

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

Международное совещание

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ПРОЕКТА «ЧИБИС-М»

Представительство «Интеркосмос» ИКИ РАН

13–15 февраля 2013 г., Таруса, Россия

ПРОГРАММА

Москва
2013

12 февраля 2013 г., вторник

- Приезд зарубежных специалистов, посещение ИКИ РАН,
ужин в ИКИ РАН
- 20:30 Отъезд зарубежных специалистов в Тарусу от ИКИ РАН
Размещение зарубежных специалистов в Тарусе
-

13 февраля 2013 г., среда

- 09:00–09:45** *Завтрак* зарубежных специалистов в гостинице «Якорь»
- 10:00 Отъезд участников совещания в Тарусу от ИКИ РАН
- 10:30–12:30 Ознакомление зарубежных специалистов с СКБ КП
ИКИ РАН
- 12:30–13:00 Размещение участников совещания в Представительстве
«Интеркосмос» ИКИ РАН
- 13:00–14:30** *Обед* всех участников совещания в Представительстве
«Интеркосмос» ИКИ РАН

СЕКЦИЯ: Микроспутниковые системы

Руководитель: *Добриян Михаил Борисович*

- 15:30–15:50 Первый опыт организации оперативного управления из
ЦУП ИКИ микроспутником «Чибис-М» в период февраль
2012 г. – январь 2013 г.
*Козлов И. В., Рябова А. Д., Владимирова Г. А., Батанов О. В.,
Коротков Ф. В., Марков Я. И.*
- 15:50–16:10 Опыт разработки и эксплуатации системы ориентации
микроспутника «Чибис-М». Перспективы модернизации
*Карпенко С. О., Овчинников М. Ю., Иванов Д. С., Ткачев С. С.,
Ролдугин Д. С., Ивлев Н. А.*
- 16:10–16:30 Отладка навигации и управления ориентацией в операциях
микроспутника «Чибис-М»: Микроспутник – Макроопыт
*Ледков А., Готлиб В. М., Каредин В., Назиров Р. Р.,
Эйсмонт Н. А., Назаров В. Н., Коротков Ф., Марков Я.,
Ивлев Н., Карпенко С.*
- 16:30–16:50 Передача научной информации от микроспутника
«Чибис-М»
Готлиб В. М., Каредин В. Н.
- 16:50–17:10 Специфика разработки, изготовления и наземных
испытаний «Чибис-М»
*Белякова Л. Д., Ангаров В. Н., Родин В. Г., Добриян М. Б.,
Климов С. И., Козлов В. М., Калюжный А. В.*
- 19:00–19:30** *Ужин* всех участников совещания в Представительстве
«Интеркосмос» ИКИ РАН
- 19:30–22:00 Встречи рабочих групп

12 February 2013, Tuesday

- Arrival to IKI RAN, *supper* in IKI RAN
- 20:30 Start of foreign specialists from IKI RAN to Tarusa
Accommodation of foreign specialists in Tarusa

13 February 2013, Wednesday

- 09:00–09:45** *Breakfast* in the hotel “Yakor”
- 10:00 Start of meeting participants to Tarusa from IKI RAN
- 10:30–12:30 Excursion to SKB KP IKI RAN
- 12:30–13:00 Accommodation of meeting participants in the hotel
“Intercosmos”
- 13:00–14:30** *Dinner* in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

SECTION: Microsatellite systems

Chairman: *Dobriyan Mikhail Borisovich*

- 15:30–15:50 The first experience of “Chibis-M” operation by MCC of ISR
from 02.2012 to 01.2013
*Kozlov I. V., Ryabova A. D., Vladimirova G. A., Batanov O. V.,
Korotkov F. V., Markov Y. I.*
- 15:50–16:10 The experience of “Chibis-M” orientation system development
and exploitation. Prospects of modernization
*Karpenko S. O., Ovchinnikov M. Y., Ivanov D. S., Tkachev S. S.,
Roldugin D. S., Ivlev N. A.*
- 16:10–16:30 Debugging of navigation and attitude control of the microsatellite
“Chibis-M”: MicroSatellite – Macro Experience
*Ledkov A., Gotlib V., Nazirov R., Eismont N., Nazarov V., Ivlev N.,
Karedin V., Karpenko S., Korotkov F., Markov Y.*
- 16:30–16:50 Scientific data transmission by “Chibis M”
Gotlib V. M., Karedin V. N.
- 16:50–17:10 The specificity of “Chibis-M” elaboration, production and
terrestrial tests
*Belyakova L. D., Angarov V. N., Rodin V. G., Dobriyan M. B.,
Klimov S. I., Kozlov V. M., Kalyuzhnyi A. V.*
- 19:00–19:30** *Supper* in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants
- 19:30–22:00 Workshop

14 февраля 2013 г., четверг

09:00–09:45 *Завтрак* всех участников совещания в Представительстве «Интеркосмос» ИКИ РАН

СЕКЦИЯ: Комплексы научной аппаратуры «Гроза», «Татьяна», ТАРАНИС, ДЕМЕТЕР

Руководитель: *Климов Станислав Иванович*

10:00–10:20 Научно-методические уроки «Чибиc-М»
Зелёный Л. М., Гуревич А. В., Климов С. И.

10:20–10:40 Наземный сегмент проекта «Чибиc-М»
Назаров В., Назиров Р., Зелёный Л., Ангаров В., Батанов О., †Bodnár L., Эйсмонт Н., Готлиб В., Каредин В., Климов С., Коротков Ф., Козлов И., Ледков А., Мельник А., Папков А., Родин В., Рябова А., Shtelauer Ya., Третьяков А.

10:40–11:00 Результаты наблюдений TGRF с помощью прибора РГД на микроspутнике «Чибиc-М»
Богомолов А. В., Богомолов В. В., Свертилов С. И., Яшин И. В.

11:00–11:20 Результаты наблюдений вспышек атмосферного УФ-излучения с помощью прибора ДУФ на микроspутнике «Чибиc-М»
Гаринов Г. К.

11:20–11:40 Комплексный анализ волн очень низких частот, зарегистрированных микроspутником «Чибиc-М»
Ferencz Cs., †Bodnár L., Steinbach P., Szegedi P., Ferencz O. E., Lichtenberger J., Natar D.

11:40–12:00 Первые результаты обработки данных магнитно-волнового комплекса
Беляев С. М., Дудкин Д. Ф.

12:00–12:30 *Перерыв на чай, кофе*

СЕКЦИЯ: Комплексы научной аппаратуры «Гроза», «Татьяна», ТАРАНИС, ДЕМЕТЕР

Руководитель: *Свертилов Сергей Игоревич*

12:30–12:50 Радиоизлучение молниевго разряда по данным радиочастотного анализатора
Готлиб В. М., Каредин В. Н., Долгоносов М. С.

12:50–13:10 Тонкая структура радиоизлучения высотных грозовых образований
Долгоносов М. С., Готлиб В. М.

14 February 2013, Thursday

09:00–09:45 *Breakfast* in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

SECTION: Scientific equipment complexes
“Groza”, “Tatiana”, TARANIS, DEMETER

Chairman: *Klimov Stanislav Ivanovich*

10:00–10:20 “Chibis-M” scientific-methodical lesson
Zeleny L. M., Gurevich A. V., Klimov S. I.

10:20–10:40 Ground segment for “Chibis-M” project
*Nazarov V., Nazirov R., Zelenyi L., Angarov V., Batanov O.,
†Bodnár L., Eismont N., Gotlib V., Karedin V., Klimov S.,
Korotkov F., Kozlov I., Ledkov A., Melnik A., Papkov A., Rodin V.,
Ryabova A., Shmelauer Ya., Tretiakov A.*

10:40–11:00 TGRF observation results provided by RGD of “Chibis-M”
*Bogomolov A. V., Bogomolov V. V., Garipov G. K., Svertilov S. I.,
Tishin G. V., Yashin I. V.*

11:00–11:20 The results of observing atmospheric UV radiation with the use
of “Chibis-M” UV detector
Garipov G. K.

11:20–11:40 Complex analysis of VLF wave phenomena recorded
on “Chibis-M” LEO satellite
*Ferencz Cs., †Bodnár L., Steinbach P., Szegedi P., Ferencz O.E.,
Lichtenberger J., Hamar D.*

11:40–12:00 The initial results of magnetic-wave complex data processing
(Microsatellite “Chibis-M”)
Belyaev S. M., Dudkin D.F.

12:00–12:30 *Coffee-break*

SECTION: Scientific equipment complexes
“Groza”, “Tatiana”, TARANIS, DEMETER

Chairman: *Svertilov Sergey Igorevich*

12:30–12:50 Lightning discharge radio emission according to the data from
radiofrequency analyzer
Gotlib V.M., Karedin V.N., Dolgonosov M.S.

12:50–13:10 Fine radio emission structure of high-altitude thunderstorm
formations according to “Chibis-M”
Dolgonosov M.S., Gotlib V.M.

- 13:10–13:30 Современный анализ TLE по данным детектора ультрафиолетового излучения микроспутников МГУ типа «Татьяна» и микроспутника ИКИ РАН «Чибис-М»
Гарипов Г. К., Климов П. А., Панасюк М. И., Свертилов С. И., Хренов Б. А., Яшин И. В.
- 13:30–13:50 Детекторы релятивистских электронов для проекта TARANIS
Sauvaud J.-A., Devoto P., Ortner G., Fedorov A., Chasselat O. et al.
- 13:50–14:10 TARANIS and COBRAT, the French satellite and balloon projects for TLEs and TGFs studies
Pinçon J.-L.
- 14:10–15:10** **Обед** всех участников совещания в Представительстве «Интеркосмос» ИКИ РАН

СЕКЦИЯ: Комплексы научной аппаратуры «Гроза», «Татьяна», ТАРАНИС, ДЕМЕТЕР

Руководитель: *Ференц Чаба*

- 15:10–15:30 Исследование корреляций транзиентных оптических явлений с процессами в атмосфере и околоземном космическом пространстве по данным детектора ультрафиолетового излучения микроспутников МГУ типа «Татьяна»
Гарипов Г. К., Климов П. А., Панасюк М. И., Свертилов С. И., Хренов Б. А., Яшин И. В.
- 15:30–15:50 Возбуждение электромагнитных возмущений УНЧ-КНЧ-диапазона в верхней ионосфере грозовой активностью
Пилипенко В. А.
- 15:50–16:10 Данные, полученные КА DEMETER в период сильных гроз
Parrot M.
- 16:10–16:30 Сильные излучения ELF/VLF, связанные с грозовой активностью над югом Франции 8 октября 2009 г.
Włoczek J., Parrot M., Wronowski R.
- 16:30–16:50 Исследование радиоизлучения молниевых разрядов на стенде СУРА. Возможности совместных наблюдений с «Чибис-М»
Караштин А. Н., Шлюгаев Ю. В., Караштина О. С., Комраков Г. П., Лисов А. А., Пичужкин Е. В.
- 16:50–17:10 Фрактальная электродинамика грозового облака
Иудин Д. И., Емельянов А. А., Климашев В. Ю., Дмитриенко Р. Д.
- 19.00–22:00** **Ужин** всех участников совещания в Представительстве «Интеркосмос» ИКИ РАН

- 13:10–13:30 The advanced analysis of TLE according to UV detector of MSU “Tatiana” type micro-satellites and IKI RAN microsatellite “Chibis-M”
Garipov G.K., Klimov P.A., Panasyuk M.I., Svertilov S.I., Khrenov B.A., Yashin I.V.
- 13:30–13:50 The relativistic electron detectors for the TARANIS project
Sauvaud J.-A., Devoto P., Orttner G., Fedorov A., Chasselat O. et al.
- 13:50–14:10 TARANIS and COBRAT, the French satellite and balloon projects for TLEs and TGFs studies
Pinçon J.-L.
- 14:10–15:10** **Dinner** in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

**SECTION: Scientific equipment complexes:
“Groza”, “Tatiana”, TARANIS, DEMETER**

Chairman: *Ferencz Csaba*

- 15:10–15:30 The study of correlations of transient optical phenomena and processes in the atmosphere and near-Earth space according to the UV detector of MSU “Tatiana” type micro-satellites
Garipov G. K., Klimov P.A., Panasyuk M. I., Svertilov S. I., Khrenov B. A., Yashin I. V.
- 15:30–15:50 Electromagnetic ULF-ELF band disturbance excitation in the upper ionosphere by the thunderstorm activity
Pilipenko V.A.
- 15:50–16:10 Data recorded by DEMETER during intense thunderstorms
Parrot M.
- 16:10–16:30 The Strong ELF/VLF Emissions Associated with the Thunderstorm over Southern France on October 8, 2009
Błęcki J., Parrot M., Wronowski R.
- 16:30–16:50 Study of radio emission lightening strikes digits on the stand of the SURA. Opportunities for joint observations with the “Chibis-M”
Karashitin A. N., Shlugaev Yu. V., Karashitina O. S., Komrakov G. P., Lisov A. A., Pichushkin E. V.
- 16:50–17:10 Fractal electrodynamics of a thunderstorm cloud
Iudin D.I., Emelyanov A.A., Klimashev V. Y., Dmitrenko R. D.
- 19.00–22:00** **Supper** in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

15 февраля 2013 г., пятница

09:00–09:45 *Завтрак* всех участников совещания в Представительстве «Интеркосмос» ИКИ РАН

СЕКЦИЯ: Научно-методические проблемы исследования природы высотных грозовых разрядов и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере

Руководитель: *Гуревич Александр Викторович*

10:00–10:20 Лабораторные исследования пробоя на убегающих электронах
Гуревич А. В.

10:20–10:40 Поиск TGF в данных эксперимента SPI/INTEGRAL
Позаненко А., Минаев П.

10:40–11:00 Опыт исследования тропических циклонов на «Чибис-М»
Климов С. И., Шарков Е. А., Готлиб В. М., Каредин В. Н., Козлов И. В., Новиков Д. И., Вавилов Д. И.

11:00–11:20 Современные международные исследования взаимосвязи тропических циклонов и ионосферы
Ванина-Дарт Л. Б., Шарков Е. А.

11:20–11:40 Космический эксперимент «Исследование природы высотных молний и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере Земли на базе микроспутника «Чибис-АИ» с использованием грузового корабля «Прогресс»»
Зелёный Л. М., Климов С. И., Готлиб В. М., Родин В. Г., Новиков Д. И., Долгоносов М. С.

11:40–12:00 Использование микроспутника «Чибис-М» для образовательных программ
Зайцев А. Н., Климов С. И., Батанов О. В., Садовский А. М.

12:00–12:20 *Перерыв на чай, кофе*

12:20–12:40 Сеть микроспутников для исследования спектральных, временных и пространственных свойств атмосферных вспышек гамма-излучения
Черненко А. М., Гарипов Г. К., Веденькин Н. Н., Позаненко А. С.

12:40–13:00 Проблема инициирования разряда в токамаке, или почему грозы — редкое явление
Туганов В. Ф.

13:00–13:20 Энергетические спектры электронов и гамма-частиц в грозовых разрядах
Туганов В. Ф.

13:20–13:40 Рекомендации по оформлению ссылок на литературу в научных статьях
Комарова Н. Ю.

15 February 2013, Friday

09:00–09:45 *Breakfast* in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

SECTION: Scientific-methodological problems of research of the nature of high-altitude lightning and the accompanying processes in the atmosphere and ionosphere

Chairman: *Gurevich Alexander Viktorovich*

10:00–10:20 Studies of the breakdown runaway electrons in Laboratory
Gurevich A. V.

10:20–10:40 Search for TGFs in SPI/INTEGRAL experiment data
Pozanenko A., Minaev P.

10:40–11:00 The experience of “Chibis-M” research on tropical cyclones
*Klimov S. I., Sharkov E. A., Gotlib V. M., Karedin V. N.,
Kozlov I. V., Novikov D. I., Vavilov D. I.*

11:00–11:20 Advanced international investigations of the correlation between tropical cyclones and the ionosphere
Vanina-Dart L. B., Sharkov E. A.

11:20–11:40 The space experiment The research on the nature of the high altitude lightings and the concomitant processes in the atmosphere and the ionosphere of the Earth on the basis of micro-satellite “Chibis-M” with the use of cargo spacecraft “Progress”
*Zeleny L. M., Klimov S. I., Gotlib V. M., Rodin V. G.,
Novikov D. I., Dolgonosov M. S.*

11:40–12:00 “Chibis-M” exploitation for educational programs
Zaytsev A. N., Klimov S. I., Batanov O. V., Sadovsky A. M.

12:00–12:20 *Coffee-break*

12:20–12:40 Network of Small Satellites for High Energy Observations of Temporal, Spectral and Spatial Properties of Terrestrial Gamma-Ray Flashes
Chernenko A. M., Garipov G. K., Pozanenko A. S., Vedenkin N. N.

12:40–13:00 Tokamak discharge initiation problem or why thunderstorms are so rare
Tuganov V. F.

13:00–13:20 Energy spectra of electrons and gamma-ray particles in lightning discharges
Tuganov V. F.

13:20–13:40 Recommendations on the execution of references to literature in the scientific articles
Komarova N. Yu.

13:40–14:30 *Обед* всех участников совещания в Представительстве «Интеркосмос» ИКИ РАН

СЕКЦИЯ: Научно-методические проблемы исследования природы высотных грозных разрядов и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере

Руководитель: *Иудин Дмитрий Игоревич*

14:30–16:30 Встречи рабочих групп

16:30–16:45 *Перерыв на чай, кофе*

17:00 Отъезд автобуса от Представительства «Интеркосмос» в ИКИ РАН

16 февраля 2013 г., суббота

04:30 Отъезд зарубежных специалистов в аэропорт Шереметьево

Контактная информация:

Антоненко Елена Александровна: +7 916-612-51-24,

Климов Станислав Иванович: +7 916 705-68-50

13:40–14:30 *Dinner* in the hotel “Intercosmos” IKI RAN for all participants

SECTION: Scientific-methodological problems of research
of the nature of high-altitude lightning and
the accompanying processes in the atmosphere
and ionosphere

Chairman: *Iudin Dmitry Igorevich*

14:30–16:30 Workshop

16:30–16:45 *Coffee-break*

17:00 Start from the hotel “Intercosmos” to IKI RAN

16 February 2013 Saturday

04:30 Start from the hotel “Intercosmos” to Sheremetievo airport

Information:

Antonenko Elena: +7 916-612-51-24,

Klimov Stanislav: +7 916 705-68-50

Международное совещание
**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ПРОЕКТА «ЧИБИС-М»**
Представительство «Интеркосмос» ИКИ РАН
13–15 февраля 2013 г., Таруса, Россия

ТЕЗИСЫ

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИЗ ЦУП ИКИ МИКРОСПУТНИКОМ «ЧИБИС-М» В ПЕРИОД ФЕВРАЛЬ 2012 г. – ЯНВАРЬ 2013 г.

*И. В. Козлов, А. Д. Рябова, Г. А. Владимирова,
О. В. Батанов, Ф. В. Коротков, Я. И. Марков*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Москва, Россия

В докладе рассматривается наработанная в ЦУП ИКИ РАН технология управления микроспутником «Чибис-М» за первый год эксплуатации МС на орбите. Приводится анализ управления и ТМ-контроля микроспутника, а также рассматриваются вопросы формирования командно-программной информации и передачи её на борт космического аппарата. Приведён также ряд стандартных циклограмм, разработанных за это время, которые дают возможность оперативно управлять научной аппаратурой в зависимости от поставленных задач и пожеланий научного руководства проектом.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС-М». ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ

*М. Ю. Овчинников¹, Д. С. Иванов¹, Н. А. Ивлев²,
С. О. Карпенко², Д. С. Ролдугин¹, С. С. Ткачев¹*

¹ Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша, Москва, Россия

² ООО «Спутник», Москва, Россия

Система ориентации микроспутника «Чибис-М» была реализована специалистами ООО ИТЦ «СканЭкс», разработка и исследование алгоритмов ориентации проводились специалистами ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.

Система ориентации в процессе создания прошла несколько этапов. На этапе разработки системы в ИПМ им. М. В. Келдыша РАН были проведены аналитические и численные исследования алгоритмов определения ориентации и алгоритмов управления ориентацией. Эти исследования позволили определить основные параметры и общий технический облик системы ориентации. На основе выработанных рекомендаций в ИТЦ «СканЭкс» были выбраны актуаторы и датчики определения ориентации, калибровочные испытания которых были затем проведены в ИТЦ «СканЭкс» и ИПМ им. М. В. Келдыша РАН. В ИТЦ «СканЭкс» был создан лабораторный стенд, на котором прошли испытания алгоритмы определения ориентации и алгоритмы управления ориентацией микроспутника «Чибис-М», также системы ориентации в «целом». Эксплуатация системы проводится специалистами ООО «Спутник».

Лётные испытания системы ориентации и стабилизации микроспутника проходили в несколько этапов. Первые этапы испытаний включали в себя последовательные проверки на работоспособность датчиков определения ориентации, исполнительных органов. Далее производилась оценка их калибровочных характеристик, сравнение их с номинальными, полученными при наземной калибровке, из чего был сделан вывод о корректности работы приборов. На следующих этапах проверялась работоспособность алгоритмов определения ориентации и алгоритмов управления ориентацией.

THE FIRST EXPERIENCE OF “CHIBIS-M” OPERATION BY MCC OF ISR FROM 02.2012 TO 01.2013

*I. V. Kozlov, A. D. Ryabova, G. A. Vladimirova,
O. V. Batanov, F. V. Korotkov, Y. I. Markov*

Space Research Institute of Russian Academy of Science (IKI RAN), Moscow, Russia

The report examines the technology of “Chibis-M” operation developed by MCC of ISR during the first year of exploitation. We also present the analysis of micro-satellite handling and TM control and discuss the formation of command-programmed information and its transfer onto the board of the spacecraft. Apart from that, the report includes the set of standard cyclograms, elaborated during this period, which make it possible to operate the scientific equipment in the accordance with the established aims and the project scientific management wishes.

THE EXPERIENCE OF “CHIBIS-M” ORIENTATION SYSTEM DEVELOPMENT AND EXPLOITATION. PROSPECTS OF MODERNIZATION

*M. Y. Ovchinnikov¹, D. S. Ivanov¹, N. A. Ivlev²,
S. O. Karpenko², D. S. Roldugin¹, S. S. Tkachev¹*

¹ KIAM RAS, Moscow, Russia

² LLC ‘Sputniks’, Moscow, Russia

The system of “Chibis-M” orientation was brought about by Research and Development Center “ScanEx”, and the orientation algorithms development and examination were conducted by Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS.

In the process of creation the orientation system passed through several stages. At the stage of the system development in KIAM RAS analytical and numerical investigations of orientation determination and orientation control algorithms were carried out. These investigations made it possible to determine the basic parameters and the overall technical appearance of the orientation system. On the basis of recommendations provided by RDC “ScanEx” actuators and orientation determination sensors were chosen; their calibration testing was later performed in RDC “ScanEx” and KIAM RAS. “Chibis-M” orientation determination and orientation control algorithms as well as orientation system in general were tested with the use of laboratory facility designed in “ScanEx”. The system exploitation was carried out by LLC “Sputniks” specialists.

Summer tests on the micro-satellite orientation system and stabilization were done in several stages. The first stages involved successive checks on the efficiency of orientation determination detectors and effectors. Then the assessment of calibration characteristics and their comparison to the nominal ones, which had been received from the ground calibration, were performed; on this basis the conclusion about the correct work of devices was made. Further stages included efficiency check on the orientation determination and orientation control algorithms. The entire cycle of summer tests resulted in the following characteristics of the orientation system: orientation determination accuracy and micro-satellite stabilization accuracy.

Результатом всего цикла лётных испытаний стали такие характеристики системы ориентации как точность определения ориентации и точность стабилизации микроспутника.

В настоящей работе представлены результаты всех этапов создания системы ориентации микроспутника «Чиби́с-М»: от теоретических исследований алгоритмов до лётных испытаний всей системы. Анализируется точность определения ориентации в различных режимах, оценивается точность стабилизации микроспутника относительно орбитальной системы координат. Кроме того, на примерах проанализирована логика автоматического переключения режимов определения и управления ориентацией микроспутника.

На основе полученного опыта разработки и эксплуатации рассматриваются пути модернизации системы ориентации микроспутника «Чиби́с-М» для использования на микроспутниковой платформе типа «Чиби́с».

ОТЛАДКА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ В ОПЕРАЦИЯХ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИ́С-М»: МИКРОСПУТНИК — МАКРООПЫТ

А. Ледков¹, В. М. Готлиб¹, В. Каредин¹, Р. Р. Назиров¹, Н. А. Эйсмонт¹, В. Н. Назаров¹, Ф. Коротков¹, Я. Марков¹, Н. Ивлев², С. Карпенко²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Москва, Россия

² ООО «Спутник», Москва, Россия

Микроспутник «Чиби́с-М» был запущен с борта транспортного корабля «Прогресс» 25 января 2012 г. Основной задачей спутника является детальное изучение физических механизмов электрических разрядов в атмосфере в самом широком диапазоне энергий — от радио- до гамма-излучения. Для достижения достаточно долгого баллистического существования космического аппарата его орбита была поднята с высоты 380 км до 510 км за счёт использования космического грузового корабля «Прогресс» после того, как он доставил необходимые расходные материалы на МКС. Для проведения запланированных экспериментов спутник «Чиби́с-М» оснащён приборами управления ориентацией с необходимым программным обеспечением для наведения в нади́р и сохранения необходимого запаса мощности путём ориентирования солнечных батарей к Солнцу. Для определения ориентации, помимо датчиков угловой скорости, используются солнечные датчики в сочетании с магнитометрами. Для обеспечения управления спутником используются электромагнитные катушки совместно с маховиками. Бортовое программное обеспечение предназначено для расчёта модели магнитного поля и параметров траектории в целях сообщения исполнительным органам необходимых команд. В докладе описаны как проблемы, которые возникли после запуска спутника, так и методы, позволившие преодолеть их. Одна из таких проблем была связана со смещёнными показаниями магнитометров.

Основным научным инструментом для изучения молний является радиочастотный анализатор, который регистрирует сигнал в УКВ диапазоне. Другие научные инструменты — ультрафиолетовый детектор, рентген-гамма

This work provides the results of all the stages of “Chibis-M” orientation system development: from theoretical analysis of algorithms to summer tests on the entire system. The orientation determination accuracy in different modes is analysed, and the accuracy of micro-satellite stabilization in relation to the orbital coordinate system is estimated. Apart from that, the logic of automatic switching of micro-satellite orientation determination and control modes is investigated.

On the basis of design and exploitation experience the ways of “Chibis-M” orientation system modernization for the use on a micro-satellite platform of “Chibis” type are discussed.

DEBUGGING OF NAVIGATION AND ATTITUDE CONTROL OF THE MICROSATELLITE “CHIBIS-M”: MICROSATELLITE — MACROEXPERIENCE

A. Ledkov¹, V. Gotlib¹, R. Nazirov¹, N. Eismont¹, V. Nazarov¹, N. Ivlev², V. Karedin¹, S. Karpenko², F. Korotkov¹, Y. Markov¹

¹ Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN),
Moscow, Russia

² LLC “Sputnix”, Moscow, Russia

“Chibis” microsatellite was launched from Progress ISS transport vehicle on January 25 2012. Its principal goal is to explore the special type of lightning when the discharge is connected with outer space and roentgen and gamma rays are emitted. To reach long enough time of ballistic life of the spacecraft its orbit was raised from initial 380 km to 510 km by the use of Progress transport vehicle after it delivered the required consumables to the ISS. To fulfill the planned experiments “Chibis” systems include the attitude control instruments with required software which allow to follow the direction to the Earth center and to keep necessary power supply by targeting the solar arrays to the Sun when chemical batteries are to be recharged. As attitude sensors the sun sensors are used in combination with magnetometers. To produce the control torques electromagnetic coils are used together with momentum wheels. Onboard software was intended to calculate the model magnetic field and trajectory parameters in order to generate the required command to actuators. In the paper the problems which arose after the satellite launch are described as the methods allowed to overcome them. One of these problems was connected with magnetometers shifted measurements. The main scientific instrument to explore the lightning events is the special receiver which records the signal in VHF band. Another science instruments are gamma and ultraviolet sensors. In the paper the problems are described which are connected with programming of the scientific instrument operations taking in account of diverse external factors. The solutions to overcome the mentioned and other obstacles to fulfill the necessary operations are presented.

детектор и камера оптического диапазона. В докладе обсуждаются проблемы, которые связаны с планированием работы научной аппаратуры с учётом различных внешних факторов. Также представлены решения по преодолению уже упомянутых и прочих факторов, препятствующих выполнению необходимых операций.

ПЕРЕДАЧА НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС-М»

В. М. Готлиб, В. Н. Каредин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Микроспутник «Чибис—М» разработан с целью изучения с околоземной орбиты активности молниевых разрядов по их излучению в радио, гамма и ультрафиолетовом, а также видимом диапазоне. Объем научных данных на одно регистрируемое событие от радиочастотного, гамма, ультрафиолетового датчика и фотокамеры по оценкам составляет порядка 10 МБ.

За один виток количество регистрируемых событий может составлять 1–3, что даст порядка 300 Мбит информации. При средней продолжительности сеанса связи на низкой орбите 5...10 мин потребная скорость передачи составит 1 Мбит/с.

Таким образом, исходные требования таковы — радиоканал передачи научных данных должен обеспечить доставку на Землю цифровой информации со скоростью до 1 Мбит/с на дальностях до 2500 км. Для этого на борту космического аппарата (КА) устанавливается радиопередатчик S-диапазона и антенна. Антенна передатчика имеет широкую диаграмму направленности, обращённую в сторону Земли, так как одна из осей КА ориентирована на Землю. Основанием для выбора S-диапазона для рассматриваемого радиоканала является то, что он на первичной основе предназначен для целей передачи данных из космоса и позволяет обеспечить необходимую полосу частот и скорость передачи.

В докладе подробно рассматриваются вопросы построения канала передачи научных данных.

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ «ЧИБИС-М»

*Л. Д. Белякова, В. Н. Ангаров, В. Г. Родин, М. Б. Добрян, С. И. Климов,
В. М. Козлов, А. В. Калужный*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Приёмо-сдаточные испытания (ПСИ) микроспутника (МС) проводятся с целью проверки технических, конструктивных, эксплуатационных характеристик микроспутника и транспортно-пускового контейнера (ТПК) и подтверждения их соответствия требованиям ТЗ и ТУ, основываясь на перечне нормативно-технических документов, представленных в «Программа и методика приёмо-сдаточных испытаний (МИАС.464100.003 ПМ1)». ПСИ

SCIENTIFIC DATA TRANSMISSION BY “CHIBIS-M”

V. M. Gotlib, V. N. Karedin

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia

Micro-satellite “Chibis-M” is intended for investigating the activity of lightning discharges from circumterrestrial orbit on the evidence of their emission within radio, gamma and UV band as well as in the optical band. According to estimations, the set of scientific data for one recorded event from radiofrequency, gamma and UV detector and a camera averages 10 Mbyte. The number of detected events per a turn can vary from 1 to 3 that will give almost 300 Mbit of information. On the average length of the communication session in low orbit the required speed of transmission will be 1 Mbit/s. Thus, the basic requirements are as follows: the radio channel of scientific data transmission must provide the delivery of digital information to the Earth at a speed of up to 1 Mbit/s and at a distance of up to 2500 km. For this reason a radio transmitter S and an antenna are set on board of the spacecraft. The transmitter antenna has a wide radiation pattern directed to the Earth since one of the spacecraft axes is oriented towards the Earth. The choice of S range of the radio channel rests on the fact that it is basically meant for data transmission from the space and provides the necessary frequency band and transmission speed. The work minutely examines the construction of the scientific data transmission channel.

THE SPECIFICITY OF “CHIBIS M” ELABORATION, PRODUCTION AND TERRESTRIAL TESTS

*L. D. Belyakova, V. N. Angarov, V. G. Rodin, M. B. Dobriyan,
S. I. Klimov, V. M. Kozlov, A. V. Kalyuzhny*

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia

The micro-satellite (MS) acceptance tests are performed for the purpose of checking technical, structural and operational characteristics of the MS and the transport-launching container and the confirmation of their compliance with the requirements of construction law and technical conditions in accordance with the list of documents presented in “Acceptance tests program and technique”. The acceptance tests were conducted on the basis of Space Research Institute of RAS and Special Design Office of Space Instrument Making of Space Research Institute, which are equipped with all the necessary measurement and test devices.

проводились на базе подразделений ИКИ РАН и СКБ КП ИКИ РАН, оснащенных всем необходимым измерительным и испытательным оборудованием. Участниками ПСИ являются представители СКБ КП ИКИ РАН, ИКИ РАН представители ОТК, НИЛАКТ РОСТО.

В объём ПСИ входило 19 видов испытаний с использованием 16 видов оборудования и приборов. Опыт эксплуатации МС показал, что проведённых 7 операций проверки недостаточно для такого сложного комплекса, как микроспутник «Чиби́с-М» и что важно подчеркнуть особенно — предназначенного для проведения фундаментальных космических исследований.

НАЗЕМНЫЙ СЕКТОР И РЯД ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИ́С-М»

*В. Назаров¹, Р. Назиров¹, Л. Зелёный¹, В. Ангаров², О. Батанов¹,
†L. Vodnar⁴, Н. Эйсмонт¹, В. Готлиб¹, В. Каредин², С. Климов¹,
Ф. Коротков¹, И. Козлов¹, А. Ледков¹, А. Мельник¹, А. Панков³,
В. Родин¹, А. Рябова¹, Ya. Shmelauer⁵, А. Третьяков¹*

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

² СКБ КП ИКИ РАН, Таруса, Москва, Россия

³ НИЛАКТ РОСТО, Калуга, Россия

⁴ Budapest University, Hungary

⁵ UFA CAZ, Prague, Czech Republic

В настоящее время микроспутник «Чиби́с-М» находится в стадии автономного полёта. История его полёта началась 2 ноября 2011 г., когда произошла состыковка грузового корабля «Прогресс М-13М» с Международной космической станцией (МКС). Как правило, грузовой корабль доставляет некоторые приборы и товары, необходимые для поддержания существования МКС; в этот раз он доставил и микроспутник «Чиби́с-М». 24 января 2012 г. в 01:59 по московскому времени «Прогресс М-13М» был отстыкован от МКС и после двух включений основного двигателя был выведен на орбиту высотой 500 км. 25 января в 03:14 по московскому времени «Чиби́с-М» отделился от космического грузовика и вступил в стадию автономного полёта.

Масса микроспутника составляет 34,4 кг, масса научной аппаратуры на борту — около 12 кг. Особенность микроспутника «Чиби́с-М» состоит в том, что он может использоваться не только в образовательных целях, но и для проведения фундаментальных исследований.

«Чиби́с-М» предназначен для детального изучения физических процессов при атмосферных грозových разрядах в самом широком диапазоне энергии — от радио- до гамма-излучения, а также для измерения параметров, которые можно обозначить термином «космическая погода». Разумеется, «Чиби́с-М» оснащён внушительным количеством научных приборов для выполнения вышеперечисленных задач.

Длительные измерения предполагают использование высокоскоростных телеметрических каналов, что требует соответствующего энергоснабжения. Это связано с некоторыми проблемами относительно небольших космических аппаратов. Поэтому на борту микроспутника используются три нисходящие и одна восходящая системы.

The participants of the acceptance tests are the representatives of Special Design Office of Space Instrument Making and those of QC (quality control) and the Research Laboratory of avia-space techniques. Acceptance tests involved 19 categories of tests performed with the use of 16 types of equipment and devices. The operating experience of the MS has indicated that 7 operations are insufficient for such a compound complex as microsatellite “Chibis-M” that is meant, as it is important to point out, for conducting fundamental space investigations.

GROUND SEGMENT AND OPERATIONS FOR MICROSATELLITE “CHIBIS-M”

*B. Nazarov*¹, *R. Nazirov*¹, *L. Zelenyi*¹, *V. Angarov*², *O. Batanov*¹, †*L. Bodnar*⁴,
*N. Eismont*¹, *V. Gotlib*¹, *V. Karedin*², *S. Klimov*¹, *F. Korotkov*¹, *I. Kozlov*¹, *A. Ledkov*¹,
*A. Melnik*¹, *A. Papkov*³, *V. Rodin*¹, *A. Ryabova*¹, *Ya. Shmelauer*⁵, *A. Tretiakov*¹

¹ Space Research Institute of Russian Academy of Science, IKI RAN, Moscow, Russia

² SKB KP IKI RAN, Tarusa, Moscow, Russia

³ NILAKT ROSTO, Kaluga, Russia

⁴ Budapest University, Hungary

⁵ UFA CAZ, Prague, Czech Republic

The microsatellite “Chibis-M” is in flight operations stage now. Its flight story starts on November 2, 2011 when cargo ship “Progress M-13M” was docked with International Space Station (ISS). As usually it brings some equipment and goods needed for ISS survival but also it delivered microsatellite “Chibis-M”. At January 24, 2012 01:59 msk “Progress M-13M” was undocked and after two corrections it will be positioned at 500 km orbit. At January 25, 03:14 msk “Chibis-M” was separated from it and starts its own flight.

The mass of the microsatellite, is 34.4 kg, the mass of scientific instruments on board is about 12 kg. The one of distinctive features of the microsatellite “Chibis-M” is that it is assigned not for education proposes only but for investigation in the field of fundamental researches as well.

The main purpose of “Chibis-M” is a comprehensive study of physical processes in atmospheric lightning discharges in a wide range of energies — from radio to gamma radiation as well as extended measurements of parameters which may be described by term called “space weather”. And it contains an impressive list of the scientific instruments for resolving these tasks of course.

Extended measurements means using of high-speed telemetry channels which requires respective power supplying. And it corresponds to some problems for relatively small spacecrafts. Therefore three downlink and one uplink systems were used onboard the microsatellite.

High speed S-band channel which provides downlink for science data in format of CCSDS telemetry packets up to 1 Mbps. For technical mission operations radio-amateur bands are used with frequencies of 145 and 435 MHz for uplink and downlink respectively. For preventing of collisions with radio-amateurs and for safety reasons this links use respective security coding. And at last the telegraph channel with simplest coding by dot-and-dash (Morse code) method is used for transferring information about the general status of the satellite.

Such architecture of the satellites links as well as using of modern technologies (like Web 2.0, SOA, etc.) and implementation of a few new approaches allowed us

Высокоскоростной канал S-диапазона обеспечивает связь космос-Земля для передачи научных данных в формате телеметрических пакетов CCSDS до 1 Мбит/с. Для управления техническими операциями используются любительские диапазоны с частотами 145 и 435 МГц для линии связи Земля-космос и линии связи космос-Земля соответственно. Для предотвращения «столкновений» с радиолюбителями и по соображениям безопасности на линиях связи используется соответствующая кодировка. И, наконец, для передачи информации об общем состоянии спутника используется телеграфный канал с простейшим кодированием «точка-тире» (азбука Морзе).

Такая структура линий связи спутника, а также использование современных технологий (например, Web 2.0, SOA и др.) и применение новых подходов позволили нам, несмотря на небольшой бюджет, создать наземный сектор, обладающий высоким уровнем надёжности, для проведения экспериментов на «Чибис-М».

Как показано в работе, микроспутники обладают большими возможностями в области фундаментальных исследований. Некоторые подходы (особенно для наземных операций и поддержки), опробованные в ходе этих операций, могут быть успешно реализованы в «больших» научных проектах.

В докладе описываются текущее состояние наземного сектора для микроспутника «Чибис-М» и опыт, полученный после первого года его эксплуатации, а также обсуждаются перспективы эволюции представленной наземной информационной системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ TGRF С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕН-ГАММА ДЕТЕКТОРА НА МИКРОСПУТНИКЕ «ЧИБИС»

*А. В. Богомолов, В. В. Богомолов, Г. К. Гарипов,
С. И. Свертцов, Г. В. Тишин, И. В. Яшин*

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Рентген-гамма детектор (РГД) предназначен для регистрации спорадических возрастаний (всплесков TGRF) жёсткого рентгеновского и гамма-излучения (диапазон энергий фотонов 0,02...1,0 МэВ) высотных атмосферных разрядов в ходе эксперимента на микроспутнике «Чибис-М». Прибор состоит из четырёх детекторов на основе сцинтилляционных кристаллов NaI(Tl), каждый диаметром 4 см, три детектора толщиной 1 см и один — 2 см. В ходе эксперимента осуществляться непрерывная запись фоновых показаний детекторов прибора с временным разрешением 1,6 с. В приборе также предусмотрена запись данных по триггеру с более высоким временным разрешением (~6 мкс). Триггерный сигнал может вырабатываться самим прибором по определённом критерию, соответствующему фиксации гамма-вспышки, либо по внешнему триггеру, который может поступать от других приборов комплекса научной аппаратуры. В плане изучения высотных разрядов наибольший интерес представляют именно второй режим, когда триггер поступает от радиочастотного анализатора (РЧА), регистрирующего молниевые разряды. В ходе эксперимента зарегистрировано несколько сотен подобных событий, для которых построены временные и амплитудные распределения.

to create the ground segment for the “Chibis-M” operations with extended features on the background of low budget and high reliability.

As shown in the article there are comprehensive facilities of microsatellites in the field of fundamental researches and not directly for space investigations only. Some approaches (especially for ground operations and support) which are being tried during these missions may successfully be implemented in the “big” science space projects.

The article describes current status of the ground segment for microsatellite “Chibis-M” as well as lessons learned after first year of operations with it and shows prospective ways of evolutions of the described ground information system.

TGRF OBSERVATION RESULTS PROVIDED BY RGD OF “CHIBIS-M”

*A. V. Bogomolov, V. V. Bogomolov, G. K. Garipov,
S. I. Svertilov, G. V. Tishin, I. V. Yashin*

Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Russia

Roentgen-gamma detector (RGD) is meant for registering sporadic rises (TGRF flashes) of X-rays and gamma-rays (the range of — 0.02...1.0) of high-altitude atmospheric discharges in the course of experiment performed with the use of “Chibis-M”. The device consists of 4 NaI(Tl) scintillation detectors of 5 cm in diameter: three detectors are 1 cm thick and one is 2 cm thick. The solid recording of device detectors with time resolution of 1.6 s is being done during the experiment. The device provides data recording on trigger with higher time resolution (~6 mcs). A trigger signal can be produced by the device itself in accordance with a definite criterion or by the exterior trigger that can be derived from other devices of the on-board complex of equipment. We are particularly interested in the second mode, when trigger comes from radio frequency analyzer (RFA), registering lightning discharges. A few hundreds of phenomena, which required special time and amplitude distributions to be made, were registered in the course of experiment.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ВСПЫШЕК АТМОСФЕРНОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ДУФ НА МИКРОСПУТНИКЕ «ЧИБИС-М»

Г. К. Гаринов

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Детектор ультрафиолетового излучения (ДУФ) должен в составе комплекса научной аппаратуры (КНА) «Гроза», установленной на микроспутнике «Чибис-М», регистрировать вспышки ультрафиолетового и красного излучения высотных атмосферных разрядов. Прибор включает два фотоприёмника (фотоэлектронных умножителя), регистрирующих ультрафиолетовое (180...400 нм), и красное (650...800 нм) излучение. Выходной сигнал детекторов, осуществляющих запись временного профиля всплеска, оцифровывается с разрешением не менее 100 мкс и записывается в течение интервала времени, который задаётся ресурсами внутренней «кольцевой» памяти прибора (не менее 20 мс), после чего происходит перезаписывание в «кольцевую» память последующего набора показаний. Пороговый уровень срабатывания вырабатывается автоматически (за счёт обратной связи). Фиксация данных осуществляется по триггерному сигналу, вырабатываемому самим прибором, либо по внешнему триггеру, который может поступать от других приборов комплекса научной аппаратуры. В ходе эксперимента зарегистрированы десятки событий в различных режимах. Рассматриваются временные характеристики этих событий, а также результаты сопоставления вспышек ультрафиолета, регистрируемых прибором ДУФ и молниевых разрядов, детектируемых радиочастотным анализатором (РЧА).

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВОЛН ОЧЕНЬ НИЗКИХ ЧАСТОТ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ МИКРОСПУТНИКОМ «ЧИБИС-М»

*Ferencz, Csaba*¹ — sci. advisor, Prof., csaba@sas.elte.hu

† *Bodnár, László*²

Steinbach, Péter^{1,3} — research fellow, PhD, steinb@sas.elte.hu

*Szegedi, Péter*² — engineer, peter.szegedi@gmail.com

*Lichtenberger, János*¹ — sen. research fellow, dr, lityi@sas.elte.hu

*Ferencz, Orsolya E.*¹ — research fellow, PhD, orsi@sas.elte.hu

*Hamar, Dániel*¹ — sen. research fellow, dr, dani@sas.elte.hu

¹ Space Research Group, Eötvös Univ., Dept. of Geophysics and Space Sci., Budapest, Hungary, spacerg@sas.elte.hu, +361 372 2906

² BL ELECTRONICS, Solymár, Hungary

³ MTA-ELTE Research Group for Geology, Geophys. and Space Sci, Budapest, Hungary

Для исследования распространения волн был использован набор данных о широкополосных формах волн очень низких частот (ОНЧ), зарегистрированных микроспутником «Чибис» в нижней части верхней ионосферы. Для детального анализа среди записей электрического и магнитного

THE RESULTS OF OBSERVING ATMOSPHERIC UV RADIATION WITH THE USE OF "CHIBIS-M" UV DETECTOR

G. K. Garipov

Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Russia

Ultraviolet radiation detector as part of scientific equipment complex "Groza" of "Chibis-M" is meant for registering ultraviolet and red radiation flashes of high-altitude atmospheric discharges. The device is made up of 2 photoelectric receptors (photomultipliers), which detect ultraviolet (1800...400 nm) and red (650...800 nm) radiation. An output signal from detectors, which record time profile of a burst, is digitized with resolution no less than 100 mcs and being recorded during the time interval that is set by the device inner 'ring' memory resources (no less than 20 ms), after that the following indications are rerecorded on the 'ring' memory. The threshold switch-on level is set automatically (by feedback). Data registration is executed through a trigger signal produced by the device itself, or through an external trigger, which can derive from other devices of the on-board complex of scientific equipment. In the course of the experiment dozens of events in different modes were detected. We examine time characteristics of these events as well as the results of correlation between ultraviolet flashes and lightning discharges, registered by UV radiation detector and radiofrequency analyzer-recorder respectively.

COMPLEX ANALYSIS OF VLF WAVE PHENOMENA RECORDED ON "CHIBIS-M" LEO SATELLITE

*Ferencz, Csaba*¹ — sci. advisor, Prof., csaba@sas.elte.hu

† *Bodnár, László*²

Steinbach, Péter^{1,3} — research fellow, PhD, steinb@sas.elte.hu

*Szegedi, Péter*² — engineer, peter.szegedi@gmail.com

*Lichtenberger, János*¹ — sen. research fellow, dr, lityi@sas.elte.hu

*Ferencz, Orsolya E.*¹ — research fellow, PhD, orsi@sas.elte.hu

*Hamar, Dániel*¹ — sen. research fellow, dr, dani@sas.elte.hu

¹ Space Research Group, Eötvös Univ., Dept. of Geophysics and Space Sci., Budapest, Hungary, spacerg@sas.elte.hu, +361 372 2906

² BL ELECTRONICS, Solymár, Hungary

³ MTA-ELTE Research Group for Geology, Geophys. and Space Sci, Budapest, Hungary

Wideband VLF waveform data series, recorded in the lower part of the topside ionosphere on board of circular orbiting Chibis microsatellite was used for wave propagation investigations. Lightning generated fractional hop whistlers, and accompanied wave phenomena occurrences were selected in electric and magnetic

полей были выбраны фрактальные скачкообразные свистящие атмосферерики, вызванные разрядами молнии, и сопутствующие им волновые явления. Применение кода сверхширокополосного распространения волн и использование высокочувствительных сенсоров спутника позволили определить характер амплитуды свистов. Этот метод даёт более точную информацию о механизме генерации. Результаты моделирования распространения импульсов ОНЧ, возбуждённых молнией в анизотропной ионосфере, подтверждают выводы предыдущих исследований, которые проводились по данным записей, выполненных спутником на большей высоте. Возникновения атмосфериков «хвост ласточки» показаны в записях спутника «Чиби́с». В отличие от уже изученного характера подобных атмосфериков, эти случаи были связаны с типом свистов 0^+ . Благодаря анализу обнаруженных атмосфериков «хвост ласточки» появится возможность подробно описать источник и процесс их возникновения.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МАГНИТНО-ВОЛНОВОГО КОМПЛЕКСА (МИКРОСПУТНИК «ЧИБИ́С-М»)

С. М. Беляев, Д. Ф. Дудкин

Львовский центр Института космических исследований НАНУ-НКАУ,
Львов, Украина

В состав комплекса научной аппаратуры «Гроза» микроспутника «Чиби́с—М» входит магнитно-волновой комплекс (МВК), состоящий из двух комбинированных волновых зондов (КВ31, КВ32), индукционного магнитометра и процессора спектрального анализа (ПСА).

МВК предназначен для измерения и изучения электромагнитных параметров космической погоды в диапазоне частот от 1 Гц до 20 кГц.

Датчики МВК размещены на микроспутнике таким образом, что индукционный магнитометр и измерители магнитного поля, входящие в состав волновых зондов, образуют ортогональную систему координат, а пластины измерителей тока космической плазмы каждого КВЗ ориентированы взаимно перпендикулярно. Данная конфигурация позволяет измерять три компоненты индукции магнитного поля, две компоненты плотности пространственного тока и напряжённость электрического поля (разность потенциалов между двумя КВЗ).

Выходные аналоговые напряжения датчиков преобразовываются в цифровую форму и проходят первичную обработку в ПСА. Результирующие потоки данных предаются на наземные пункты связи.

При обработке полученных данных были зафиксированы интенсивные помехи от бортовой аппаратуры микроспутника, вызванные близким расположением электромагнитных датчиков к другим приборам КА. После изучения параметров бортовых помех были разработаны и опробованы методы и алгоритмы фильтрации (очистки) цифровых данных. На примере реальных бортовых записей показана высокая эффективность этих алгоритмов.

Анализ телеметрических пакетов, полученных от магнитно-волнового комплекса в условиях нештатной ситуации на КА (дефицита электропитания), показал достаточную устойчивость аппаратуры и применяемых режимов работы к подобным сбоям.

field recordings for detailed analysis. Applying our real full wave (UWB) propagation code, and utilizing the high sensibility of the satellite sensors, proper interpretation of amplitude modulated character of trans-ionospheric whistlers was possible as closely spaced oblique propagated impulses. This technique provides more accurate information about the generation (lightning flash) mechanism. Results of UWB modeling of lightning excited impulse propagation in the anisotropic ionosphere confirmed the conclusions of earlier studies, performed in higher altitude satellite recordings. Swallow tailed whistler (STW) occurrences has been demonstrated in Chibis records. Unlike to already known, published character of STWs, these cases were coupled to 0^+ whistler types. With the analysis of newly found STW occurrences their source region, exciting process may be better described.

THE INITIAL RESULTS OF MAGNETIC-WAVE COMPLEX DATA PROCESSING (MICROSATELLITE "CHIBIS-M")

S. M. Belyaev, D. F. Dudkin

Lviv Centre of Institute for Space Research (LC ISR) of the National Academy of Sciences of Ukraine and National Space Agency of Ukraine, Lviv, Ukraine

Scientific equipment complex "Groza" of "Chibis-M" includes magnetic-wave complex (MWC) consisting of 2 combined wave probes (CWP1, CWP2), an induction magnetometer and a spectral analysis processor (SAP). MWC is meant for measuring and examining space weather electromagnetic parameters within the band of 1 Hz — 20 kHz.

MWC detectors are set on the micro-satellite in such a way that the induction magnetometer and magnetic field measurers, belonging to wave probes, form orthogonal coordinate system, and the plates of space plasma current measurers of both wave probes are mutually perpendicular. This configuration allows for measuring 3 components of magnetic field induction, 2 components of space current density and electric field intensity.

Analogue output voltages of detectors are transformed into a digital form and undergo primary treatment in the spectral analysis processor. Resulting data streams are transmitted to the ground contact points.

During data processing intense disturbance coming from the onboard equipment of the micro-satellite were registered. This was caused by the proximity of detectors to other devices of the scientific equipment complex. After the onboard disturbance examination new methods and algorithms of digital data filtering were elaborated and tested. The onboard recordings demonstrated great effectiveness of these algorithms.

The analysis of telemetry packets received from MWC in contingency (power shortage) has indicated the sufficient stability of equipment and modes adopted in such situations.

In the process of filtered data analysis whistler waves illustrating ionosphere electromagnetic processes were detected. The most qualitative results were obtained on the examination of measurements of magnetic field induction and electric field intensity. Least informative were the channels of current measuring.

При анализе «очищенных» от помех данных чётко зафиксированы ионосферные свисты (whistler waves), иллюстрирующие электромагнитные процессы, проходящие в ионосфере. Наиболее качественные результаты были получены при рассмотрении результатов измерений индукции магнитного поля, а также напряжённости электрического поля. Наименее информативными оказались каналы измерения тока.

Проведены первые оценки качества работы комплекта электромагнитных приборов, высказаны предположения о причинах недостаточной информативности каналов измерения тока. Даны примеры регистрации ионосферных свистов при пролёте над регионами с грозовой активностью.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ МОЛНИЕВОГО РАЗРЯДА ПО ДАННЫМ РАДИОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗАТОРА

В. М. Готлиб, В. Н. Каредин, М. С. Долгоносов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

В докладе приводится структурная схема радиочастотного анализатора, даны основные параметры прибора, особенности приёма, связанные с наличием техногенных помех, выбор зон и времени наблюдения грозовой активности. Приведены данные по статистике работы прибора, характерные примеры наблюдаемой молниевой активности (волновые функции и спектрограммы), даётся оценка параметров молниевых разрядов. Обсуждаются возможные пути модернизации радиочастотных измерений.

ТОНКАЯ СТРУКТУРА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ГРОЗОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПО ДАННЫМ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС-М»

М. С. Долгоносов, В. М. Готлиб

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

В начале 2012 г. был выведен на орбиту микроспутник «Чибис-М», основная задача которого заключается в комплексном исследовании процессов, протекающих в грозовом облаке. В данном докладе будут представлены результаты анализа молниевой активности по данным радиоизлучения в диапазоне 26..48 МГц, получаемых радиочастотным анализатором. Основные вопросы, которые мы планируем осветить в данном сообщении: классификация регистрируемых событий и их характеристики, оценка высоты электрического разряда над поверхностью Земли, объяснение дискретной природы молниевых радиоимпульсов, а также будет приведена оценка движения ступенчатого лидера. На наш взгляд представленные нами характеристики микросекундных импульсов могут быть ассоциированы с фрактальной моделью распределения заряда в грозовой области, развитой в работе *Naayakawa et al., JASTP, 2008*. Для проверки этой гипотезы нами будет представлен сравнительный анализ топологических размерностей микросекундных импульсов, полученных как на борту «Чибис-М», так и в теоретической модели из работы *Naayakawa et al., JASTP, 2008*.

The initial assessment of the electromagnetic equipment quality is performed and the reasons for insufficient information content of current measurement channels are discussed. We also present the examples of ionosphere whistlers detected over the areas with thunder activity.

LIGHTNING DISCHARGE RADIO EMISSION ACCORDING TO THE DATA FROM RADIOFREQUENCY ANALYZER

V. M. Gotlib, V. N. Karedin, M. S. Dolgonosov

Space Research Institute of Russian Academy of Russian, IKI RAN, Moscow, Russia

The report includes a block diagram of radiofrequency analyzer, basic device parameters, the peculiarities of reception, relating to technogeneous disturbance, and, besides, the description of chosen zones and time of lightning activity observations. We also present the data on the device functioning statistics and typical examples of lightning activity under observation (wave functions and spectrograms). Apart from that, the parameters of lightning discharges are evaluated and possible ways of radiofrequency measuring modernization are discussed.

FINE RADIO EMISSION STRUCTURE OF HIGH-ALTITUDE THUNDERSTORM FORMATIONS ACCORDING TO “CHIBIS-M”

M. S. Dolgonosov, V. M. Gotlib

Space Research Institute of Russian Academy of Russian, IKI RAN, Moscow, Russia

Micro-satellite “Chibis-M” was sent into orbit in the beginning of 2012. The satellite is intended for the complex investigation of processes taking place within a thunderstorm cloud. This report comprises the results of lightning activity analysis based on radio emission (in the range of 26...68 MHz) data, provided by the radiofrequency analyzer. The main issues we are meaning to cover in the report are as follows: the classification of detected events and their characteristics, the assessment of the electric discharge altitude above the Earth’s surface, the explanation of lightning radio pulse discrete nature and, besides, the estimation of step leader motion. As we see it, the presented microsecond impulse characteristics can be associated with the fractal model of charge distribution within a thunderstorm area, described in Hayakawa et al., JASTP, 2008. In order to check this hypothesis we will present a comparative analysis of topological dimensions of microsecond impulses, taken with the use of both “Chibis-M” and the theoretical model from Hayakawa et al., JASTP, 2008.

СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ TLE ПО ДАННЫМ ДЕТЕКТОРА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИКРОСПУТНИКОВ МГУ ТИПА «ТАТЬЯНА» И МИКРОСПУТНИКА ИКИ РАН «ЧИБИС-М»

*Г. К. Гарипов, П. А. Климов, М. И. Панасюк,
С. И. Свертилов, Б. А. Хренов, И. В. Яшин*

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Исследования географического распределения TLE вдоль траектории спутников показывают, что значительная доля вспышек регистрируется вне облачных образований и вытягивается вдоль меридиана за пределы грозовых образований над континентами. Распределение вспышек в перпендикулярном направлении резко обрывается на границе континента. Обсуждаются различные гипотезы, предложенные для объяснения результатов эксперимента, в том числе и влияние магнитного поля Земли. Рассматриваются данные микроспутника «Татьяна-2» траектория, которого над Южной Америкой совпадает с максимальным градиентом напряженности глобального магнитного поля и предварительные результаты микроспутника «Чибис-М» вдоль траектории, которого магнитное поле практически остаётся постоянным.

ДЕТЕКТОРЫ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ПРОЕКТА TARANIS

*J.-A. Sauvaud, P. Devoto, A. Fedorov,
G. Ortner, O. Chasselat*

IRAP, Тулуза, Франция

Основной целью двух детекторов электронов IDEE на борту космического аппарата TARANIS, находящегося на солнечно-синхронной орбите, является выявление релятивистских убегающих электронов, связанных с гамма-вспышками земного происхождения. Электроны должны прибывать либо непосредственно с низких высот атмосферы, либо, что более вероятно, порождаться гамма-лучами на больших высотах. Спектрометры IDEE предназначены для измерения пульсирующего потока электронов в диапазоне энергии от 100 кэВ до 4 МэВ. Два прибора обнаружения соединены между собой, кремниевый детектор следует за детектором CdTe. Соединение между двумя детекторами позволяет определить направление прихода электронов. CdTe детектор, предназначенный для измерения энергии, имеет достаточную площадь, 64 см², для оценки ожидаемых потоков. Вторая цель IDEE — изучение индуцированных молниевых осадков электронов (LEP). Здесь энергия электронов, как правило, ниже 300 кэВ. Малая энергия электронов определяется с помощью верхнего кремниевого детектора, соединенного с коллиматором для получения информации о направлении прибытия. Конечная цель IDEE — изучение радиационных поясов с особым акцентом на взаимодействие/ускорение волна-частица. Временное разрешение измерений составляет 0,1 с в режиме съёмки и порядка 10 мкс в режиме серийной съёмки. В работе представлен спектрометр, а также обсуждаются его основные свойства, в том числе электроника ASIC.

THE ADVANCED ANALYSIS OF TLE ACCORDING TO UV DETECTOR OF MSU "TATIANA" TYPE MICROSATELLITES AND ISR RAS MICROSATELLITE "CHIBIS-M"

*G. K. Garipov, P. A. Klimov, M. I. Panasyuk,
S. I. Svertilov, B. A. Khrenov, I. V. Yashin*

Skolbel'syn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Russia

The study of TLE geographical distribution along the trajectory of satellites shows that a large proportion of flashes is detected outside cloud formations and stretches along a meridian outside thundery formations over the continents. Distribution of flashes in the perpendicular direction ends abruptly at the continental border. Various hypotheses, which have been proposed to explain the experimental results, including the effect of the magnetic field of the Earth, are discussed in the report. The data of microsatellite «Tatiana-2», whose trajectory over South America coincides with the maximum gradient strength of the global magnetic field is examined and the preliminary results of microsatellite "Chibis-M", along the path of which the magnetic field remains almost constant, are considered.

THE RELATIVISTIC ELECTRON DETECTORS FOR THE TARANIS PROJECT

*J.-A. Sauvaud, P. Devoto, A. Fedorov,
G. Ortner, O. Chasselat*

IRAP, Toulouse, France

The main goal of the two electron detectors IDEE onboard the sun-synchronous TARANIS spacecraft is the detection of Relativistic Runaway Electrons (RRE) associated with Terrestrial Gamma Flashes/sprites. The electrons are expected to come either directly from the low altitude atmosphere or more probably to be produced by gamma rays at higher altitudes. The IDEE spectrometers are designed to measure bursty fluxes of electrons in the energy range from 100 keV up to 4 MeV. Two detection planes are associated, a silicon detector followed by a CdTe detector. Coincidence between the two detectors allows to obtain an estimation of the arrival direction of the electrons. The CdTe detector devoted to high energy measurements has a sufficient area, 64 cm², to measure the expected fluxes. A secondary goal of IDEE is the study of lightning induced electron precipitation (LEP). Here the energy of the electrons is generally lower than 300 keV. These low energy electrons will be detected by the upper silicon detector, associated with a collimator to obtain information of the arrival direction. A final goal of IDEE is the study of the radiation belts with particular emphasis on wave-particle interaction/acceleration. The time resolution of the measurement is 0.1 second in survey mode and on the order of 10 microseconds in burst mode. The spectrometer is presented and its main properties discussed, including the ASIC electronics.

**TARANIS и COBRAT, ФРАНЦУЗСКИЕ СПУТНИК И АЭРОСТАТ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ СВЕТОВЫХ
ЯВЛЕНИЙ (TLEs) И ГАММА-ВСПЛЕСКОВ ЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ (TGFS)**

Jean-Louis Pinçon

LPC2E — University of Orléans/CNRS

Как и российский микроспутник «Чибис-М», TARANIS предназначен для изучения переходных световых явлений (TLEs) и гамма-всплесков земного происхождения (TGFS). К концу 2015 г. ТАРАНИС будет функционировать на орбите, доставляя информацию о наблюдениях TLEs и TGFS, а также обеспечивать регистрацию электронов большой энергии и точные измерения волнового поля в диапазоне частот от DC до 35 МГц.

COBRAT — стратостат, разработанный с целью максимально увеличить научную эффективность TARANIS. Главной задачей COBRAT является проведение стратосферных измерений над активными грозовыми областями. Такие измерения необходимы для точной идентификации генерирующих механизмов TLEs и TGFS и для оценки их воздействия на атмосферу. В данной работе представлена стратегия по увеличению научной эффективности TARANIS и COBRAT.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ ТРАНЗИЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
С ПРОЦЕССАМИ В АТМОСФЕРЕ И ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ
ПРОСТРАНСТВЕ ПО ДАННЫМ ДЕТЕКТОРА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ МИКРОСПУТНИКОВ МГУ ТИПА «ТАТЬЯНА»**

*Г. К. Гарипов, П. А. Климов, М. И. Панасюк,
С. И. Свертцлов, Б. А. Хренов, И. В. Яшин*

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына
Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия

В докладе приводятся результаты современного анализа исследований транзитных оптических явлений в атмосфере по данным микроспутников МГУ типа «Татьяна». Обсуждаются результаты анализа особенностей географического распределения зарегистрированных событий и мощности вспышек в зависимости от магнитного поля, влажности атмосферы и облачных образований. Даны оценки высоты генерации излучения по соотношению излучений в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. Рассматриваются корреляции вспышечных явлений с фазами Луны и ее высотой над горизонтом.

TARANIS AND COBRAT, THE FRENCH SATELLITE AND BALLOON PROJECTS FOR TLES AND TGFS STUDIES

Jean-Louis Pinçon

LPC2E — University of Orléans/CNRS

Like the Russian satellite “Chibis-M”, TARANIS is a satellite dedicated to the study of Transient Luminous Events (TLEs) and Terrestrial Gamma ray Flashes (TGFs). By the end of 2015 TARANIS will be operating in space and will provide the atmospheric electricity community with combined Nadir observations of TLEs and TGFs, high resolution measurements of energetic electrons, and high resolution wave field measurements from DC up to 35 MHz.

COBRAT is a balloon project developed by CNES to maximize the scientific return of TARANIS. The aim of COBRAT is to perform stratospheric measurements above active thunderstorm areas. Such measurements are needed to identify unambiguously the generation mechanisms of TGFs and TLEs and to quantify their atmospheric effects.

The strategy adopted to maximize the scientific return of both TARANIS and COBRAT is presented and discussed.

THE STUDY OF CORRELATIONS OF TRANSIENT OPTICAL PHENOMENA AND PROCESSES IN THE ATMOSPHERE AND NEAR-EARTH SPACE ACCORDING TO THE UV DETECTOR OF MSU “TATIANA” TYPE MICRO-SATELLITES

G. K. Garipov, P. A. Klimov, M. I. Panasyuk, S. I. Svertilov, B. A. Khrenov, I. V. Yashin

Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Russia

The report presents the results of modern analysis of transient optical phenomena in the atmosphere according to MSU TATIANA type micro-satellites. The results of the analysis of the geographical distribution peculiarities of recorded events and flash power in relation to the magnetic field, atmospheric humidity and cloud formations are discussed. The estimations of radiation generation altitude by the ratio of radiation in the ultraviolet and infrared ranges are given. The correlations of flash events with the phases of the moon and its height above the horizon are examined.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ УНЧ-КНЧ-ДИАПАЗОНА В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

В. А. Пилипенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Рассмотрены различные аспекты воздействия грозовых электрических разрядов на околоземное пространство. Теоретически оценено возбуждение грозовой активностью МГД-структур в герцевом диапазоне в альфвеновском резонаторе и магнитозвуковом волноводе в верхней ионосфере. Приведены результаты численного моделирования просачивания шумановских резонансов на ионосферные высоты. Рассмотрены возможности для исследования механизмов импульсной связи между атмосферой и магнитосферой в УНЧ-КНЧ-диапазоне на микроспутниках, низкоорбитальных аппаратах и наземных сетях регистрации грозовых разрядов.

ДАННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ КА DEMETER В ПЕРИОД СИЛЬНЫХ ГРОЗ

M. Parrot

LPC2E/CNRS, Orléans, France

29 июня 2004 г. трёхосевой стабилизированный космический аппарат DEMETER был выведен на полярную круговую орбиту на небольшую высоту (~710 км), которая впоследствии была понижена до 650 км. По своим параметрам орбита была почти солнечно-синхронной (с восходящим узлом ~22,30 LT в ночное время суток и с нисходящим узлом ~10,30 LT в дневное время суток). DEMETER измерял электромагнитные волны вокруг поверхности Земли; исключение составили зоны полярных сияний (инвариантная широта >65°), таким образом набор данных упорядочен по полуорбитам. Диапазон частот для электрического поля составлял DC – 3,5 МГц, а для магнитного поля — от нескольких герц до 20 кГц. В явлении, которое наблюдалось на полученных в ночное время суток спектрограммах E- и V-полей, преобладали свистящие атмосферерики. Но наличие свистов возможно также и в дневное время суток, когда спутник находится прямо над грозами. С одной стороны, мы занимались поиском более интенсивных свистов, которые должны соответствовать более мощным разрядам молнии, происходящим ниже DEMETER. Эти интенсивные удары молнии, как правило, связаны с переходными световыми явлениями (TLEs). С другой стороны, исследование проводилось для того, чтобы проверить может ли такая молниевая активность возмутить плотность электронов и ионов на высоте спутника.

ELECTROMAGNETIC ULF-ELF BAND DISTURBANCE EXCITATION IN THE UPPER IONOSPHERE BY THE THUNDERSTORM ACTIVITY

V. A. Pilipenko

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia

Various aspects of thunderstorm electric discharge effect on the near-Earth space are examined. Theoretical estimation of thunderstorm excitement of MHD structures in Hz band in Alfvén resonator and magnetosonic waveguide in the upper ionosphere are provided. The numerical simulation results of Schumann resonance ‘leakage’ onto the ionosphere altitudes. The study of the mechanisms of impulse connection between the atmosphere and the magnetosphere in ULF-ELF band by micro-satellites, low-altitude spacecraft and surface registration systems of lightning discharges is discussed.

DATA RECORDED BY DEMETER DURING INTENSE THUNDERSTORMS

M. Parrot

LPC2E/CNRS, Orléans, France

DEMETER was a 3-axis stabilized Earth-pointing spacecraft launched on June 29, 2004 into a low altitude (~710 km) polar and circular orbit that was subsequently lowered to 650 km till the end of the mission in December 2010. The orbit was nearly sun-synchronous with an ascending node at ~22.30 LT in the night sector and a descending node at ~10.30 LT during day-time. DEMETER measured electromagnetic waves all around the Earth except in the auroral zones (invariant latitude $>65^\circ$), then the data files are organized by half-orbit. The frequency range for the electric field was from DC up to 3.5 MHz, and for the magnetic field from a few Hz up to 20 kHz. At its altitude, the phenomena observed on the E-field and B-field spectrograms recorded during night time by the satellite are mainly dominated by whistlers. But whistlers are also observed during day time when the satellite is right above the thunderstorms. On one hand, we have searched for the more intense whistlers which must correspond to the more powerful lightning strokes occurring below DEMETER. These intense lightning strokes are generally associated with TLEs (Transient Luminous Events). Maps are shown. On the other hand, a search has been done to check if this intense lightning activity is able to perturb the electron and ion densities at the satellite altitude.

СИЛЬНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ELF/VLF, СВЯЗАННЫЕ С ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ НАД ЮГОМ ФРАНЦИИ 8 ОКТЯБРЯ 2009 г.

J. Błęcki¹, M. Parrot², R. Wronowski¹

¹ Space Research Centre PAS, Warsaw, Poland

² LPCE/CNRS, Orleans, France

В докладе представлены наблюдения ELF и VLF излучений, зарегистрированных спутником DEMETER во время сильной грозовой активности. На высоте ~650 км волны, наблюдаемые на E-поле спектрограммы на средне-низких широтах в ночное время, в основном изобилуют восходящими свистами 0+, но связаны они со свистами электронов. В ночь на 8 октября 2009 г. сильная грозовая активность наблюдалась в районе Castres. Спутник зарегистрировал ELF и VLF данные прямо над областью Castres во время сильной грозовой активности. В это время приборы DEMETER были переведены в режим серийной съемки, что позволило зарегистрировать волновые формы. Как оказалось, сильные излучения были инициированы двумя интенсивными –CG ударами молнии (–118 и –155 kA), промежуток между которыми составлял 2 с. Показано, что свисты распространяются от грозовых областей в направлении «Земля – ионосфера» и входят в ионосферу под спутником. Их продолжительность составляет несколько десятков миллисекунд, и интенсивность сигнала ELF близка к 3 мВ/м. С этими излучениями также связан особенно интенсивный протонный свист. Во время этого события были замечены изменения температуры электронов.

ФРАКТАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ГРОЗОВОГО ОБЛАКА

Д. И. Иудин^{1,2}, А. А. Емельянов², В. Ю. Климашев², Р. Д. Дмитриенко²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной физики Российской академии наук, Нижний Новгород, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, Россия

Несмотря на большой объем выполненных исследований, касающихся многочисленных аспектов физики гроз, глубокого понимания физических процессов формирования электрической структуры грозовых облаков, инициирования пробоя и распространения молнии, роли грозовых генераторов в глобальной электрической цепи не достигнуто до сих пор. Сложность проблемы объясняется, прежде всего, масштабностью самого явления: величины физических параметров, характеризующих молнию и грозу, изменяются на 15 порядков величины от атомных расстояний, характеризующих процессы электризации грозового облака до масштабов в десятки и сотни километров, охватывающих движения воздуха во всей грозовой системе. Указанная масштабность явления, отражающая, с одной стороны, его безусловную сложность, дает, с другой стороны, ключ к пониманию его основных закономерностей. Дело в том, что широкий диапазон масштабов грозового электричества очень часто облекается в универсальную форму скейлинга, когда в достаточно широком диапазоне пространственно-временных интервалов явление характеризуется свойством самоподобия.

THE STRONG ELF/VLF EMISSIONS ASSOCIATED WITH THE THUNDERSTORM OVER SOUTHERN FRANCE ON OCTOBER 8, 2009

*J. Błęcki*¹, *M. Parrot*², *R. Wronowski*¹

¹ Space Research Centre PAS, Warsaw, Poland

² LPCE/CNRS, Orleans, France

We will report the observation of ELF and VLF emissions recorded on the low altitude satellite DEMETER during strong thunderstorm activity. At an altitude of ~650 km, waves observed on the E-field spectrograms at mid-to-low latitudes during night time are mainly dominated by up-going 0+ whistlers but associated with electron whistlers. During the night of October 8, 2009 the strong thunderstorm activity occurred in the vicinity of Castres. ELF and VLF data have been recorded by the satellite just over the Castres region during this strong thunderstorm activity. In this time the DEMETER instruments were switched in the burst mode and it was possible to register the wave forms. It is shown that the strongest emissions have been triggered by two intense –CG lightning strokes (–118 and –155 kA) separated by 2 seconds. It is shown that the whistler wave propagates from the thunderstorm regions in the Earth-ionosphere guide and enters in the ionosphere below the satellite. They last several tens of milliseconds and the intensity of the ELF waveform is close to 3 mV/m. A particularly intense proton whistler is also associated with these emissions. The variations of the electron temperature was seen during this event.

FRACTAL ELECTRODYNAMICS OF A THUNDERSTORM CLOUD

D. I. Iudin^{1,2}, *A. A. Emelyanov*², *V. Y. Klimashev*², *R. D. Dmitrenko*²

¹ Institute of Applied Physics of RAS, Nizhnii Novgorod, Russia

² Scientific Research Institute of Radio Physics, Nizhnii Novgorod, Russia

Despite the huge volume of investigations concerning physics of thunders, there are still many gaps in our understanding of the physical processes of gas clouds electric structure formation, the initiation of lightning breakdown and lightning propagation, the generation of new chemical compounds and the role of thunder generators in the global electric circuit. The complexity of the problem is accounted for by the scale of the very phenomenon: the value of physical parameters, relating to lightning and thunderstorm, evolve by 15 magnitude orders of atomic distances, which characterize the process of thunder cloud electrification of tens and hundreds of kilometers, covering the air motion within the whole thunderstorm system.

On the one hand, the indicated scale of the phenomenon reflects its complexity, and on the other hand it serves as a key to their basic regularity understanding. The point is that the wide scale range of thunderstorm electricity frequently takes the form of scaling, when in the wide range of space and time intervals the phenomenon is characterized by self-similarity.

In terms of the quality the thunder cloud dynamics appears to be a self-organized and self-adjusting critical mode. Phenomena of this kind were by brought together by the general term “systems with self-organized criticality”. In the mode

Качественно динамика грозового облака производит впечатление самоорганизующегося и самонастраивающегося критического режима. Явления такого рода были объединены недавно общим наименованием систем с самоорганизованной критичностью (self-organized criticality). В режиме самоорганизованной критичности система оказывается сложной в том смысле, что для неё не существует единственного характерного размера событий: нет ни временного, ни линейного масштаба, которые бы управляли эволюцией системы. И хотя динамический отклик системы сложен, упрощающим аспектом поведения является то, что его статистические свойства описываются в некотором диапазоне параметров простыми степенными законами. Последнее обстоятельство делает актуальным применение в задачах моделирования грозового электричества современных методов фрактальной геометрии. Преимущество фрактальных методов состоит в возможности осуществлять оперативный анализ тех или иных наблюдательных данных, выявляя приближение момента перехода исследуемой неравновесной физической системы к точке бифуркации (например, приближение грозового облака к моменту разряда или образование зоны интенсивных осадков в облачной системе). Развивается фрактальный подход к моделированию молниевго разряда. Эволюция внутриоблачного электрического поля является результатом взаимодействия процесса разделения зарядов, который увеличивает флуктуации поля, и разрядного процесса, который осуществляет диссипацию энергии поля. Обсуждается моделирование процесса формирования внутриоблачного электрического потенциала как обобщённого броуновского потенциального рельефа с вертикальной модуляцией, что позволяет обеспечить наблюдаемые в эксперименте степенные асимптотики вариаций поля и триплетную вертикальную структуру внутриоблачного заряда. Главной особенностью предлагаемого подхода к моделированию молниевго разряда является иерархичность образующихся проводящих кластеров, что позволяет рассматривать их как своеобразные дренажные системы для сбора и нейтрализации внутриоблачного заряда.

ПОИСК TGF В ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА SPI/INTEGRAL

А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Для исследования диффузного рентгеновского и гамма-фона обсерваторией INTEGRAL в 2006 и 2012 гг. был произведён ряд наблюдений, когда в апертуру телескопов IBIS/ISGRI и SPI попадала Земля. Эти данные общей длительностью 480 кс исследованы для поиска гамма-всплесков земного происхождения (TGF). Несмотря на то, что обсерватория INTEGRAL имеет высокоэллиптическую орбиту, в отличие от других околоземных обсерваторий, регистрирующих TGF (высота их орбит ~600 км), наиболее мощные TGF могли бы быть зарегистрированы и обсерваторией INTEGRAL. Мы приводим кандидаты в TGF, оценки частоты возникновения и мощности гамма-всплесков земного происхождения.

of self-organized criticality the system proves to be complex since it does not have the typical size of events: neither time scale, no linear one, which would operate the evolution system.

Although the dynamic appearance of the system is rather complicated, the simplifying aspect is that its static features are described within a certain range by simple power rules. The latter fact makes the application of modern methods of fractal geometry in thunderstorm electricity modeling to become relevant. The advantage of fractal techniques consists in the ability to make a rapid analysis of various observation data, detecting the moment of transition approximation of the investigated nonequilibrium physical system to a bifurcation point (for example, the approach of a storm cloud at the time of discharge or the formation of a zone of intense precipitation in the cloud system). The fractal approach to lightning discharge modeling is being developed. Intracloud evolution of the electric field is the result of the interaction of charge separation process, which increases the fluctuation of the field, and the discharge process, which provides the energy dissipation of the field.

We discuss modeling of the intracloud electric potential formation process as the generalized Brownian potential relief with vertical modulation, which provides power asymptotics of the field variation and triplet vertical structure of the intracloud charge. The major feature of suggested approach to the lightning discharge modeling is the hierarchy of conductive clusters, which makes it possible to consider them as peculiar drain systems for the intracloud charge acquisition and neutralization.

SEARCH FOR TGFs IN SPI/INTEGRAL EXPERIMENT DATA

A. Pozanenko, P. Minaev

Space Research Institute of Russian Academy of Science (IKI RAN), Moscow, Russia

In order to investigate diffusion X-ray and gamma background, observatory INTEGRAL performed a few observations in 2006 and 2012 when the Earth was in the area of IBIS/ISGRI telescopes aperture. These recordings, with the overall duration of 480 cs, were examined for the search of Terrestrial Gamma Flashes (TGFs). Although INTEGRAL has high-elliptic orbit, contrary to other near-Earth observatories registering TGFs (the altitude of their orbits ~600 km), the most intense TGFs could be registered by INTEGRAL as well. We present the candidates for TGFs, the estimations of their occurrence frequency and the power of TGFs.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ НА «ЧИБИС-М»

*С. И. Климов, Е. А. Шарков, В. М. Готлиб, В. Н. Каредин,
И. В. Козлов, Д. И. Новиков, Д. И. Вавилов*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Тропические циклоны (ТЦ) являются сильнейшими источниками грозовой (и, соответственно, электромагнитной) активности в широком частотном диапазоне) активности в земной атмосфере с пространственными размерами возмущённой области до 1000 км и вертикального развития до 16...20 км со скоростями перемещения заряженных капель воды до 30 м/с. В работе оцениваются физические возможности генерации такими системами гамма излучения, которое может быть фиксировано с низкоорбитальных космических аппаратов типа микроспутника «Чибис-М». Ввиду квазихаотизированности в траекторных характеристиках тропического циклогенеза, рассматривается навигационная проблема «частоты встреч» наземной проекции орбиты микроспутника и траектории тропических циклонов в активных циклогенерирующих акваториях Мирового океана. Эта навигационная проблема должна рассматриваться в двух аспектах — статистическом и детерминированном. В первом случае учитывается усреднённое поле траекторий в каждой из циклогенерирующих акваторий; во втором проводится детальная фиксация действующего тропического циклона и делаются прогностические предположения на потенциальную траекторию движения по данным оптических и микроволновых спутниковых данных (миссии Aqua, GOES).

Благодаря активной работе Оперативной группы управления комплексом научной аппаратуры (КНА) «Гроза» микроспутника «Чибис-М», удалось провести радиочастотным анализатором (РЧА) (26...48 МГц) и комплексом МВК (0,1...40 кГц) эпизодические наблюдения ТЦ 27W Wukong, развивавшегося с 25.12.2012 г. по 30.12.2012 г., и ТЦ 08S Narelle, развивавшегося с 10.01.2013 г. по 15.01.2013 г. у северного побережья Австралии.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И ИОНОСФЕРЫ

Л. Б. Ванина-Дарт, Е. А. Шарков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Современные международные исследования взаимосвязи тропических циклонов (ТЦ) и ионосферы сопряжены с большими сложностями доказательства действия возможных механизмов воздействия ТЦ на ионосферу. Тропические циклоны являются самыми мощными тропосферными катастрофами. Мощные выбросы заряженных частиц и нейтралов, излучение внутренних гравитационных волн (ВГВ) и низкочастотных электромагнитных волн из центральных зон ТЦ на значительные высоты и расстояния от ТЦ являются проявлением механизма действия тропических циклонов.

THE EXPERIENCE OF “CHIBIS-M” RESEARCH ON TROPICAL CYCLONES

*S. I. Klimov, E. A. Sharkov, V. M. Gotlib, V. N. Karedin,
I. V. Kozlov, D. I. Novikov, D. I. Vavilov*

Space Research Institute of Russian Academy of Science (IKI RAN), Moscow, Russia

Tropical cyclones (TC) are the most powerful sources of thunderstorm activity (and, correspondingly, of the electromagnetic activity within the wide frequency range) in the terrestrial atmosphere with spatial sizes of a perturbed area up to 1000 km and vertical development up to 16...20 km with charged water drops movement speeds up to 30 m/s. The study assesses physical potentialities of the generation by the systems of gamma-ray emission that can be monitored by low-orbiting spacecraft like “Chibis-M”. In view of quasichaotic nature of trajectory characteristics of tropical cyclogenesis we examine the navigation problem of “meetings frequency” of the surface projection of the microsatellite orbit and the trajectory of tropical cyclones in the active cyclogenerative water areas of the World Ocean. The navigation problem should be dealt with in two aspects: statistical and deterministic. In the first case the averaged field of trajectories in each of cyclogenerative water areas is taken into consideration; in the second one detailed fixing of the active tropical cyclone is carried out and prognostic suppositions concerning the potential motion trajectory in accordance with the optic and microwave satellite data are made.

Owing to the intense work done by the Operative group controlling the complex of scientific equipment (CSE) “Groza” of microsatellite “Chibis-M”, it became possible to make periodic observations on TC 27W Wukong, evolving from 25.12.2012 to 30.12.2012, and on TC 08S Narelle, developing from 10.01.2013 to 15.01.2013 by the northern coast of Australia, with the use of RFA (26) and MCC (multifunctional computational complex) (0.1...40 kHz).

ADVANCED INTERNATIONAL INVESTIGATIONS OF THE CORRELATION BETWEEN TROPICAL CYCLONES AND THE IONOSPHERE

L. B. Vanina-Dart, E. A. Sharkov

Space Research Institute of Russian Academy of Science (IKI RAN), Moscow, Russia

Advanced international investigations of the correlation between tropical cyclones (TCs) and the ionosphere are connected with extreme difficulties of proving the action of possible mechanisms of TC effect on the ionosphere. TCs are the greatest troposphere disasters. Powerful surges of charged particles and neutrals, internal gravity wave radiation and low-frequency electromagnetic wave radiation from central points of TCs to considerable altitudes and distances are a manifestation of TC action mechanisms. The authors of this presentation analyze the ionosphere parameters, received in the process of both ground and satellite probing above TC and at a certain distance from it. Cyclones, being examined in the paper, functioned in waters of the Indian Ocean and the Pacific Ocean in different years.

В данной презентации авторы анализируют ионосферные параметры, полученные как при наземном, так и спутниковом зондировании над ТЦ, так и на определённом расстоянии от него. Циклоны, рассматриваемые в работе, действовали в акваториях Индийского и Тихого океанов в разные годы. Было получено, что с момента зарождения ТЦ и до начала его самой активной фазы над зоной его действия и около в ионосфере наблюдается повышение значений её параметров (до 100 %). Далее, над зоной локализации ТЦ и около, значения ионосферных параметров начинают падать (до 50 %). Принципиальное отличие относительно воздействия на ионосферу со стороны тропического циклона с точки зрения уровня мощности ТЦ не выявлено.

КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ВЫСОТНЫХ МОЛНИЙ И СОПУТСТВУЮЩИХ ИМ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ И ИОНОСФЕРЕ ЗЕМЛИ НА БАЗЕ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС-АИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУЗОВОГО КОРАБЛЯ «ПРОГРЕСС»

*Л. М. Зелёный, С. И. Климов, В. М. Готлиб,
В. Г. Родин, Д. И. Новиков, М. С. Долгонос*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Несмотря на большой объем выполненных исследований, касающихся многочисленных аспектов физики гроз, глубокого понимания физических процессов формирования электрической структуры грозовых облаков, инициирования пробоя и распространения молнии, генерации новых химических соединений, роли грозовых генераторов в глобальной электрической цепи не достигнуто до сих пор. В частности, молниевые разряды являются основным источником генерации окисей азота, особенно в тропосфере. Однако свойства этого источника являются наименее изученными. Как показали измерения, проведённые на микроспутнике «Чибис-М», характерные условия, возникающие в наэлектризованном грозовом облаке из-за их многомасштабности, не воспроизводимы в лабораторных условиях. Данные приборов микроспутника «Чибис-М» показали, что фрактальные свойства распределения зарядов в облаке, не учитываемые ранее при изучении атмосферного электричества, могут существенным образом скорректировать оценки скорости генерации окисей азота в грозовой области и вклад молний в атмосферную химию и климат. Измерения электрической активности радиочастотным анализатором (РЧА) показали, что на самом деле пространственная структура грозового фронта имеет несколько характерных масштабов, а, если быть более точным, распределение заряженных микроячеек случайно и может быть описано в рамках фрактальной топологии, в каком-то смысле происходит самоорганизация электризованного слоя.

Помимо разностороннего изучения сугубо молниевой активности комплекс научной аппаратуры микроспутника «Чибис-АИ» даст возможность исследовать довольно широкий круг явлений, связывающих атмосферу и ионосферу Земли. Здесь стоит отметить как изучение собственных вариаций параметров ионосферной плазмы, так и, например, определение ионосферного критерия, отражающего процессы тропического циклогенеза.

It was discovered that from TC formation till the beginning of its most active phase over the area of its activity and near the ionosphere the growth of parameter values took place (up to 100 %). Then, over TC location area, parameter values started to decrease (up to 50 %). Basic difference in relation to TC effect on the ionosphere in terms of power level was not detected.

THE SPACE EXPERIMENT "THE RESEARCH ON THE NATURE OF THE HIGH ALTITUDE LIGHTINGS AND THE CONCOMITANT PROCESSES IN THE ATMOSPHERE AND THE IONOSPHERE OF THE EARTH ON THE BASIS OF MICRO-SATELLITE "CHIBIS-M" WITH THE USE OF CARGO SPACECRAFT "PROGRESS"

L. M. Zeleny, S. I. Klimov, V. M. Gotlib, V. G. Rodin, D. I. Novikov, M. S. Dolgonosov

Space Research Institute of Russian Academy of Science, Moscow, Russia

Despite the huge volume of investigations concerning physics of thunders, there are still many gaps in our understanding of the physical processes of gas clouds electric structure formation, the initiation of lightning breakdown and lightning propagation, the generation of new chemical compounds and the role of thunder generators in the global electric circuit. In particular, lightning discharges are the basic source of nitrogen oxides generation, especially in the troposphere. However, the properties of this source are far from being thoroughly examined. As the estimates made by "Chibis-M" have indicated, typical conditions, which arise in an electrified thunder cloud due to their large scale cannot be reproduced under laboratory conditions. According to the data available from "Chibis-M", the fractal characteristics of discharges distribution within the cloud, which were previously ignored on investigating the atmosphere electricity, can correct both the estimations of the pace of nitrogen oxides generation in the thunder area and the contribution of lightnings into the atmospheric chemistry and climate. Measurements made by radio frequency analyzer (RFA) have shown that, in fact, the structure of thundery front has a number of characteristic scales, and, to be more exact, the distribution of charged microcells is random and can be described within the scope of fractal typology; in some way it is the self-organization of the electrified layer that takes place. Apart from the multifaceted analysis of exclusively lightning activity, the complex of scientific equipment of micro-satellite "Chibis-M" will make it possible to investigate fairly wide circle of phenomena connecting the atmosphere and the ionosphere of the Earth. The study of the proper variations of the ionosphere plasma parameters as well as the definition of the ionosphere criteria, which reflects tropical cyclogenesis processes, should be noted in this relation.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС» ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

А. Н. Зайцев, С. И. Климов, О. В. Батанов, А. М. Садовский

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Представлен обзор образовательных проектов по космической физике для школьников по наблюдению радиоволн естественного и искусственного происхождения в космосе. В основе предлагаемых учебных программ о состоянии космической среды лежит использование простых приборов (приёмников) для наблюдений электромагнитных волн, возникающих в верхней атмосфере, в том числе во время грозовой активности, магнитных бурь и полярных сияний. Даны ссылки на проекты с использованием простейших приборов для наблюдений за радиоизлучением Солнца и планет. При рассмотрении космического сегмента описаны образовательные программы с использованием наноспутников серии КубСат, которые с 2003 г. де-факто стали основой современных курсов аэрокосмического образования за рубежом и появились в России.

В СССР опыт запуска микроспутников и их использования для образования имеет длительную историю. В России этот опыт был продолжен с запуском микроспутника «Колибри-2000», а затем микроспутников под юбилейные даты ведущих университетов — МГУ «Татьяна», «Юбилейный», «Бауманец», «Можаец» и др. В качестве стандарта радиотелеметрии для всех этих спутников используются приёмопередатчики, работающие на радиолюбительских частотах, разработанные в лаборатории НИЛАКТ ДОССАФ в Калуге Московской области.

При подготовке к запуску спутника ЧИБИС (РС-39) было запланировано использование спутника для образовательных программ. Первый шаг — использование сигналов служебной телеметрии для контроля состояния спутника по сообщениям любителей со всего мира. В качестве стандарта радиотелеметрии для всех учебных спутников используются радиолюбительские частоты, поэтому все спутники имеют международную регистрацию — РС — спутники «Радио». Учебная программа включает обмен информацией между всеми корреспондентами, приславшими свои сообщения о приёме сигналов микроспутника «Чибис». Второй шаг — использование данных измерений приборов микроспутника, имеющихся в открытом доступе на сайте ЧИБИСА в ИКИ РАН. Эта программа требует вовлечения учёных, ведущих непосредственно научные эксперименты. Для реализации этого направления в ИКИ РАН 13 октября 2012 г. был проведён семинар для учителей, где были обсуждены возможности использования данных спутника «Чибис» для школьной учебной программы.

По образцу учебной программы НАСА для американских школ по регистрации ОНЧ-сигналов INSPIRE <http://theinspireproject.org>, в Центре детского творчества на ул. Шаболовке разработан приемник ОНЧ-диапазона в виде простого НЧ-усилителя и рамочной антенны, подключенный к компьютеру через звуковую карту. С помощью такого устройства можно вести непрерывную регистрацию и обработку данных. Содержание учебной программы преследует цель развить исследовательские наклонности школьников,

“CHIBIS-M” EXPLOITATION FOR EDUCATIONAL PROGRAMS

A. N. Zaytsev, S. I. Klimov, O. V. Batanov, A. M. Sadovsky

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia

The report presents the survey of space physics educational programs concerning the examination of radio-waves of natural and artificial origin in space. Educational programs under discussion are based on the use of simple devices (receivers) meant for the observation of electromagnetic waves generated in the upper atmosphere, including the periods of lightning activity, magnetic storms and aurora polaris.

USSR had a great experience of microsatellite launching and exploitation for educational purposes. This experience was broadened in Russia by the launch of micro-satellite “Colibri-2000”, and then — university anniversary satellites such as MSU “Tatiana”, “Jubilee”, “Baumanets”, “Mojaets” etc.

When “Chibis” was being prepared for launching, it was planned to be used for educational programs. The first step was the use of subordinate telemetry signals for the micro-satellite state control through amateur messages from all over the world. Radio-amateur frequencies are used as a radio telemetry standard for all educational satellites, for this reason all the satellites has the international registration — “Radio” satellites. An educational program includes information exchange between the correspondents having sent their messages about “Chibis-M” signal reception. The second step is the use of micro-satellite measuring equipment data, which is accessible on “Chibis-M” web site. This program requires the involvement of specialists conducting scientific experiments.

а в случае совпадения регистрации ОНЧ-сигналов на земле и на спутнике ЧИБИС, иметь основу для поискового исследования. Таким образом, реализуется основная цель школьных проектов — выявление способных ребят, которые в будущем придут в науку и космонавтику.

СЕТЬ МИКРОСПУТНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ, ВРЕМЕННЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРНЫХ ВСПЫШЕК ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

А. М. Черненко, Г. Г. Гарипов, А. С. Позаненко, Н. Н. Веденкин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Москва, Россия

Рассматривается возможность создания группы из нескольких десятков (до 50) малых спутников, предназначенных для исследования атмосферных вспышек гамма-излучения, генерируемых в рамках отдельных зон грозовой активности. Предполагается, что каждый спутник будет нести детектор на основе кристаллов ВГО. Спутники массой около 14 кг каждый планируется запустить на круговую орбиту высотой 550 км, таким образом, что в результате разброса начальных скоростей и баллистических коэффициентов, они равномерно распределятся вдоль орбиты со средним расстоянием между ближайшими спутниками около 800 км.

В данной конфигурации с учётом ожидаемого «горизонта видимости» вспышек до 800км, отдельная грозовая ячейка на протяжении всего времени своего существования будет находиться в зоне видимости группы спутников. При этом большинство генерируемых ею вспышек будет наблюдаться по крайней мере с двух спутников. Это позволит: 1) осуществлять не зависимую от радионаблюдений локализацию вспышек с точностью до 30 км, 2) исследовать динамику генерации вспышек в рамках отдельных грозовых ячеек в течение всего времени существования этих ячеек и 3) изучить свойства гамма-излучения вспышек с различных углов наблюдения, что необходимо для понимания условий ускорения генерирующих их электронов.

ПРОБЛЕМА ИНИЦИИРОВАНИЯ РАЗРЯДА В ТОКАМАКЕ, ИЛИ ПОЧЕМУ ГРОЗЫ — РЕДКОЕ ЯВЛЕНИЕ?

В. Ф. Туганов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Москва, Россия

Государственный научный центр РФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований (ГНЦ РФ ТРИНИТИ), Центр плазменных исследований и преобразования энергии, Москва, Россия

Используя уравнение баланса для концентрации заряженных частиц и их плотности энергии, находятся необходимые условия для существования порогового напряжения. Есть зависимость пороговых параметров плазмы от соотношения объёма плазмы и «камеры» (пространство, где электрическое

NETWORK OF SMALL SATELLITE FOR HIGH ENERGY OBSERVATIONS OF TEMPORAL, SPECTRAL AND SPATIAL PROPERTIES OF TERRESTRIAL GAMMA-RAY FLASHES

A. Chernenko, G. Garipov, A. Pozanenko, N. Vedenkin

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia

We propose a group of up to 50 small satellites, based on proprietary M&T platform, that would carry large BGO gamma-ray detectors, to investigate, for the first time, production of TGFs by individual thunderstorms. The satellites, about 14 kg each, are to be injected into a 550 km circular orbit, where, due to initial velocity dispersion and aerodynamic braking, they would distribute, along the orbit with an average distance between two nearest satellites of about 800 km.

With this configuration, taking into account the expected even horizon of up to 800 km, every thunderstorm would be observed by the group of satellite for its entire life time. Moreover, most of TGFs would be observed simultaneously by two or more satellites. This would make it possible to 1) locate TGF producing regions by means of triangulation, independently from observations in VLF radio band with the accuracy from 30 km, 2) investigate dynamics of TGF production as a thunderstorm evolves and atmospheric conditions change, and 3) simultaneously investigate spectral and temporal properties of gamma-ray emission of individual TGFs from different viewing angles, which is important for understanding acceleration physics behind TGF production.

TOKAMAK DISCHARGE INITIATION PROBLEM OR WHY THUNDERSTORMS ARE SO RARE?

V. F. Tuganov

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia
Troitsk Institute for Innovation and Fusion Research, Troitsk, Moskovskaya obl., Russia

Using the balance equation for the concentration of charged particles and their energy density, are found the necessary conditions for the existence of the threshold voltage. There are the dependence of the threshold of plasma parameters on the ratio of plasma volume and the camera (space where the electric field $E \neq 0$), the initial concentration of neutral atoms and lifetime of plasmas. It was also shown that there are two forms of current-voltage characteristics of the discharge (depended on the power of the microwave-heating).

поле $E \neq 0$), исходной концентрации нейтральных атомов и времени жизни плазмы. Было также показано, что существуют две формы ВАХ-разряда (в зависимости от мощности СВЧ-нагрева).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-ЧАСТИЦ В ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДАХ

В. Ф. Туганов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН), Москва, Россия

Государственный научный центр РФ Троицкий институт инновационных
и термоядерных исследований (ГНЦ РФ ТРИНИТИ), Центр плазменных
исследований и преобразования энергии, Москва, Россия

Наблюдаемые различия степенных спектров гамма-вспышек в грозовых разрядах ($J(\nu) \propto \nu^{-\beta}$, где $2 < \beta \approx 2,6..4,1$) при $\nu \geq 10$ МэВ, — обусловлены при тормозном их механизме «сгустками» ультрарелятивистских электронов с распределениями по энергии ($f(\epsilon) \propto \exp(-(\beta-2)/\epsilon) \epsilon^{-\beta}$) с соответствующими показателями Парето β . Это различие вызвано зависимостью $\beta = \beta(d)$ от коэффициента вариации энергии электронов d . Поскольку не исключено, что внешние воздействия со скоростью «ввода» энергии w , приводят к изменению как средней энергии D излучающих «сгустков», так и дисперсии d , то не исключено, что наблюдаемые гамма-вспышки вызваны электронами с разной степенью их эволюции. Действительно, кинетическое рассмотрение эволюции линейной добавки $F(\epsilon, d)$ к функции распределения $f(\epsilon)$ показывает, что, например, при $w > 0$ энергия «сгустка» D — линейно растёт по w , а дисперсия d , наоборот, — снижается. Что при $\partial\beta(d)/\partial d < 0$ должно приводить к росту коэффициентов $\beta = \beta(d)$ и, как следствие, — к соответствующей эволюции наблюдаемых гамма-спектров. Вот почему, так важны исследования для частот $\nu \geq 10$ МэВ, а не при $\nu \ll 10$ МэВ, где их спектр универсален ($J(\nu) \propto \nu^{-1}$), — обнаруживая при этом лишь свойство тормозного излучения.

ENERGY SPECTRA OF ELECTRONS AND GAMMA-RAY PARTICLES IN LIGHTNING DISCHARGES

V. F. Tuganov

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAN), Moscow, Russia
Troitsk Institute for Innovation and Fusion Research, Troitsk, Moskovskaya obl., Russia

Observed distinctions between power spectra of gamma-flashes in lightning discharges ($J(\nu) \mu \nu^{-\beta}$, where $2 < \beta \approx 2.6 \dots 4.1$) when $\nu \geq 10$ MeV are conditioned by ultrarelativistic electron “bunches” with energy distribution ($f(\epsilon) \mu \exp(-(\beta - 2)/\epsilon)) \epsilon^{-\beta}$) with corresponding Pareto exponents β . This difference is caused by $\beta = \beta(d)$ dependence on *electron energy variation coefficient* d . Inasmuch as it is possible that external actions with energy “input” w lead to a change of both radiating “bunches” medium energy D and dispersion d , it is also possible that observed gamma-ray flashes are brought about by electrons with different evolution degree. Indeed, kinetic examination of the evolution of linear addition $F(\epsilon, d)$ to distribution function $f(\epsilon)$ demonstrates that when $w > 0$, “bunch” energy D increases linearly at w , and dispersion d , on the contrary, reduces. With $\partial\beta(d)/\partial d < 0$ this should result in coefficient $\beta = \beta(d)$ growth, and, as a consequence, in corresponding gamma-ray spectra evolution. That accounts for the importance of their investigation for frequencies $\nu \geq 10$ MeV, but not $\nu \ll 10$ MeV, when their spectrum is universal, revealing therewith only a slow-down radiation characteristic.

СОДЕРЖАНИЕ ТЕЗИСОВ

Первый опыт организации оперативного управления из ЦУП ИКИ микроспутником «Чибис-М» в период февраль 2012 г. – январь 2013 г. <i>И. В. Козлов, А. Д. Рябова, Г. А. Владимирова, О. В. Батанов, Ф. В. Коротков, Я. И. Марков</i>	14
Опыт разработки и эксплуатации системы ориентации микроспутника «Чибис-М». Перспективы модернизации <i>М. Ю. Овчинников, Д. С. Иванов, Н. А. Ивлев, С. О. Карпенко, Д. С. Ролдугин, С. С. Ткачев</i>	14
Отладка навигации и управления ориентацией в операциях микроспутника «Чибис-М»: Микроспутник — Макроопыт <i>А. Ледков, В. М. Готлиб, В. Каредин, Р. Р. Назиров, Н. А. Эйсмонт, В. Н. Назаров, Ф. Коротков, Я. Марков, Н. Ивлев, С. Карпенко</i>	16
Передача научной информации от микроспутника «Чибис-М» <i>В. М. Готлиб, В. Н. Каредин</i>	18
Специфика разработки, изготовления и наземных испытаний «Чибис-М» <i>Л. Д. Белякова, В. Н. Ангаров, В. Г. Родин, М. Б. Добрян, С. И. Климов, В. М. Козлов, А. В. Калужный</i>	18
Наземный сектор и ряд экспериментов для микроспутника «Чибис-М» <i>В. Назаров, Р. Назиров, Л. Зелёный, В. Ангаров, О. Батанов, †L. Bodnar, Н. Эйсмонт, В. Готлиб, В. Каредин, С. Климов, Ф. Коротков, И. Козлов, А. Ледков, А. Мельник, А. Папков, В. Родин, А. Рябова, Ya. Shmelauer, А. Третьяков</i>	20
Результаты наблюдений TGRF с помощью рентген-гамма детектора на микроспутнике «Чибис» <i>А. В. Богомолов, В. В. Богомолов, Г. К. Гарипов, С. И. Свертилов, Г. В. Тишин, И. В. Яшин</i>	22
Результаты наблюдений вспышек атмосферного УФ-излучения с помощью прибора ДУФ на микроспутнике «Чибис-М» <i>Г. К. Гарипов</i>	24
Комплексный анализ волн очень низких частот, зарегистрированных микроспутником «Чибис-М» <i>Ferencz Cs., †Bodnár L., Steinbach P., Szegedi P., Lichtenberger J., Ferencz O. E., Hamar D.</i>	24
Первые результаты обработки данных магнитно-волнового комплекса (микроспутник «Чибис-М») <i>С. М. Беляев, Д. Ф. Дудкин</i>	26
Радиоизлучение молниевых разрядов по данным радиочастотного анализатора <i>В. М. Готлиб, В. Н. Каредин, М. С. Долгоносков</i>	28
Тонкая структура радиоизлучения высотных грозовых образований по данным микроспутника «Чибис-м» <i>М. С. Долгоносков, В. М. Готлиб</i>	28
Современный анализ TLE по данным детектора ультрафиолетового излучения микроспутников МГУ типа «Татьяна» и микроспутника ИКИ РАН «Чибис-М» <i>Г. К. Гарипов, П. А. Климов, М. И. Панасюк, С. И. Свертилов, Б. А. Хренов, И. В. Яшин</i>	30
Детекторы релятивистских электронов для проекта TARANIS <i>J.-A. Sauvaud, P. Devoto, A. Fedorov, G. Ortner, O. Chasselat</i>	30

TARANIS и COBRAT, французские спутник и аэростат, предназначенные для изучения переходных световых явлений (TLEs) и гамма-всплесков земного происхождения (TGFs) <i>Jean-Louis Pinçon</i>	32
Исследование корреляций транзиентных оптических явлений с процессами в атмосфере и околоземном космическом пространстве по данным детектора ультрафиолетового излучения микроспутников МГУ типа «Татьяна» <i>Г. К. Гарипов, П. А. Климов, М. И. Панасюк, С. И. Свертилов, Б. А. Хренов, И. В. Яшин</i>	32
Возбуждение электромагнитных возмущений УНЧ-КНЧ-диапазона в верхней ионосфере грозовой активностью <i>В. А. Пилипенко</i>	34
Данные, полученные КА DEMETER в период сильных гроз <i>М. Parrot</i>	34
Сильные излучения ELF/VLF, связанные с грозовой активностью над югом Франции 8 октября 2009 г. <i>J. Błęcki, M. Parrot, R. Wronowski</i>	36
Фрактальная электродинамика грозового облака <i>Д. И. Иудин, А. А. Емельянов, В. Ю. Климашев, Р. Д. Дмитриенко</i>	36
Поиск TGF в данных эксперимента SPI/INTEGRAL <i>А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев</i>	38
Опыт исследования тропических циклонов на «Чибиc-М» <i>С. И. Климов, Е. А. Шарков, В. М. Готлиб, В. Н. Каредин, И. В. Козлов, Д. И. Новиков, Д. И. Вавилов</i>	40
Современные международные исследования взаимосвязи тропических циклонов и ионосферы <i>Л. Б. Ванина-Дарт, Е. А. Шарков</i>	40
Космический эксперимент «Исследование природы высотных молний и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере Земли на базе микроспутника «Чибиc-АИ» с использованием грузового корабля «Прогресс» <i>Л. М. Зелёный, С. И. Климов, В. М. Готлиб, В. Г. Родин, Д. И. Новиков, М. С. Долгоносков</i>	42
Использование микроспутника «Чибиc» для образовательных программ <i>А. Н. Зайцев, С. И. Климов, О. В. Батанов, А. М. Садовский</i>	44
Сеть микроспутников для исследования спектральных, временных и пространственных свойств атмосферных вспышек гамма-излучения <i>А. М. Черненко, Г. Г. Гарипов, А. С. Позаненко, Н. Н. Веденкин</i>	46
Проблема инициирования разряда в токамаке, или почему грозы — редкое явление? <i>В. Ф. Туганов</i>	46
Энергетические спектры электронов и гамма-частиц в грозовых разрядах <i>В. Ф. Туганов</i>	48

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

055(02)2

Ротапринт ИКИ РАН
117997, Москва, Профсоюзная, 84/32

Подписано к печати . . .2013

Заказ

Формат 70×100¹/₁₆

Тираж

2,33 уч.-изд. л.