВЕРНЫХ И ПОЛЯРНЫХ
РАЙОНОВ ЗЕМЛИ
ЗАПУСК ПЛАНИРУЕТСЯ
В КОНЦЕ 2015 ГОДА

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПУТНИК

ЭЛЕКТРО-М

ЗАПУСК НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ ОРБИТУ
ПЛАНИРУЕТСЯ В 2021 ГОДУ



2014
С Новым Годом!

с о д е р ж а н и е

Бармин И.В., Данхэм Д.У., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я.
Кольца мусора в околоземном пространстве.....4

Беляев Б.Б., Добрица Б.Т., Розин П.Е.
Метод повышения точности оценки вектора состояния при управлении угловым движением космического аппарата в режиме стабилизации.....11

Бирюков А.С., Добросовестнов К.Б., Пономарев К.Е.
Анализ параметров механики разрушения гибкого элемента топливного компенсатора с учетом нелинейности.....16

Шматов С.И., Мордвинкин А.С.
Возмущающее воздействие солнечного излучения на космический аппарат «Спектр-РГ» на рабочей орбите.....21

Гуревич Ю.А., Гусев П.И.
Совершенствование антенн эллиптической поляризации по массово-габаритным характеристикам.....26

Антропов Н.Н., Богатый А.В., Даньшов Ю.Т., Дьяконов Г.А., Любинская Н.В., Нечаев И.Л., Попов Г.А., Семенихин С.А., Тютин В.К., Харламов В.С., Яковлев В.Н.
Корректирующая двигательная установка с абляционным импульсным плазменным двигателем для малых космических аппаратов.....33

Ершов А.Г.
Настройка и юстировка встроенного устройства калибровки астродатчика для автоматических космических аппаратов.....38

Константинов М.С., Орлов А.А.
Оптимизация траектории перелёта космического аппарата с малой тягой для исследования Юпитера с использованием гравитационного манёвра у Земли.....42

Улыбышев С.Ю.
Анализ траекторий наведения пилотируемого возвращаемого аппарата в заданные районы посадки при аварии ракеты-носителя.....47

Лишевский А.Э., Бенгин В.В.
Методика краткосрочного прогноза динамики накопления поглощенной дозы на международной космической станции по данным системы радиационного контроля.....54

Тимофеев А.Н., Асюшкин В.А., Грешилов П.А., Цвелев В.М., Потапова Т.К., Баженов О.П.
Уникальный упрочнитель – борное волокно и его применение в космических конструкциях.....60

Шибалов М.В., Ананьев А.И., Шутова А.С., Силиванчик В.Б.
Сравнительное исследование эффективности традиционной и компьютерной радиографии при оценке качества продукции ракетно-космической промышленности.....64

Матвеев Ю.А., Кудрявцев С.В., Примаков П.В.
Концепция образовательной деятельности ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина».....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 «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) 575 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

К.А. Занин

д.т.н.

Х.Ж. Карчаев

к.э.н.

М.Б. Мартьянов

к.т.н.

А.А. Мошнеев

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. Яцкив

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 № ФС77-55759
от 28 октября 2013 г.

ISSN 2075-6941



13005



9 772075 694002

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

e d i t o r i a l b o a r d

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. Moisehev**
d.eng. **A.E. Nazarov**
c.sc. (ec.) **V.M. Romanov**
A.V. Savchenko
S.N. Solodovnikov

e d i t o r i a l c o u n c i l

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. Penyazkov**
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. Yatskiv

**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 № ФС77-55759
dated October 28, 2013

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

Barmin I.V., Dunham D.W., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.
Debris rings in the near-Earth space.....4

Belyaev B.B., Dobritsa B.T., Rozin P.E.
Method for increasing the accuracy of the state vector estimation while
controlling the angular motion of the spacecraft in the stabilization mode.....11

Biryukov A.S., Dobrosovestnov K.B., Ponomarev K.E.
Analysis of fracture mechanics parameters for fuel compensator
flexible element considering nonlinearity.....16

Shmatov S.I., Mordvinkin A.S.
Perturbing effect of solar radiation on «Spektr-RG» spacecraft
in operational orbit.....21

Gurevich Yu.A., Gusev P.I.
Enhancement of elliptical polarization antennas in terms
of mass-dimensional parameters.....26

**Antropov N.N., Bogatyy A.V., Danshov Yu.T., Dyakonov G.A.,
Lyubinskaya N.V., Nechayev I.L., Popov G.A., Semenikhin S.A.,
Tyutin V.K., Kharlamov V.S., Yakovlev V.N.**
Correcting Propulsion System with Ablative Pulsed
Plasma Thruster for Small Spacecraft.....33

Ershov A.G.
Adjustment and alignment of star tracker internal calibration
device for unmanned spacecraft.....38

Konstantinov M.S., Orlov A.A.
Trajectory optimization of low-thrust Spacecraft for Jupiter research
using Earth gravity assist maneuver.....42

Ulybyshev S.Y.
The analysis trajectories of guidance for the crew module
to landing preset areas an emergency the launch vehicle.....47

Lishnevskii A.E., Benghin V.V.
Method for short-term forecast of absorbed doze accumulation
dynamics at International Space Station based
on radiation monitoring system data.....54

**Timofeev A.N., Asiyshkin V.A., Greshilov P.A.,
Tsvelev V.M., Potapova .T.K., Bazhenova O.P.**
Unique reinforcer – boron filament and its application in space structures.....60

Shibalov M.V., Ananyev A.I., Shutova A.S., Silivanchik V.B.
Comparative study of efficiency of conventional
and computerized radiography while making assessment
of quality of rocket-and-space industry products.....64

Matveev Yu.A., Kudryavtsev S.A., Primakov P.V.
Concept of educational activities at Lavochkin Association.....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.elibrary.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 «VESTNIK «NPO IM. S.A. LAVOCHKINA»
- 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.laspace.ru>
- subscription index 37156 in catalogue «GAZETY I JURNALY» (ROSPECHAT)
© FSUE «Lavochkin 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@LASPACE.RU
internet: <http://WWW.VESTNIK.LASPACE.RU>

КОЛЬЦА МУСОРА В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

И.В. Бармин,
профессор, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, академик РАКЦ, МАА, Президент РАКЦ, ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры», Россия, Москва, cvj2@list.ru;
I.V. Barmin

В.П. Савиных,
профессор, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, академик РАКЦ, МАА*,
cvj2@list.ru;
V.P. Savinykh**

Д.У. Данхэм,
профессор, доктор наук в области астрономии, Лаборатория Прикладной Физики Университета имени Джона Хопкинса, США, Балтимор, штат Мэриленд,
david-dunham@kinetx.com;
D.W. Dunham

В.Я. Цветков,
профессор, доктор технических наук, доктор экономических наук, академик РАКЦ*,
cvj2@list.ru;
V.Ya. Tsvetkov**

В статье рассмотрена проблема образования космического мусора как скопления малых небесных тел в околоземном космическом пространстве. Описаны причины появления мусора в околоземном пространстве. Показано, что скопление мусора представляет собой кольцевые структуры. Анализируется статистика образования мусора и его пространственное распределение. Выдвигается гипотеза образования колец мусора в околоземном пространстве.

Ключевые слова: космические исследования; космическое пространство; малые небесные тела; кольца мусора.

ВВЕДЕНИЕ

11 января 2007 года (*Космический мусор*, 2013) на высоте 865 км китайская ракета уничтожила отработавший свой срок китайский спутник «Феньюнь», столкнувшись с ним встречным курсом (международный индекс 199-025A). В результате появилось 2989 новых обломков размером в несколько сантиметров и более. Это самая большая космическая авария в околоземном пространстве за последние годы. Она идентифицируется как умышленная.

Второй по числу осколков является авария российского спутника (международный индекс 1993-036A) (*Orbital Debris Management and Risk Mitigation – NASA*, 2013). 10 февраля 2009 года на высоте около 790 километров над северной частью Сибири зафиксирован первый случай столкновения двух искусственных спутников в космосе. Спутник связи «Космос-2251», запущенный в 1993 году и выведенный из эксплуатации, столкнулся с коммерческим спутником американской компании спутниковой связи Иридиум. В результате столкновения образовалось около 1371 обломков, большая часть

* Московский государственный университет геодезии и картографии, Россия, г. Москва.

DEBRIS RINGS IN THE NEAR-EARTH SPACE

В.П. Кулагин,
профессор, доктор технических наук, академик Российской Академии естественных наук, Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики, Россия, Москва,
kvp@miem.ru;
V.P. Kulagin

The article considers a problem of space debris formation as accumulation of small space bodies in the near-Earth space.

Causes of their appearing in the near space are also described. It is shown that the debris accumulation presents a ring structure.

The article reviews a statistics of debris formation and their spatial distribution and also hypothesizes about debris rings formation in the near-Earth space.

Key words: space research; space; small space bodies; debris rings.

которых останется на прежней орбите. Она идентифицируется как случайная.

Не продолжая перечень фактов, отметим главное: важной является не только проблема наличия космического мусора, но и проблема его увеличения, соответственно увеличивающего опасность и риски космических полетов.

В утилитарном плане к космическому мусору относят «все, что летает» без всякой пользы (*Orbital Debris Management and Risk Mitigation – NASA*, 2013). В научном плане, к объектам космического мусора искусственного и естественного происхождения может быть применен термин «малые небесные тела».

1. Состояние проблемы

Появление малых небесных тел нового типа искусственного происхождения определяет новую область исследования космического пространства. Астрономы определяют эту область как специ-

** Moscow State University of Surveying and Cartography, Russia, Moscow.

фическую область астрономии, которая является промежуточной между метеорной астрономией и планетной астрономией, изучающей вещество Солнечной системы за пределами так называемой сферы действия Земли. Экологи определяют эту область как новую зону экологического изучения, лежащую за пределами Земли в околоземном космическом пространстве.

Первые исследования в систематическом слежении за объектами, находящимися в околоземном космическом пространстве (ОКП), были предприняты военными в СССР и США в рамках решения задач противоракетной и противокосмической обороны.

В обеих странах были созданы системы контроля околоземного пространства, оснащенные радарными дальнего обнаружения и оптическими инструментами. Задачи служб контроля состояла в обнаружении, позиционировании, сопровождении, получении изображений объектов, их идентификации и анализе информационной ситуации (*Tsvetkov V. Ya.*, 2012).

Сейчас службами контроля космоса зафиксировано и непрерывно отслеживается более 10 тыс. объектов, находящихся в ОКП. В основном это довольно крупные тела размером более 10 см. Около 8 тыс. объектов занесены в официальные каталоги. Действующие спутники (около 500) составляют лишь незначительную часть общего числа каталогизированных объектов на околоземных орбитах.

2. Анализ проблемы

Актуальность проблемы малых небесных тел, создающих космический мусор возрастает и требует все большего внимания и конкретных мер.

В узком смысле под космическим мусором понимают антропогенный мусор, т.е.:

- все искусственные объекты, которые не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям;
- фрагменты или осколки в околоземном пространстве.

В широком смысле под космическим мусором понимают как антропогенный мусор, так и естественные космические объекты или их фрагменты, попавшие в сферу притяжения Земли и находящиеся в околоземном пространстве. 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. (рисунок 1).

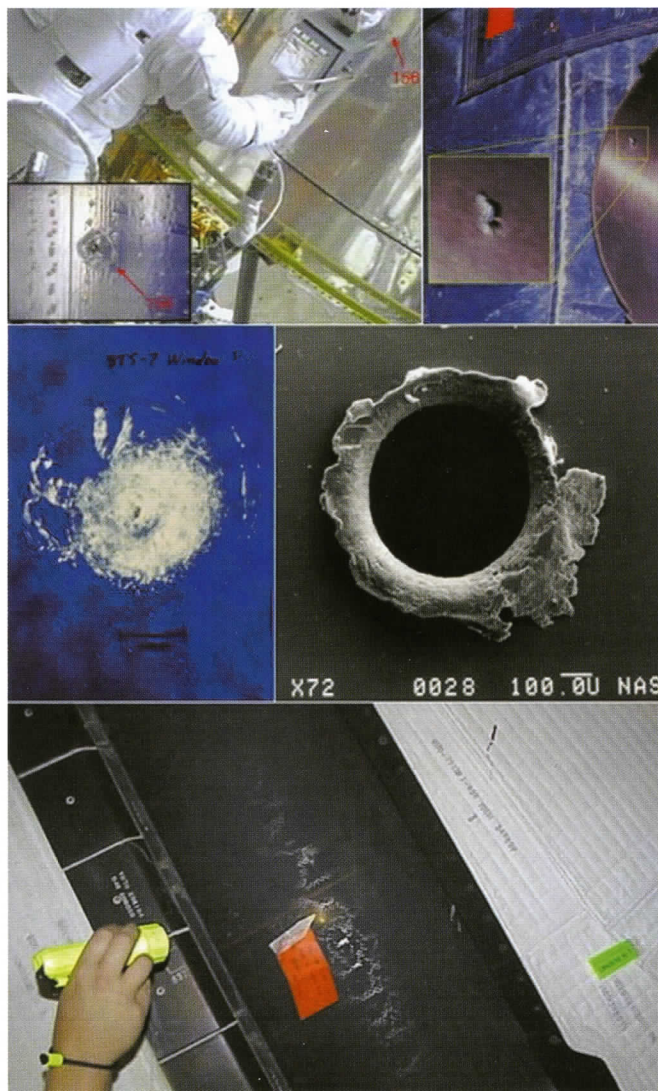


рисунок 1. Результаты столкновений космических аппаратов с космическими осколками (NASA/JSC Orbital Debris Program Office)

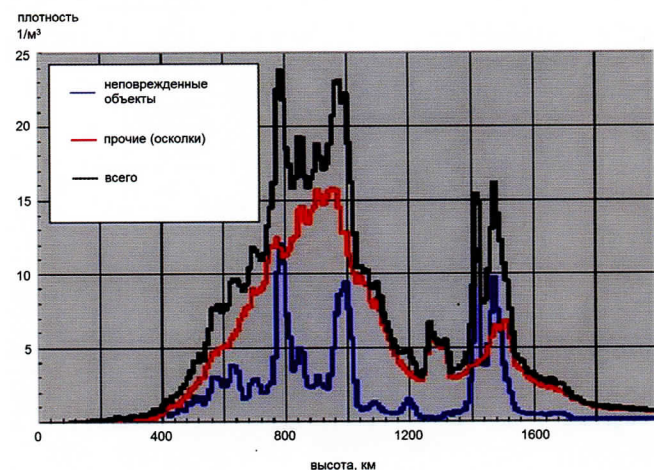
Проблема засорения околоземного космического пространства космическим мусором как чисто теоретическая возникла сразу после запусков первых искусственных спутников Земли в конце 50-х годов.

Официальный статус эта проблема получила после доклада Генерального секретаря ООН под названием «Воздействие космической деятельности на окружающую среду» 10 декабря 1993 г., где было отмечено, что проблема имеет международный, глобальный характер: нет засорения национального околоземного космического пространства, есть засорение космического пространства Земли, одинаково влияющее на все страны, прямо или косвенно участвующие в его освоении (*Микуша А.М., Рыхлова Л.В., Смирнов М.А.*, 2001).

Распределение космического мусора по высоте неоднородно, это связано с характером его происхождения.

Распределение плотности космического мусора в зависимости от удаления орбит от Земли (материалы из отчета *National Aeronautics and Space*

Administration Lyndon B. Johnson Space Center Houston, TX 77058 2004 г.) показано на рисунке 2.



рисунк 2. Распределение космического мусора по высоте в расчете количество единиц на кубический метр

На рисунке приведены пересчитанные (по сравнению с первоисточником) (Малинников В.А., Савиных В.П., Цветков В.Я., 2009) данные упомянутого отчета, т.е. представлены данные не на куби-

ческий километр, а на кубический метр. По вертикали показано распределение количества единиц мусора на кубический метр, по горизонтали — расстояние в километрах. Очевидно, что при более чем 20 единицах мусора на 1 кубический метр столкновение космического аппарата с ним неизбежно. Данные приведены только по низкоорбитальным полетам.

Обращает на себя внимание слоистость распределения. По данным NASA, 37,7% мусора образовалось в результате аварий спутников и космических аппаратов.

В настоящее время вокруг нашей планеты вращается около 70-150 тысяч объектов размером от 1 до 10 см, частиц же менее 1 см в диаметре — миллионы.

Для оценки массы космического мусора воспользуемся статистикой аварий, которая ведется в NASA с 1961 года.

В таблице приведены данные об авариях на спутниках: указана страна, которой принадлежит спутник, масса спутника, даты запуска и аварии и параметры орбиты.

В таблице в статистике NASA для позиций 12-13 «Космос U-1, U-2» не указана масса. Примем ее минимальной для аппаратов этого класса, равной 400 кг.

таблица – Перечень аварий (1961-1998), засоряющих орбитальное пространство

№	название	страна	масса, кг	дата запуска	дата аварии	апогей, км	перигей, км	наклонение, град
1	TRANSIT 4A R/B	США	625	29.06.1961	29.06.1961	995	880	66.8
2	SPUTNIK 29	СССР	1500	24.10.1962	29.10.1962	260	200	65.1
3	ATLAS CENTAUR 2	США	4600	27.11.1963	27.11.1963	1785	475	30.3
4	Космос 50	СССР	4750	28.10.1964	05.11.1964	220	175	51.2
5	Космос 57	СССР	5500	22.02.1965	22.02.1965	425	165	64.8
6	Космос 61-63 R/B	СССР	1600	15.03.1965	15.03.1965	1825	260	56.1
7	OV2-1/LCS2 R/B	США	2555	15.10.1965	15.10.1965	790	710	32.2
8	Космос 95	СССР	400	04.11.1965	15.01.1966	300	180	48.4
9	OPS 3031	США	4	15.02.1966	15.02.1966	270	150	96.5
10	GEMINI 9 ATDAR/B	США	3400	01.06.1966	06.1966	275	240	28.8
11	AS-203	США	26600	05.07.1966	05.07.1966	215	185	32.0
12	Космос U-1	СССР	NA	17.09.1966	17.09.1966	855	140	49.6
13	Космос U-2	СССР	NA	02.11.1966	02.11.1966	885	145	49.6
14	Космос 199	СССР	5500	16.01.1968	24.01.1968	355	200	65.6
15	APOLLO 6 R/B	США	30000	04.04.1968	13.04.1968	360	200	32.6
16	Космос 249	СССР	1400	20.10.1968	20.10.1968	2165	490	62.3
17	Космос 252	СССР	1400	01.11.1968	01.11.1968	2140	535	62.3
18	Космос 248	СССР	1400	19.10.1968	01.11.1968	545	475	62.2
19	МЕТЕОР 1-1 R/B	СССР	1440	26.03.1969	28.03.1969	850	460	81.2
20	INTELSAT 3F-5 R/B	США	1100	26.07.1969	26.07.1969	5445	270	30.4
21	OPS 7613 R/B	США	600	30.09.1969	04.10.1969	940	905	70.0
22	NIMBUS 4 R/B	США	600	08.04.1970	17.10.1970	1085	1065	99.9
23	Космос 374	СССР	1400	23.10.1970	23.10.1970	2130	530	62.9
24	Космос 375	СССР	1400	30.10.1970	30.10.1970	2100	525	62.8
25	Космос 397	СССР	1400	25.02.1971	25.02.1971	2200	575	65.8

26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73

26	Космос 462	СССР	1400	03.12.1971	03.12.1971	1800	230	65.7
27	Салют 2 R/B	СССР	4000	03.04.1973	03.04.1973	245	195	51.5
28	Космос 554	СССР	6300	19.04.1973	06.05.1973	350	170	72.9
29	NOAA 3 R/B	США	840	06.11.1973	28.12.1973	1510	1500	102.1
30	Космос 699	СССР	3000	24.12.1974	17.04.1975	445	425	65.0
31	LANDSAT1 R/B	США	800	23.07.1972	22.05.1975	910	635	98.3
32	PAGEOS	США	55	24.06.1966	12.07.1975	5170	3200	85.3
33	NOAA 4 R/B	США	900	15.11.1974	20.08.1975	1460	1445	101.7
34	Космос 758	СССР	5700	05.09.1975	06.09.1975	325	175	67.1
35	Космос 777	СССР	3000	29.10.1975	25.01.1976	440	430	65.0
36	LANDSAT 2 R/B	США	900	22.01.1975	09.02.1976	915	740	97.8
37	Космос 844	СССР	5700	22.07.1976	25.07.1976	355	170	67.1
38	Космос 886	СССР	1400	27.12.1976	27.12.1976	2295	595	65.8
39	Космос 884	СССР	6300	17.12.1976	29.12.1976	320	170	65.0
40	Космос 862	СССР	1250	22.10.1976	15.03.1977	39645	765	63.2
41	Космос 838	СССР	3000	02.07.1976	17.05.1977	445	415	65.1
42	HIMAWARI 1 R/B	США	900	14.07.1977	14.07.1977	2025	535	29.0
43	Космос 839	СССР	650	08.07.1976	29.09.1977	2100	980	65.9
44	Космос 931	СССР	1250	20.07.1977	24.10.1977	39665	680	62.9
45	Космос 970	СССР	1400	21.12.1977	21.12.1977	1140	945	65.8
46	NOAA 5 R/B	США	900	29.07.1976	24.12.1977	1520	1505	102.0
47	Космос 903	СССР	1250	11.04.1977	08.06.1978	39035	1325	63.2
48	ЭКРАН 2	СССР	1750	20.09.1977	25.06.1978	35800	35785	0.1
49	Космос Ю 30	СССР	1250	06.09.1978	10.10.1978	39760	665	62.8
50	Космос 880	СССР	650	09.12.1976	27.11.1978	620	550	65.8
51	Космос 917	СССР	1250	16.06.1977	30.03.1979	38725	1645	62.9
52	Космос 1124	СССР	1250	28.08.1979	09.09.1979	39795	570	63.0
53	Космос 1094	СССР	3000	18.04.1979	17.09.1979	405	380	65.0
54	Космос 1 Ю 9	СССР	1250	27.06.1979	02.1980	39425	960	63.3
55	CAT R/B	ESA	1400	24.12.1979	04.1980	33140	180	17.9
56	Космос 1174	СССР	1400	18.04.1980	18.04.1980	1660	380	66.1
57	LANDSAT 3 R/B	США	900	05.03.1978	27.01.1981	910	900	98.8
58	Космос 1261	СССР	1250	31.03.1981	04.1981	39765	610	63.0
59	Космос 1191	СССР	1250	02.07.1980	14.05.1981	39255	1110	62.6
60	Космос 1167	СССР	3000	14.03.1980	15.07.1981	450	355	65.0
61	Космос 1275	СССР	800	04.06.1981	24.07.1981	1015	960	83.0
62	Космос 1305 R/B	СССР	1100	11.09.1981	11.09.1981	13795	605	62.8
63	Космос 1247	СССР	1250	19.02.1981	20.10.1981	39390	970	63.0
64	Космос 1285	СССР	1250	04.08.1981	21.11.1981	40100	720	63.1
65	NIMBUS 7 R/B	США	900	24.10.1978	26.12.1981	955	935	99.3
66	Космос 1260	СССР	3000	20.03.1981	08.05.1982	750	450	65.0
67	Космос 1220	СССР	3000	04.11.1980	20.06.1982	885	570	65.0
68	Космос 1306	СССР	3000	14.09.1981	12.07.1982	405	380	64.9
69	Космос 1286	СССР	3000	04.08.1981	29.09.1982	325	300	65.0
70	Космос 1423 R/B	СССР	1100	08.12.1982	08.12.1982	425	235	62.9
71	Космос 1217	СССР	1250	24.10.1980	12.02.1983	38830	1530	65.2
72	Космос 1481	СССР	1250	08.07.1983	09.07.1983	39225	625	62.9
73	Космос 1355	СССР	3000	29.04.1982	08.08.1983	395	360	65.1

119	Космос 2225	РФ	6000	22.12.1992	18.02.1993	280	225	64.9
120	Космос 2237 R/B	РФ	9000	26.03.1993	28.03.1993	850	840	71.0
121	TELECOM 2B/INMARSAT 2 R/B	ESA	1800	15.04.1992	21.04.1993	34080	235	4.0
122	Космос 2243	РФ	5700	27.04.1993	27.04.1993	225	180	70.4
123	Космос 2259	РФ	5700	14.07.1993	25.07.1993	320	175	67.1
124	Космос 1484	СССР	1800	24.07.1983	18.10.1993	595	550	97.5
125	Космос 2262	РФ	6000	07.09.1993	18.12.1993	295	170	64.9
126	CLEMENTINE R/B	США	2860	25.01.1994	07.02.1994	295	240	67.0
127	OPS 9331-34 R/B	США	2555	01.07.1967	08.02.1994	33675	33250	11.7
128	ASTRA 1B/МОР2R/B	ESA	1760	02.03.1991	27.04.1994	17630	205	6.8
129	Космос 2133 ULLAGE MOTOR	СССР	55	12.02.1991	07.05.1994	21805	225	46.6
130	Космос 2204-06 ULLAGE MOTOR	РФ	55	30.07.1992	08.11.1994	19035	480	64.8
131	RS-15 R/B	РФ	3100	26.12.1994	26.12.1994	2200	1880	64.8
132	ETS-VI R/B	Япония	3000	28.08.1994	31.03.1995	4840	100	28.6
133	ELEKTRO ULLAGE MOTOR	РФ	55	31.10.1994	11.05.1995	35465	155	46.9
134	Космос 2282 ULLAGE MOTOR	РФ	55	06.07.1994	21.10.1995	34930	280	47.0
135	ГОРИЗОНТ 22 ULLAGE MOTOR	СССР	55	23.11.1990	14.12.1995	13105	170	46.5
136	РАДУГА33 R/B	РФ	2600	19.02.1996	19.02.1996	36505	240	48.7
137	ITALSAT 1/EUTELSAT 2 F2 R/B	ESA	1760	15.01.1991	04.05.1996	30930	235	6.7
138	STEP II R/B	США	97	19.05.1994	03.06.1996	820	585	82.0
139	CERISE	Франция	50	07.07.1995	24.07.1996	675	665	98.1
140	Космос 1883-85 ULLAGE MOTOR	СССР	55	16.09.1987	01.12.1996	19120	335	64.9
141	ЭКРАН ULLAGE MOTOR	СССР	55	27.12.1987	22.05.1997	22975	310	46.6
142	Космос 2313	РФ	3000	08.06.1995	26.06.1997	325	210	65.0
143	Космос 2343	РФ	6000	15.05.1997	16.09.1997	285	225	65.0
144	Космос 1869	РФ	1900	16.07.1987	27.11.1997	635	605	83.0
145	Космос 1172	СССР	1250	12.04.1980	23.12.1997	5125	75	61.8
146	ASIASAT 3 R/B	РФ	2600	24.12.1997	25.12.1997	35995	270	51.0
147	МОЛНИЯ 3-16	СССР	1600	09.06.1981	05.02.1998	7670	85	62.1
148	ELEKTRON 1/2R/B	СССР	1440	30.01.1964	13.02.1998	56315	90	56.2
149	МЕТЕОР 2-16 R/B	СССР	1360	18.08.1987	15.02.1998	960	940	82.6
150	SKYNET 4B/ASTRA 1A R/B	ESA	1760	11.12.1988	17.02.1998	35875	435	7.3
151	COMETS R/B	Япония	3000	21.02.1998	21.02.1998	1880	245	30.0
152	Космос 2109-11 ULLAGE MOTOR	СССР	55	08.12.1990	14.03.1998	18995	520	65.1
153	Космос 1987-89 ULLAGE MOTOR	СССР	55	10.01.1989	03.08.1998	19055	340	64.9

Анализ таблицы показывает, что с 1961 года по 1998 масса космического мусора только за счет зарегистрированных аварий спутников составила 387856 кг. В пересчете на массу общего количества мусора эта величина на начало 1999 года составляла 1028796 кг. В расчете на год масса мусора увеличивается на 27 тонн в год.

Какими методами фиксируются скопления космического мусора? Это химический анализ, радиоло-

кационный и оптический.

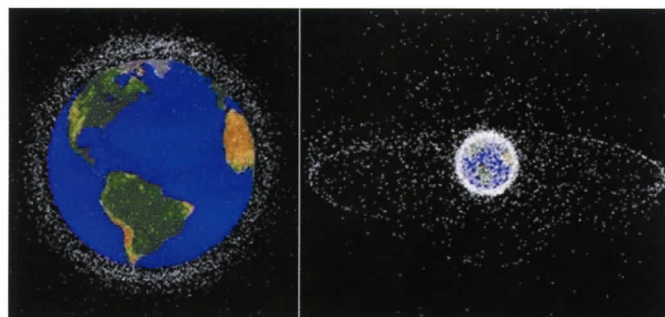
Какие проблемы не учитываются при современном контроле космического мусора?

Первая проблема более обсуждаема. Это «очистка космических трасс» Основная цель борьбы с космическим мусором в рамках этой проблемы – устранение его с дороги космических аппаратов в основном путем сжигания в атмосфере или сбрасывания на поверхность Земли. То, что такой подход

может нанести вред поверхности Земли и экологии в целом, специалистов по освоению космического пространства волнует мало.

Вторая проблема – проблема возможной неустойчивости одних орбит нахождения мусора и его концентрации на неких определенных устойчивых орбитах (Малинников В.А., Савиных В.П., Цветков В.Я., 2009). Эта проблема пока широко не обсуждается. Математически показано, что при наличии кратности частоты вращения тела с частотой вращения Земли возникает резонансный эффект. Земля «захватывает» объект в поле ее тяготения и «сбивает» его с неустойчивой орбиты на устойчивую. Этот эффект пока мало исследован. Однако теория показывает, что это приведет к формированию неких колец из мусора подобно кольцам Сатурна.

Траектории космического мусора вокруг Земли приведены на рисунке 3.



рисунки 3. Траектории космического мусора на низких и высоких орбитах

На снимке слева – тела, обитающие от самых низких орбит до высоты 2 тысячи километров, справа – объекты в районе геосинхронной орбиты.

Прослеживаются «кольца», однако пока этот вопрос относится к сфере теории, практики им не занимаются.

Не все космические кольца имеют чисто космическое происхождение. С начала 90-х годов было выявлено уплотнение мелких частиц (с помощью инфракрасной съемки) на орбитах вблизи 100-900 километров с 65-градусным наклоном. Эти частицы являются результатом активной деятельности ядерных реакторов (*Orbital Debris Management and Risk Mitigation – Nasa, 2013*), т.е. результатом наземной деятельности человека.

3. Гипотеза

Анализ движения ИСЗ в поле тяготения привел к выводу о наличии неких потенциальных ям, которые служат основой скопления мусора.

А.А. Багровым (Багров А.А., 2008) исследованы вопросы неустойчивости траекторий ИСЗ в гравитационном поле Земли; им проведено определение амплитуд и периодов резонансных возмущений в области сепаратрис; доказана и получена зависимость движения ИСЗ в области сепаратрисы.

Для динамических систем с размерностью фазового пространства больше двух устойчивые и неустойчивые многообразия седловых состояний равновесия и (или) седловых предельных циклов называются многомерными сепаратрисами или сепаратрисными многообразиями. Многомерные сепаратрисы могут разделять фазовое пространство на области притяжения различных аттракторов

В ходе изучения вопросов *неустойчивости* траекторий ИСЗ А.А. Багров прежде всего исследовал неустойчивость орбит ИСЗ. Полученные им результаты можно перенести на вопросы *устойчивости* движения любых небесных тел в гравитационном поле: наличие двух зон устойчивых колец космического мусора может свидетельствовать о наличии двух аттракторов в околоземном пространстве; один из механизмов образования неустойчивости или устойчивости – резонансные явления в гравитационном поле.

ВЫВОДЫ

Проблема космического мусора признается всеми странами. Однако в этой области преобладает сугубо технический подход, который сводится к фиксации и подсчету числа тел, образующих мусор, и их массе.

Практически не ведутся работы по анализу устойчивых и неустойчивых орбит, на которых скапливается мусор. Это требует внимания со стороны научной общественности и проведения исследований в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багров А.А. Разработка методики по использованию острорезонансной теории движения ИСЗ для уточнения параметров геопотенциала: дис. канд. техн. наук: специальность 25.00.32 – Геодезия. М.: МИИГАиК, 2008. 164 с.

Космический мусор. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 01.04.2013).

Малинников В.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Космическая экология: космический мусор в околоземном пространстве // Международная научно-техническая конференция, посвященная 230 летию МИИГАиК: сб. М.: МИИГАиК. 2009. С. 105-106.

Мукиша А.М., Рыжова Л.В., Смирнов М.А. Загрязнение космоса // Вестник РАН. 2001. Т. 71, № 1. С. 26-31.

Orbital Debris Management and Risk Mitigation – NASA. URL: http://www.valador.com/wp-content/themes/agivee_valador/publications/pdf/ODM_iBook.pdf (дата обращения: 09.05.2013).

Tsvetkov V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. 2012. V. 36, № 12-1. P. 2166-2170.

Статья поступила в редакцию 23.08.2013 г.