

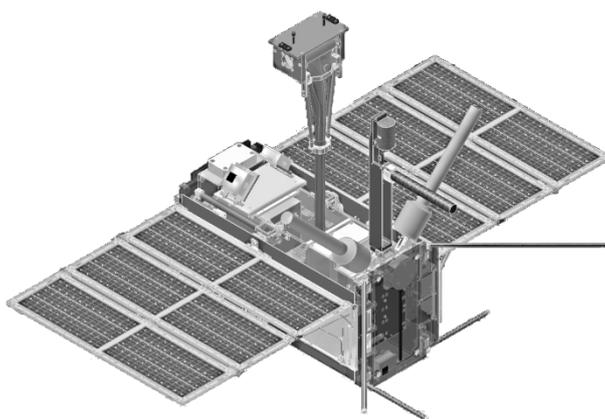
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИКИ РАН



Пр-2166

Л.М.Зелёный, А.В.Гуревич, С.И.Климов, В.Н.Ангаров, Л.Боднар, Г.К.Гарипов,
В.М.Готлиб, М.Б.Добряня, А.В.Калюжный, В.Н.Каредин, С.О.Карпенко, В.М.Козлов,
И.В.Козлов, В.Е.Корепанов, А.А.Лизунов, А.В.Марков, В.Н.Назаров, Д.И.Новиков,
М.И.Панасюк, А.П.Папков, В.Г.Родин, С.И.Свертилов, А.А.Суханов, Ч.Ференц,
Н.А.Эйсмонт, И.В.Яшин

**АКАДЕМИЧЕСКИЙ МИКРОСПУТНИК «ЧИБИС-М»
(КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «МИКРОСПУТНИК»
НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ)**



Представлено к печати
зам. директора ИКИ РАН
Р.Р. Назировым

Москва
2012

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



Пр-2166

**Л.М.Зелёный¹, А.В.Гуревич³, С.И.Климов¹, В.Н.Ангаров², Л.Боднар⁶,
Г.К.Гарипов⁴, В.М.Готлиб¹, М.Б.Добриян², А.В.Калюжный², В.Н.Каредин²,
С.О.Карпенко⁸, В.М.Козлов², И.В.Козлов¹, В.Е.Корепанов⁵, А.А.Лизунов¹⁰,
А.В.Марков⁹, В.Н.Назаров¹, Д.И.Новиков¹, М.И.Панасюк⁴, А.П.Папков⁷,
В.Г.Родин¹, С.И.Свертилов⁴, А.А.Суханов¹, Ч.Ференц⁶, Н.А.Эйсмонт¹, И.В.Яшин⁴.**

*1 – ИКИ РАН; 2 – СКБ КП ИКИ РАН; 3 – ФИАН; 4 – НИИЯФ МГУ; 5 – ЛЦ НАНУ-ГКАУ;
6 – Будапештский университет им. Л.Этвёша; 7 – НИЛАКТ РОСТО; 8 – СКАНЕКС;
9 – РКК «Энергия»; 10 – НПО Mash*

**АКАДЕМИЧЕСКИЙ МИКРОСПУТНИК «ЧИБИС-М»
(КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «МИКРОСПУТНИК»
НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ)**

Представлено к печати
зам. директора ИКИ РАН
Р.Р. Назировым

Москва
2012

В работе отражены вопросы подготовки на базе академического микроспутника (МС) «Чибис-М», разработанного в ИКИ РАН и изготовленного в научно-технической кооперации, космического эксперимента (КЭ) «Микроспутник». КЭ реализуется с использованием инфраструктуры Российского сегмента Международной космической станции. В реализации КЭ участвовали российские космонавты О.Кононенко и А.Шкаплеров. Специалистами РКК «Энергия» была обеспечена 25 января 2012г. в реальном времени телевизионная трансляция момента выхода МС «Чибис-М» из транспортно-пускового контейнера и отделения его от «Прогресс М-13М».

Представлена информация о Наземном сегменте проекта «Чибис-М», созданном в ИКИ РАН параллельно с бортовым сегментом проекта.

Сразу после выхода на автономную орбиту началась отработка алгоритмов управления приборами КНА «Гроза» и выработка признака регистрации (триггера) грозового разряда. В работе приведены результаты этой отработки. Следует также отметить, что магнитно-волновым комплексом, входящим в КНА «Гроза», началась реализация параллельной научной задачи - мониторинг электромагнитных параметров космической погоды, в частности, атмосфериков.

Questions of preparation on the basis of academic microsatellite (MS) "Chibis-M", developed within the IKI RAN and manufactured in scientific - technical cooperation, space experiment (SE) "Microsatellite" are reflected. SE is implemented using the infrastructure of the Russian segment of the International Space Station. The Russian cosmonauts O.Kononenko and A.Shkaplerov are participated in realization of SE. By RKK Energia has been at January 25, 2012 real-time television broadcasts since the MS "Chibis-M" from transport and launch container and separating it from the "Progress M-13M".

Provides information about ground segment of the project «Chibis -M" created in IKI RAN in parallel with the on-board segment of the project.

Immediately after entering the autonomous orbit scientific devices "Groza" has started working out algorithms hurricane and a sign of registration (trigger) lightning discharge. The results of this testing are prezented. It should also be noted that magnetic-wave complex of "Groza" realized a parallel scientific task - monitoring of electromagnetic characteristics of space weather, in particular, wistlers.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие произошли серьезные изменения в нашем понимании природы грозových разрядов, что было, в частности, обусловлено исследованиями в космосе. В основе наблюдаемых процессов лежит теоретически предсказанное в ФИАН новое физическое явление, получившее название пробоя на убегающих электронах - ПУЭ [1]. Особенность этого вида пробоя заключается в том, что он происходит в низких электрических полях, но требует для своей инициации затравочных частиц высокой энергии. Одновременно рождается исключительно большое число электронов низких энергий. Движение этих электронов в электрическом поле грозы рождает мощный импульс радиоизлучения [2].

Принципиальную роль в развитии пробоя на убегающих электронах играют космические лучи высоких энергий [3]. Широкий атмосферный ливень (ШАЛ) содержит большое количество высокоэнергичных электронов, которые и служат затравкой пробоя. Развитие ШАЛ с частицами высоких энергий на больших высотах происходит только если он движется под углом, близким к горизонту. В этом случае происходит усиление ПУЭ и значительное увеличение его пространственного масштаба [4]. Именно поэтому, согласно модели, разряды на больших высотах (~ 12...20 км) носят столь мощный характер как в радио-, так и в гамма-излучении.

Для исследования новых физических процессов при высотных атмосферных грозových разрядах и механизмов формирования в них гамма-вспышек, инфракрасных и ультрафиолетовых излучений, электромагнитных излучений в широком диапазоне частот необходимо проводить в ионосфере, с беспрецедентно высоким (лучше единиц микросекунд) временным разрешением, синхронные измерения в радио-, оптическом, и гамма-диапазонах [5].

Ряд природных электромагнитных явлений, объединяемых в комплекс, именуемый «космическая погода» [6, 7], происходящих в системе солнечный ветер – магнитосфера – ионосфера - атмосфера Земли, дают вклад в электромагнитные поля, регистрируемые в ионосфере [8]. Классический пример – регистрируемые на спутниках излучения, названные свистящими атмосфериками, возникающие при грозových разрядах.

Исходя из аппаратурно-методического опыта, имеющегося в ИКИ РАН, был определен состав комплекса научной аппаратуры (КНА) микроспутника (МС) "Чибиc-M" [9 - 11]. Следует отметить, что приборы КНА имеют аналоги, отработанные в ходе

проведения ряда предшествующих проектов в фундаментальных космических исследованиях.

Приборный состав КНА «Гроза» [12] (рис. 1) и научная кооперация:

- рентген-гамма детектор – РГД (НИИЯФ МГУ) с диапазоном рентгеновского и гамма-излучения 0,02...1,0 МэВ [13, 14];
- УФ-детектор – ДУФ (НИИЯФ МГУ) спектра излучения от УФ (180...400 нм) до ИК (650...800 нм) [15];
- радиочастотный анализатор – РЧА (ИКИ РАН) в диапазоне частот от 26 до 48 МГц [16];
- цифровая камера – ЦФК (ИКИ РАН) с пространственным разрешением 300 м и экспозицией 15 кадров/с [17];
- магнитно-волновой комплекс – МВК – рис. 2 (ЛЦ НАНУ-ГКАУ, Украина; Университет им. Л.Этвёша, VL-Electronics, Венгрия) в диапазоне частот от 100 до 40 000 Гц [18];
- блок накопления данных БНД (ИКИ РАН) [19];
- передатчик 2,2 ГГц с антеннами – ПРД2.2 (ИКИ РАН).

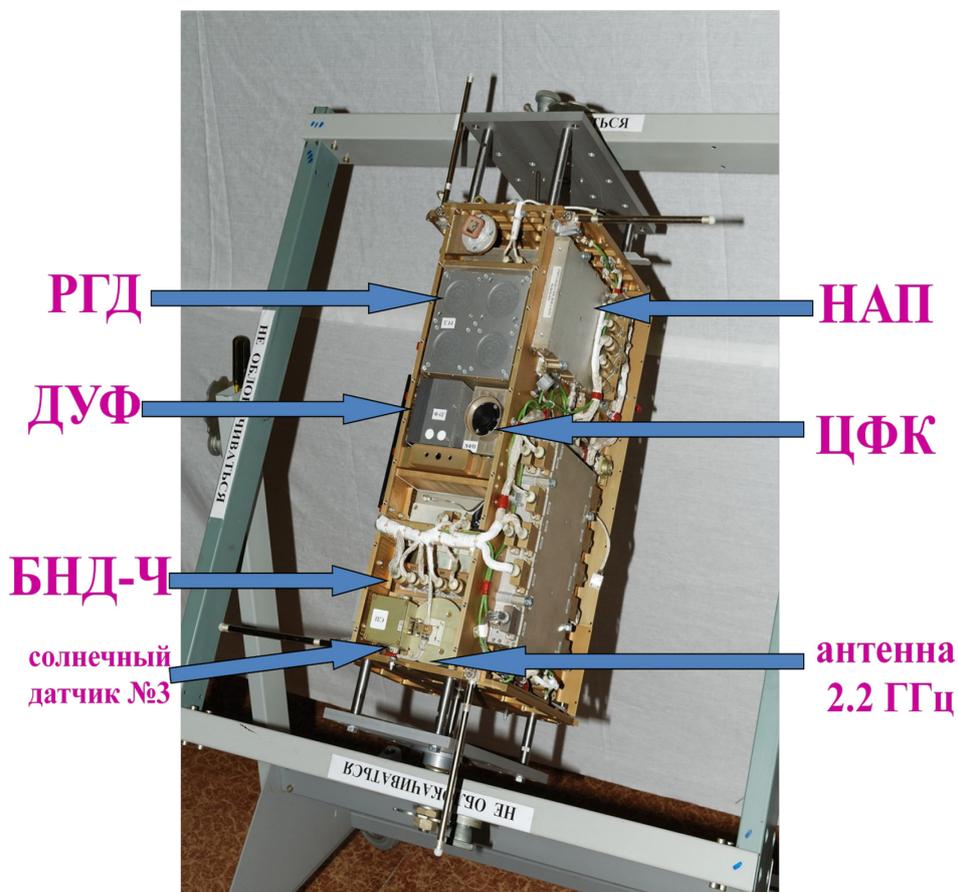


Рис. 1. Размещение КНА «Гроза» на корпусе «Чибис-М»

ПОДГОТОВКА КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (КЭ) «МИКРОСПУТНИК» И ВЫВОД НА ОРБИТУ МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС-М»

В ходе работ, проведенных в ИКИ РАН совместно с кооперацией ряда академических и промышленных организаций, был изготовлен и прошёл в 2011г. полный цикл наземных испытаний академический микроспутник «Чибис-М» [20 - 23]. Общая масса МС (рис. 2) 40 кг, из них на комплекс научной аппаратуры «Гроза» (КНА «Гроза») приходится 10,8 кг, на служебную аппаратуру МС, включая приборы дистанционного обслуживания МС (ДОКА-Б), систему ориентации и стабилизации (СОС) – около 22 кг, на систему электропитания МС (СЭП) – ~ 7 кг. Микроспутник позволяет реализовывать алгоритм трехосной ориентации на Землю с использованием бортовых магнитометра и солнечных датчиков в качестве измерителей на солнечной стороне орбиты и магнитометра и датчиков угловых скоростей на теневой стороне орбиты. В качестве исполнительных элементов СОС на борту МС установлены электромаховики. Габариты МС в раскрытом состоянии – 1250 x 966.



Рис. 2. Общий вид микроспутника «Чибис-М», гравитационная штанга в сложенном положении. Схема размещения комплекса МВК (см. далее)

Доставка МС «Чибис-М» на орбиту осуществлялась с использованием инфраструктуры Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС). Для транспортировки микроспутника и его непосредственного вывода на орбиту автономного полёта в Специальном конструкторском бюро космического приборостроения ИКИ РАН (СКБ КП ИКИ РАН, г. Таруса), по согласованному с РКК «Энергия» Техническому заданию, был разработан и изготовлен транспортно-пусковой контейнер (ТПК, рис. 3).

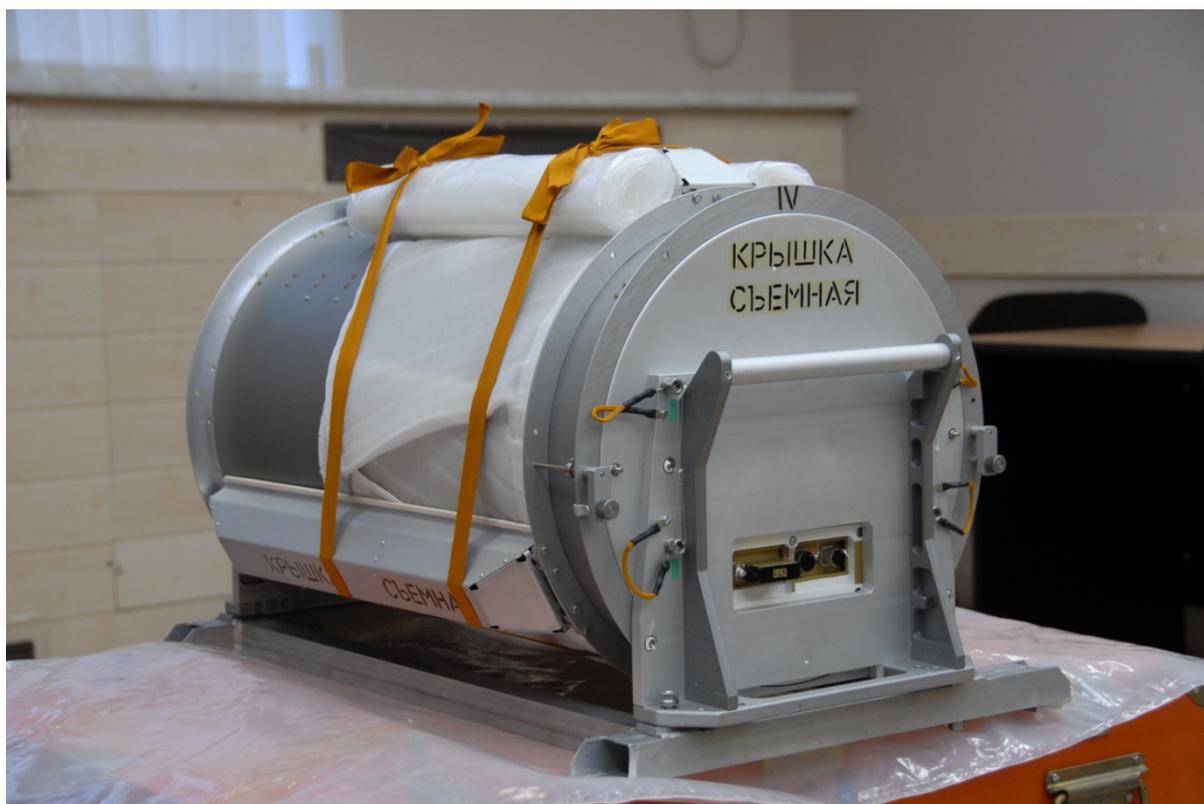


Рис. 3. ТПК с МС «Чибис-М»

Для отработки в рамках конструкторско-доводочных испытаний (КДИ) схемы и динамики выхода «Чибис-М» из ТПК в СКБ КП был разработан и изготовлен стенд вертикального обезвешивания (СВО, рис. 4), имитирующий условия невесомости при раскрытии элементов конструкции МС на орбите. Динамика выхода МС «Чибис-М» из ТПК в условиях космического вакуума и температуры на освещённой и теневой участках орбиты была, также в рамках КДИ, отработана в РКК «Энергия» в большой вакуумной камере, где был размещён СВО совместно с размещённым в ТПК микроспутником.



Рис. 4. Общий вид стенда вертикального обезвешивания МС

ТПК с МС «Чибис-М» в октябре 2011г. доставлен на Технический комплекс (ТК) космодрома Байконур. После проведения на ТК заключительных операций ТПК с «Чибис-М» размещён в транспортно-грузовом корабле (ТГК) «Прогресс М-13М» (рис. 5). 02 ноября 2011 микроспутник «Чибис-М» был доставлен на РС МКС.



Рис. 5. ТПК с МС «Чибис-М» в ТГК «Прогресс М-13М»

Перед отделением от МКС выполнившего свои функции ТГК российские космонавты О.Кононенко и А.Шкаплеров (рис. 6) установили ТПК с «Чибис-М» на стыковочном шпангоуте «Прогресс М-13М» (рис. 7) и подключили к ТПК кабели подзарядки аккумуляторов МС «Чибис-М» и командной линии на срабатывание электроспуска механизма вывода «Чибис-М» из ТПК.



Рис. 6. Размещение космонавтами ТПК с МС «Чибис-М» на стыковочном шпангоуте ТГК «Прогресс М-13М»

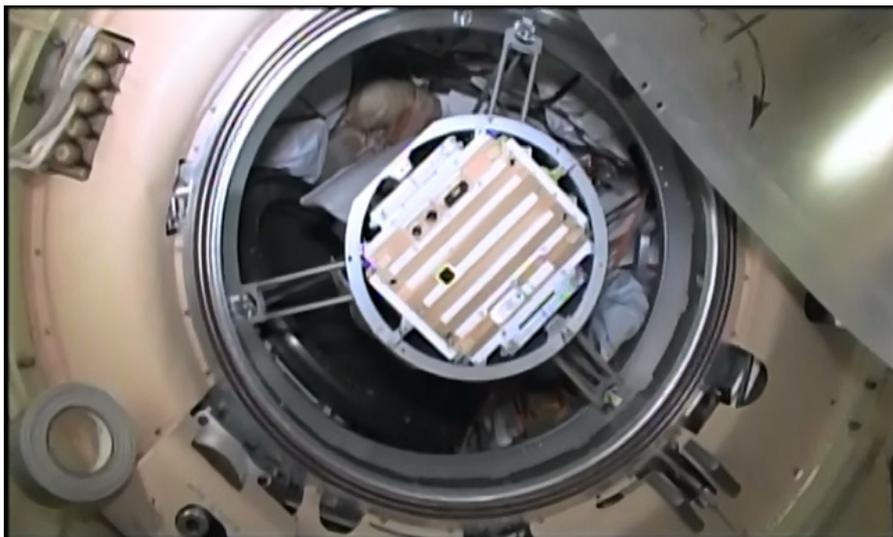


Рис. 7. Расположение ТПК с МС «Чибис-М» на стыковочном шпангоуте ТГК «Прогресс М-13М»

Момент отделения ТГК от РС МКС, зафиксированный с борта МКС (рис. 8), свидетельствует о штатном расположении ТПК с МС «Чибис-М» на стыковочном шпангоуте. После отделения от МКС по специальной программе ТГК «Прогресс М-13М» совершил манёвр по поднятию своей орбиты на высоту 513 км.



Рис. 8. Отделение ТГК «Прогресс М-13М» от стыковочного узла МКС

Важной технологической операцией была организация специалистами РКК «Энергия» телевизионной трансляции в реальном времени момента выхода МС «Чибис-М» из ТПК и отделения его от «Прогресс М-13М». Момент отделения был рассчитан так, чтобы оно происходило на освещённом участке орбиты при положении вектора скорости ТГК от Солнца. Это обеспечивало хорошую экспозицию. После выполнения этой операции ТГК «Прогресс М-13М» совершил манёвр по снижению орбиты и затонул в заранее определённом районе Тихого океана.

Видеосъёмка (рис. 9, 10), продолжавшаяся 9 мин и передававшаяся в режиме реального времени в Центр управления полётом МКС, зафиксировала, что все системы МС (солнечные панели, антенны аппаратуры дистанционного обслуживания космического аппарата – ДОКА 15Б, антенны прибора РЧА) раскрыты. Через некоторое время по изменению движения МС было зафиксировано, что произошло программное включение системы ориентации.

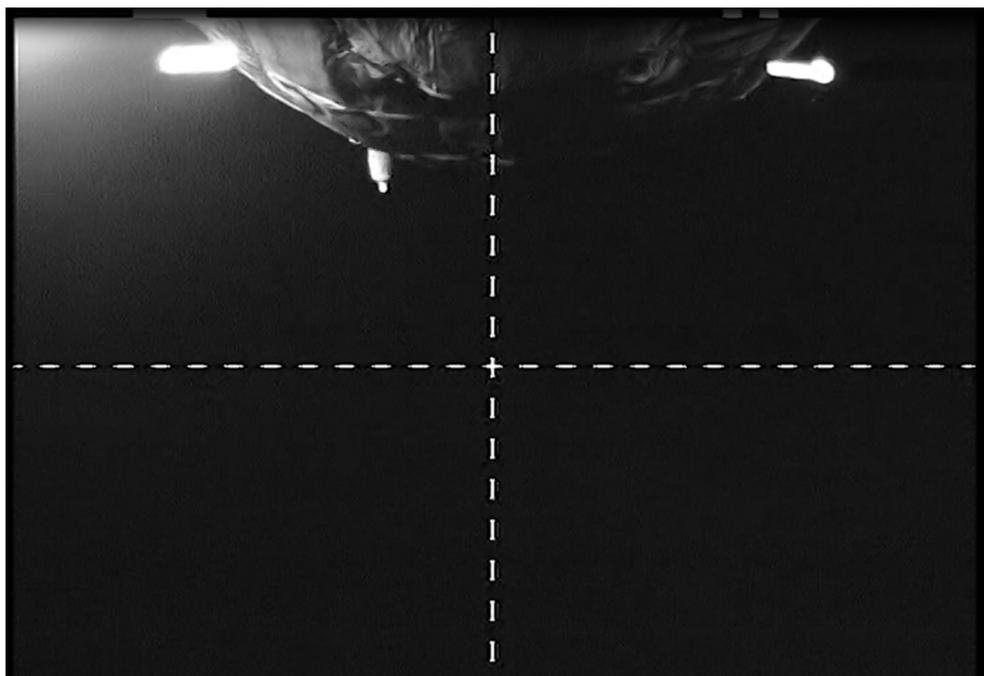


Рис. 9. Момент отделения МС «Чибис-М» от «Прогресс М-13М». Солнце слева и «сзади». Фиксация раскрытия антенн РЧА



Рис. 10. Фиксация раскрытия всех механических систем МС «Чибис-М»

Сразу после выведения на орбиту 25 января 2012 г. наземными средствами, созданными ИКИ РАН, была установлена командно-телеметрическая связь с МС «Чибис-М» и начался этап ввода служебных систем в эксплуатацию. Связь с микроспутником осуществляется в диапазонах 145 МГц для передачи команд управления на борт и 435 МГц для передачи служебной телеметрии на Землю. Эти диапазоны применяются для радиоловительской, в том числе космической связи. Для передачи научной информации используется диапазон 2,2 ГГц, выделенный для этих целей международным Регламентом радиосвязи. На использование всех радиочастот получено разрешение Государственной комиссии по радиочастотам.

Следует отметить, что Наземный сегмент проекта - НСП (рис. 11) был создан в ИКИ РАН параллельно с бортовым сегментом проекта, включающим микроспутник с комплексами научной аппаратуры КНА «Гроза» и служебных систем. НСП состоит из Центра управления полетом проекта «Чибис-М» (ИКИ РАН, г. Москва – рис. 12) и пяти Наземных комплексов управления – НКУ:

- 1) СКБ КП ИКИ РАН, г. Таруса – рис. 13;
- 2) НИЛАКТ, г. Калуга – рис. 14;
- 3) НИЛАКТ, г. Красноярск;
- 4) Будапештский университет им. Л.Этвёша, г. Будапешт, Венгрия – Рис. 15;
- 5) ИФА ЧАН, г. Панска Вес, Чешская Республика – рис. 16.

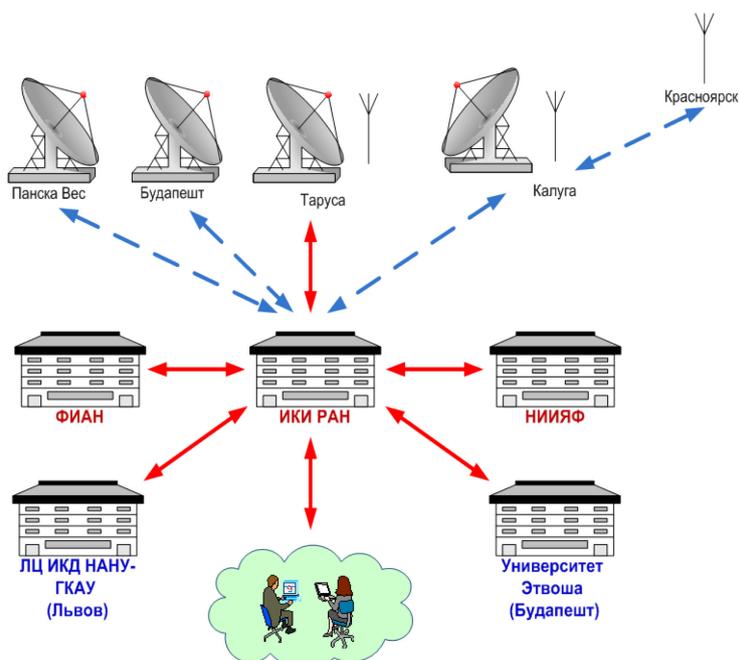


Рис. 11. Состав наземного сегмента проекта «Чибис-М»



Рис. 12. Центр управления полетом проекта «Чибис-М» (ИКИ РАН, г. Москва)

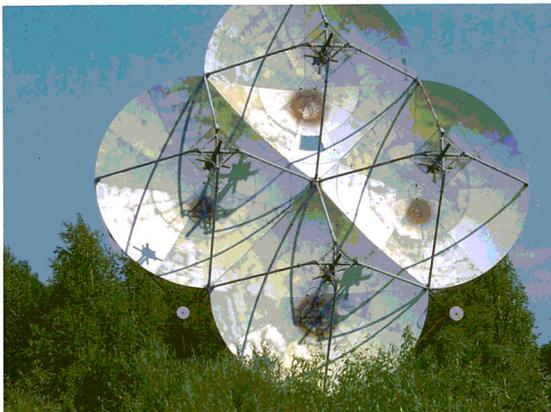


Рис. 13. Антенны наземного комплекса управления СКБ КП ИКИ РАН, г. Таруса



Рис. 14. Антенны наземного комплекса управления НИЛАКТ - г. Калуга



Рис. 15. Антенны наземного комплекса управления Университета Этвёша, Будапешт



Рис. 16. Антенны наземного комплекса управления ИФА ЧАН, Панска Вес

Основными задачами НСП является прием телеметрической информации, ее обработка, визуализация и архивация, а также планирование работ и непосредственное управление микроспутником. Для решения этих задач потребовалось создать информационную систему, не уступающую по своим функциональным характеристикам аналогичным системам более крупных космических проектов. Учитывая ограничения финансового характера, эту задачу удалось решить за счет применения инновационных подходов и последних достижений в области информационных технологий.

Опыт эксплуатации НСП свидетельствует о правильности использованных подходов и решений. Наземный сегмент может быть использован в качестве базовой платформы для других академических научных космических проектов, что по предложению руководства РКА рассматривала специальная комиссия представителей институтов РАН.

ОТРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРАМИ КНА «ГРОЗА»

По завершении этапа ввода в эксплуатацию служебных систем МС «Чибис-М» и НКУ начались физические измерения приборами «Гроза».

Научный комитет проекта признал, что на начальном этапе оптимальным вариантом регистрации молниевых разрядов является такой, когда команда о начале регистрации разряда (триггер) приборами КНА «Гроза» поступает от прибора РЧА, как наиболее скоростного прибора, измеряющего интенсивность радиоизлучений в характерном для грозовых разрядов диапазоне 26...48 МГц. Анализирующая часть прибора позволяет отделить скоростные, широкополосные сигналы, характерные для искомых высотных разрядов, от других и на основе этого анализа подать команду на включение других приборов КНА.

В мае - июне 2012 г. проводились работы по оптимизации параметров работы РЧА. Оптимизация требовалась в целях уменьшения объема информации, записываемой на борту от событий, не связанных с молниевыми разрядами, а вызванных техногенными помехами и шумом, излучаемым центром Галактики.

К настоящему времени прибором РЧА выделено ~70 записей молниевых разрядов, часть из которых имеет весьма характерный спектр. На рис. 17 - 19 приведены спектрограммы, спектры, автокорреляционные функции и волновые формы некоторых из них.

2012/05/09 11:29:08 0.886

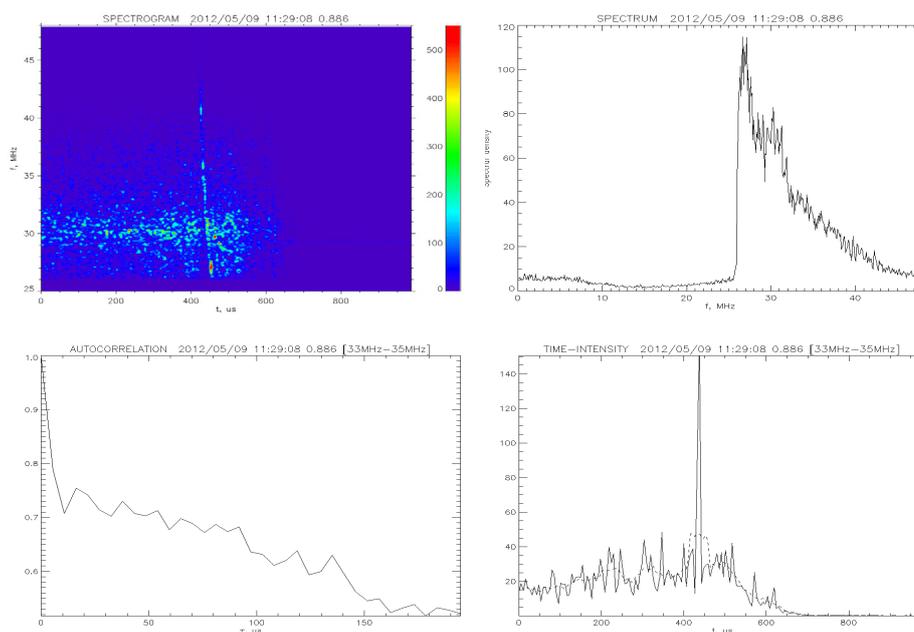


Рис. 17. Прибор РЧА. Пример молниевое разряда 09 мая 2012, 11:29:08 0886 UT. Спектрограммы (верхняя панель слева), спектры (верхняя справа), автокорреляция (нижняя слева) и временной сигнал в полосе частот (нижняя справа)

2012/05/09 11:29:32 0.754

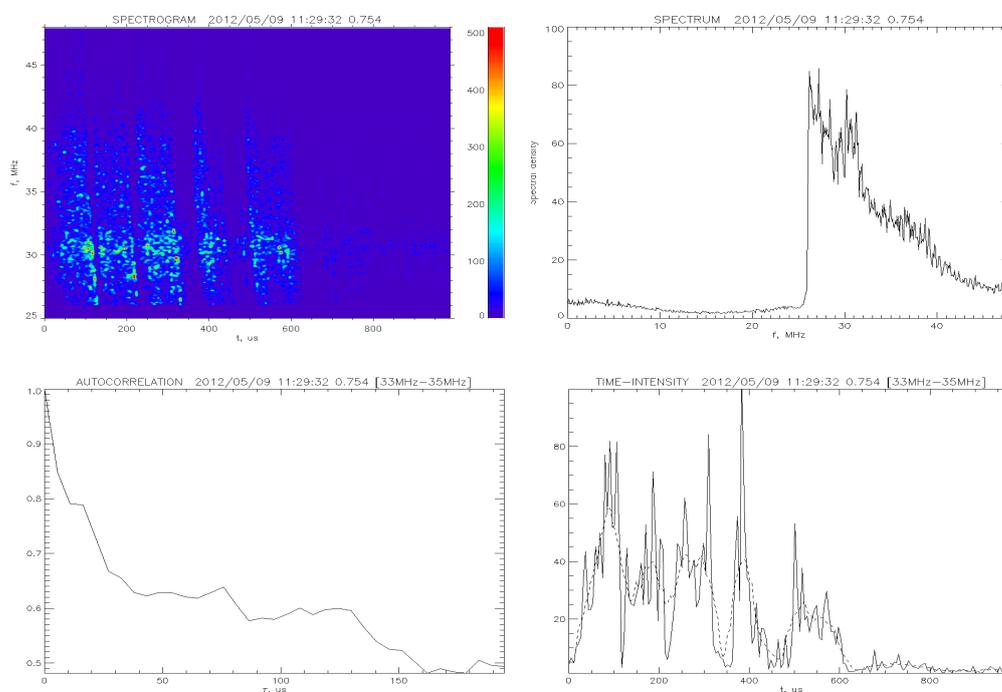


Рис. 18. Прибор РЧА. Пример молниевое разряда 09 мая 2012, 11:29:32 0 754 UT (см. рис. 17)

ОТРАБОТКА АЛГОРИТМА ТРИГГЕРА КНА «ГРОЗА»

По триггеру РЧА 19 мая 2012 (рис. 19) включался прибор ДУФ, данные которого (рис. 20) подтвердили наличие ультрафиолетового и инфракрасного излучений в молниевом разряде.

2012/05/19 11:26:38 0.181

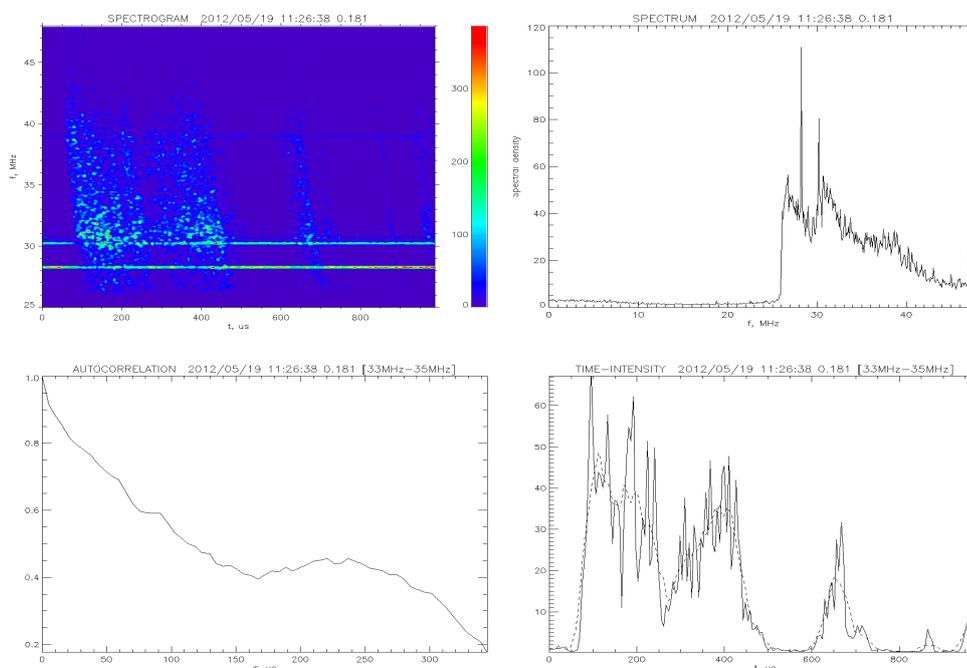


Рис. 19. Прибор РЧА. Пример молниевом разряда 19 мая 2012, 11:26:38 0.181 UT

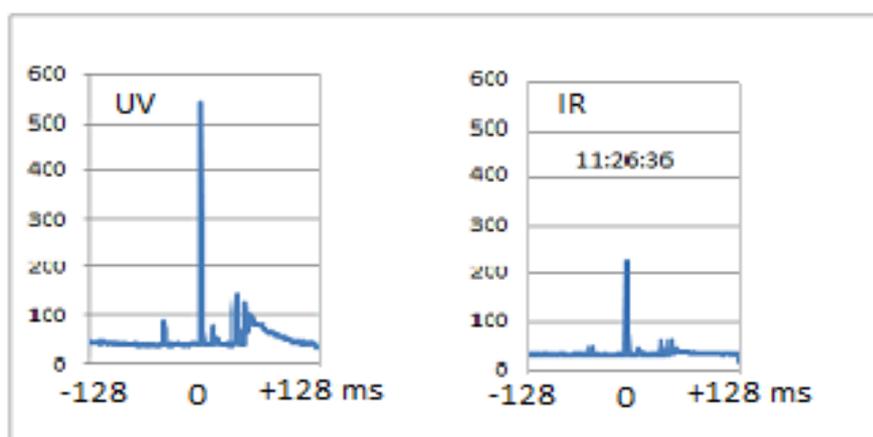


Рис. 20. Прибор ДУФ. Пример молниевом разряда 19 мая 2012, 11:26:37 UT.

UV – детектор ультрафиолетового излучения,
IR – детектор инфракрасного излучения

По решению Научного комитета проекта «Чибис-М» в конце июня с.г. проведена совместная работа по триггеру РЧА (радиочастотный анализатор –

26...48 МГц) приборов ДУФ (датчик ультрафиолета) и РГД (рентген-гамма детектор). Обзорные графики данных, представляющие совместную работу приборов и систем МС «Чибис-М», приведены на сайте <http://tm.chibis.cosmos.ru/chibis/>.

Магнитно-волновым комплексом – МВК – реализуется параллельная научная задача - мониторинг электромагнитных параметров космической погоды.

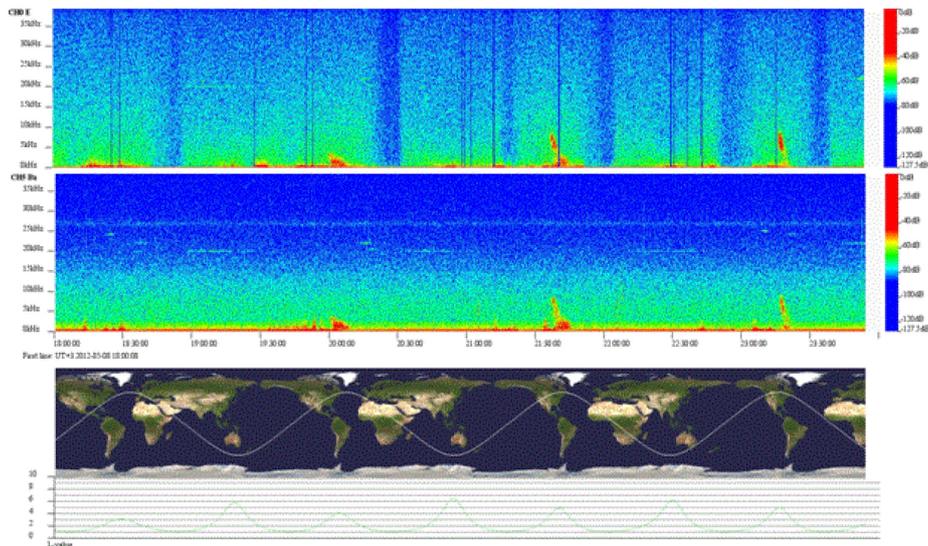


Рис. 21. МВК 08 мая 2012 г. Регистрация электрической (верхняя панель) и магнитной (средняя панель) компонент электромагнитных излучений на частотах ниже 15 кГц в северном полушарии (нижняя панель) на $L > 4$

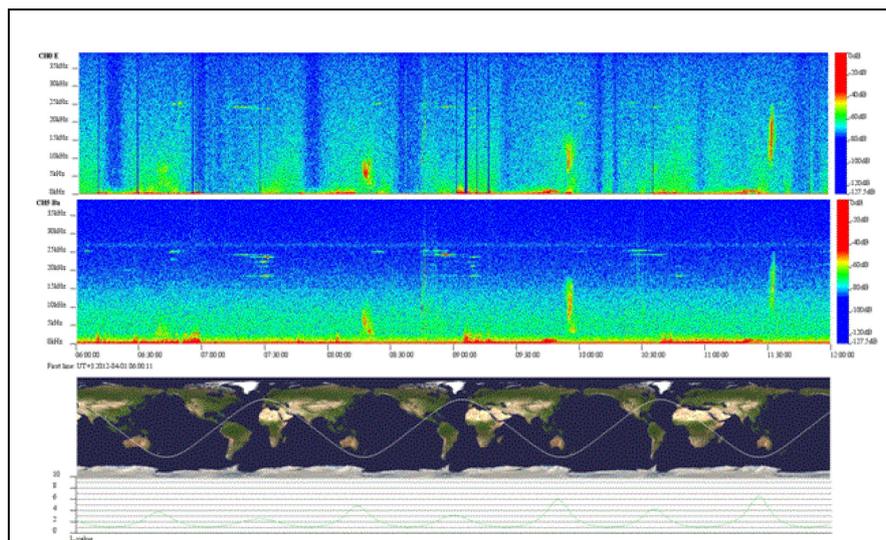


Рис. 22. МВК 08 мая 2012 г. Регистрация электрической (верхняя панель) и магнитной (средняя панель) компонент электромагнитных излучений на частотах ниже 15 кГц в южном полушарии (нижняя панель) на $L > 4$

На рис. 21, 22 представлены результаты измерений на нескольких орбитах 08 мая 2012 г. (нижняя панель, рис. 21, 22), свидетельствующие о наличии интенсивных излучений в приполярных областях ($L > 4$).

В июне – июле 2012 г. значительное внимание было уделено изучению атмосфериков.

Атмосферики - (также просто **сферики**) электрические сигналы, создаваемые радиоволнами, излучаемыми разрядами молний. Вблизи земной поверхности происходят около 100 разрядов молний в 1 с. Разряд молнии имеет 2 стадии: предразряд и основной разряд, различающиеся силой тока и спектром излучаемых радиоволн. Основной разряд излучает сверхдлинные волны, а предразряд — длинные, средние и даже короткие волны.

Максимум энергии атмосфериков лежит в области частот порядка 4...8 кГц. Если атмосферики создаются местными грозами, то их спектр определяется только спектром излучения грозового разряда. Если же источник — удалённая гроза, то спектр определяется также и условиями распространения радиоволн от очага грозы до радиоприёмного устройства. Атмосферики обладают слабым затуханием и могут распространяться на значительные расстояния.

Некоторые атмосферики воспринимаются на слух как сигналы, частота которых непрерывно уменьшается. Такие **атмосферики** называются **свистящими** (или просто **свистами**). Их особенность связана с механизмом распространения сверхдлинных волн. При распространении таких волн в волноводе, образованном нижней границей ионосферы и поверхностью Земли, происходит частичное «просачивание» их через ионосферу. Просочившиеся волны, распространяясь вдоль силовых линий магнитного поля Земли, удаляются от поверхности Земли на десятки тысяч километров и затем снова возвращаются к Земле. Скорость их распространения зависит от частоты, высокочастотные составляющие сигнала распространяются с большей скоростью и приходят раньше. Это и приводит к возникновению на выходе приёмного устройства характерного свиста, высота тона которого непрерывно меняется.

Характер спектра атмосфериков определяется напряженностью магнитного поля и концентрацией электронов и ионов вдоль траектории; спектр охватывает частоты от сотен герц до 20...30 кГц. Анализ свойств атмосфериков позволяет установить распределение концентрации электронов до высот в 20...30 тыс. км; с их помощью был обнаружен резкий излом (т.н. колена) в этом распределении на

высотах 12...22 тыс. км. На ряде спутников, в частности на спутнике DEMETR [24], были обнаружены низкочастотные ветви спектра атмосфериков (ионные атмосферика) на частотах меньше 400...500 Гц, по которым определяются относительные концентрации ионов и электронов, а также другие параметры ионосферы.

Входящий в состав КНА «Гроза» на МС «Чибис-М» магнитно-волновой комплекс включает два комбинированных волновых зонда (KB31, KB32), один индукционный магнитометр (ИМ), созданные в Львовском Центре ИКД НАНУ-ГКАУ (см. рис. 2) и прибор спектрального анализа ПСА (разработка BL-Electronics, Венгрия). МВК предназначен для изучения электромагнитных параметров в диапазоне частот 0,1...40 кГц с целью исследования вариаций плазменно-волновых процессов в ионосфере, происходящих под влиянием грозовой активности, а также процессов в системе ЛАИМ (литосфера – атмосфера – ионосфера – магнитосфера).

Реализованная на борту МС конфигурация датчиков позволяет провести векторные измерения магнитной компоненты КНЧ-ОНЧ-эмиссий, а также одной компоненты электрического поля E .

Пример регистрации 08 июля 2012 г. на МС «Чибис-М» (05:47:32 UT, район Галапагосских островов) трёх ортогональных магнитных компонент B_x , B_y , B_z (вектора) атмосфериков приведен на рис. 23 – 25 и одной электрической компоненты E – на рис. 26.

Одинаковый уровень сигналов по всем трём магнитным компонентам (см. рис. 23 – 25) свидетельствует об изотропном распространении волны, а хорошая корреляция с электрической компонентой – об электромагнитном характере этих волн.

За период работы с марта по август 2012 г. с МС «Чибис-М» на околоземной орбите было проведено около 200 сеансов связи с целью сброса научной информации, общим объемом порядка 6000 МБ, из них ~ 40 сеансов связи были проведены по заданию иностранных участников проекта (ЛЦ ИКИ НАН и НКА Украины, Университет Этвёша, Венгрия) для сброса научной информации магнитно-волнового комплекса (МВК) непосредственно на НКУ «Университет Этвёша, г. Будапешт, Венгрия».

В конце сентября – начале октября запланировано провести скоординированные наблюдения электромагнитных излучений ОНЧ-диапазона на МС «Чибис-М» и наземных обсерваториях [25, 26].

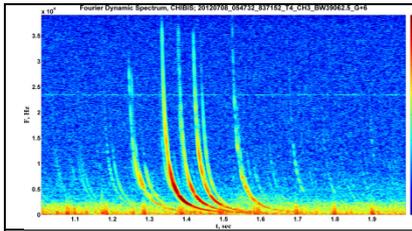


Рисунок 23. Компонента B_x вектора магнитного поля

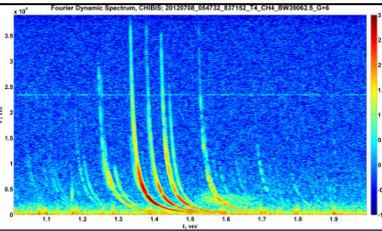


Рисунок 24. Компонента B_y вектора магнитного поля

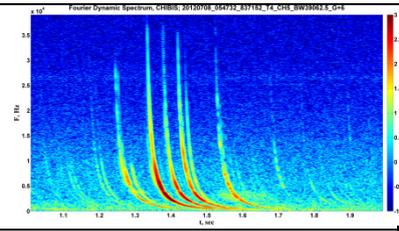


Рисунок 25. Компонента B_z вектора магнитного поля

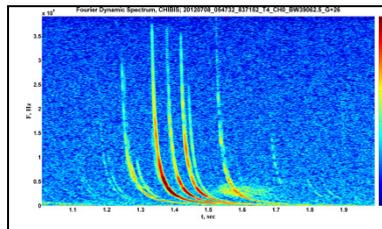


Рис. 26. Компонента электрического поля E .

Литература

1. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы // УФН. 2001.Т. 171.С.1177-1199.
2. Gurevich A.V., Zybin K.P. Runaway breakdown and electric discharges in thunderstorms // Phys. Uspekhi. 2001. V. 44. P. 1119– 1140.
3. Gurevich A.V., Milikh G.M., Roussel-Dupre´ R. Runaway electron mechanism of air breakdown and preconditioning during a thunderstorm // Phys. Lett. A. 1992. V. 165. P. 463– 468.
4. Gurevich A.V., Zybin K.P., Medvedev Y.V. Amplification and nonlinear modification of runaway breakdown // Phys. Lett. A. 2006. V. 349. P. 331– 339.
5. Panasyuk M.I. et al. Transient Luminous Event Phenomena and Energetic Particles Impacting the Upper Atmosphere: Russian Space Experiment Programs. Transient luminous event phenomena and energetic particles impacting the upper atmosphere: Russian space experiment programs // Journal of Geophysical Research. 2010. V. 115. P. A00E33, doi:10.1029/2009JA014763.
6. Klimov S.I., Petrukovich A.A., Zelenyi L.M. Global monitoring of the electromagnetic parameters of space weather in the frame of the ISS infrastructure // *Proceedings ‘2012 ESA Workshop on Aerospace EMC’, Venice, Italy, ESA SP-702, May 2012*, [s4_10klimov.pdf].
7. Klimov S.I., Korepanov V.E., Grushin V.A., Skalskiy A.A., Bodnar L., Ferencz Ch. Plasma-wave Studies in the Solar Wind and the Terrestrial Ionosphere // Program for ISU’s 16th annual International Symposium “Sustainability of space activities: international issues and potential solutions” ISU Central Campus, Strasbourg, 21 – 23 February, 2012, *Session 3: Space Weather*.
8. Klimov S.I., Petrukovich A.A., Zelenyi L.M. International Experiments Onboard the Russian Segment of the International Space Station in the Frame of the Space Weather Program. The International Space Station: Maximizing the returning from extended operations // 15th Annual International Symposium, 15 – 17 February 2011, Strasbourg, France. Abstracts. International Space University. P. 13-15.
9. Klimov S., Novikov D., Korepanov V., Marussenkov A., Ferencz Cs., Lichtenberger J., Bodnar L. The study of electromagnetic parameters of space weather, micro-satellite “CHIBIS- M”. Small Satellites for Earth Observation. New Developments and Trends. / Eds. R. Sandau, H.-P. Röser, A. Valenzuela. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010. P. 95-102.

10. Klimov S., Zelenyj L., Novikov D., Bodnar L., Ferencz Cs., Lichtenberger J., Korepanov V. Plasma - Wave Processes Manifestation in the Ionosphere and the Space Weather Parameters; Overview of the "Chibis-M". Thunderstorms and Elementary Particles Acceleration TERA'2010 // International Conference Center, Nor Amberd, Armenia, September 6 - 11, 2010, Programme and Abstracts. P. 41-42.

11. Корепанов, В.Є., Марусенков А.А., Беляєв С.М., Клімов С.І., Зелений Л.М., Новіков Д., Ференц Ч., Ліхтенбергер Я., Боднар Л. Хвильовий експеримент на мікросупутнику «Чібіс-м» // Космічна наука і технологія. 2010. Т. 16. № 3. С. 69-77 (на українском языке).

12. Гуревич А.В., Зеленый Л.М., Климов С.И. Научные задачи миссии «Чибис-М» // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика»/Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 7-26.

13. Гарипов Г.К., Свертилов С.И., Яшин И.В. Физические характеристики и алгоритмы выработки триггеров прибором РГД // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика»/Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 49-58.

14. Цирлин Ю.А., Глобус М.Е., Сысоева Е.П. Оптимизация детектирования гамма-излучения сцинтилляционными кристаллами. М.: Энергоатомиздат, 1991.

15. Гарипов Г.К., Свертилов С.И., Яшин И.В. Физические характеристики и алгоритмы выработки триггеров прибором ДУФ // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 58-63.

16. Готлиб В.М., Каредин В.Н., Тоньшев А.К., Гаретов В.Ю.. Радиочастотный анализатор–регистратор молниевой активности для микроспутника «Чибис-М» // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 72-78.

17. Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Котцов В.А.. Цифровая фотокамера для регистрации атмосферных грозовых разрядов // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 63-71.

18. Новиков Д.И., Климов С.И., Корепанов В.Е., Марусенков А.А., Ференц Ч., Лихтенбергер Я., Боднар Л. Магнитно-волновой комплекс микроспутника «Чибис-М» для изучения электромагнитных параметров космической погоды // Сборник трудов

выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 78-89.

19. Ангаров В.Н., Козлов В.М., Новиков А.А., Наганов С.А., Шестаков С.А. Блок накопления данных для КНА «Гроза» // Сборник трудов выездного семинара «Миссия «Чибис-М», серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 90-97.

20. Zelenyi L.M. et al. Micro-satellite “Chibis” – universal platform for development of methods of space monitoring of potentially dangerous and catastrophic phenomena // Selected Proceedings of the 5th International Symposium of the International Academy of Astronautics, Berlin, April 4-8, 2005. / Eds. by H.-P. Roeser, R. Sandau, A. Valenzuela. Walter de Gruyter, Berlin, New York, P. 443-451, 2005.

21. Миссия «Чибис-М». Сборник трудов выездного семинара, серия «Механика, управление и информатика» / Под ред. Р.Р.Назирова. М.: ИКИ РАН, 2009.

22. Гуревич А.В., Зелёный Л.М., Климов С.И. Космическая миссия «Чибис-М» // Экология и жизнь. 2011. т. 7(116). С. 50-56.

23. Климов С.И., Зелёный Л.М., Ангаров В.Н., Добрян М.Б., Готлиб В.М., Родин В.Г., Назаров В.Н. Академический микроспутник «Чибис-М» (КЭ «Микроспутник» на РС МКС) // VI Международный специализированный симпозиум «Космос и глобальная безопасность человечества». Сборник тезисов и программа. Евпатория, Украина, 3-7 сентября 2012. С. 101-103.

24. Chum J., Santolik O., Parrot M. Analysis of subprotonospheric whistlers observed by DEMETER: A case study // J. Geophys. Res. 2009. V.114. P.A02307 (doi:10.1029/2008JA013585).

25. Klimov S., Belyakova L., Pincon J.-L., Sauvaud J.-A. New physical phenomena in the atmospheric lightning discharges: observations from micro-satellites and ground // The International Workshop on the Shocks, Turbulence and Nonlinear Systems joint with The International Advanced Workshop on the Seismo-Electromagnetic Studies. Programme and Abstracts, 11 - 15 September, 2011, Eilat, Israel, 2011. P. 24.

[\[http://spacescience.group.shef.ac.uk/Eilat_2011/index.html\]](http://spacescience.group.shef.ac.uk/Eilat_2011/index.html)

26. Климов С.И., Пилипенко В.А., Белякова Л.Д., Pincon J.-L., Sauvaud J.-A. Программа скоординированных исследований физических процессов при атмосферных грозовых разрядах на базе микроспутников «Чибис-М» и TARANIS.

[\[http://plasma2012.cosmos.ru/sites/plasma2012.cosmos.ru/files/plasma2012-program-0127.pdf\]](http://plasma2012.cosmos.ru/sites/plasma2012.cosmos.ru/files/plasma2012-program-0127.pdf)

Кооперация

- ИКИ РАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук;
- СКБ КП ИКИ РАН – Специальное конструкторское бюро космического приборостроения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук;
- ФИАН - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук;
- НИИЯФ МГУ – Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова;
- ЛЦ НАНУ-НКАУ – Львовский центр Института космических исследований Национальной академии наук и Государственного космического агентства Украины;
- Будапештский университет им. Л.Этвёша;
- НИЛАКТ РОСТО – Научно-исследовательская лаборатория авиационно-космической техники Российской оборонной спортивно-технической организации (ДОСААФ);
- СКАНЕКС - ОАО СКАНЕКС;
- РКК «Энергия» - Открытое акционерное общество Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.Королёва;
- НПО Mash – Научно-производственное объединение машиностроения.

055(02)2

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

Подписано к печати09.12

Заказ

Формат 70x108¹/₃₂

Тираж 85

1,0 усл.-печ. л.