3 раздел

Информация о научных проектах Федеральной космической программы России, находящихся в стадии разработки

СОДЕРЖАНИЕ

- Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (НИИЯФ МГУ)
- Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН)
- Центральный научно исследовательский институт машиностроения (ЦНИИМАШ)
- Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)
- 5. Институт астрономии РАН (ИНАСАН)
- 6. Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН (ФТИ РАН)
- 7. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ РАН)
- Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН)

3.1. Космический эксперимент НУКЛОН-2 (Научно-исследовательский

институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова)

Существенный интерес для астрофизики, прежде всего для проблемы происхождения химических элементов, представляет изучение компоненты космических лучей, представленной ядрами сверхтяжелых элементов (тяжелее железа, до трансуранов включительно). Возникновение сверхтяжелых элементов связано с процессами в оболочках сверхновых звезд и с таким экзотическим процессами, как слияние нейтронных звезд, которые теперь наблюдаются и в гравитационной астрономии. Особенный интерес здесь представляет изучение изотопного состава сверхтяжелых ядер, который в настоящее время остается абсолютным белым пятном.

В 2017 выпущен и защищен у Федерального заказчика (Государственная корпорация "Роскосмос") эскизный проект на комплекс научной аппаратуры «Нуклон-2», обеспечивающий проведение космического эксперимента по исследованию изотопного состава сверхтяжелых ядер космических лучей.

Начало эксперимента запланировано на 2020-2022 гг. Спектрометр представляет собой набор «башен», каждая из которых является стопкой из нескольких десятков плоских кремниевых детекторов. Изотопный состав определяется по особенностям процесса торможения ядер в этих стопках.



Рис. 38. Слева: предполагаемый внешний вид спектрометра, размещенный как дополнительная полезная нагрузка на космическом аппарате Русурс-П. Справа: пример разложения потока ядер на изотопы (для ядра олова, компьютерная симуляция).

3.2. Обсерватория Лучей Высокой Энергии (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова)

В Федеральную космическую программу России включен проект Обсерватория Лучей Высокой Энергии (ОЛВЭ) Космический эксперимент ОЛВЭ по своим характеристикам – «прорывной» эксперимент, который на ближайшие десятилетия определит направления исследований в астрофизики высоких энергий. Реализация ОЛВЭ при помощи отечественного ракетоносителя сверхтяжелого класса даст возможность в энергетическом диапазоне вплоть до 10¹⁶ эВ перевести знания по физики КЛ в точную науку. Зарядовое, энергетическое разрешения и объем математически статистического материала позволит определить основные характеристики потока космического излучения с точностями в доли процента, сравнимые с точностями, получаемые в «прорывном» эксперименте на МКС в области низких энергий AMS02. Верхний порог регистрации этого эксперимента 10¹² эВ, и объединение данных AMS02 и ОЛВЭ даст полную картину процессов высоких энергий в Галактике, включая решение проблемы феномена колена КЛ.

Реализация эксперимента определена на 2020-е годы.



Рис. 39. Предполагаемый вид спектрометра.

Публикации:

The HERO (High-Energy Ray Observatory) simulation Turundaevskiy A., Bakaldin A., Karmanov D., Leonov A., Mikhailov V., Panov A., Podorozhny D. Proceedings of Science. The 35th International Cosmic Ray Conference. 12-20 July 2017 Busan, Korea

The HERO (High-Energy Ray Observatory) simulation. Turundaevskiy A., Bakaldin A., Karmanov D., Leonov A., Mikhailov V., Panov A., Podorozhny D. 35th International Cosmic Ray Conference, Busan, Корея, Республика, 12-20 июля 2017

физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова)

КЛПВЭ-EUSO — проект Российского космического агентства по размещению обсерватории по наблюдению космических лучей предельно высоких энергий на борту российского сегмента (РС) МКС. Концепция детектора основана на детекторе зеркального типа, предложенном НИИЯФ МГУ в 2010 году и усовершенствованном в процессе совместных исследований с коллаборацией JEM-EUSO. В 2017 году в НИИЯФ МГУ начата стадия дизайн-проекта.

Для выполнения требований к эксперименту К-EUSO разработан телескоп Шмидта с полем зрения 40°, с входным зрачком диаметром 2.5 м, зеркалом диаметром 4м и фокусным расстоянием 1.7 м. Общий вид камеры представлен на Рис. 40 (справа). Базовый вариант состоит из сферического зеркала, корректирующей пластины и сферической фокальной поверхности, соосной с зеркалом, причем апертурная диафрагма располагается на фронтальной поверхности корректирующей пластины. Результаты моделирования оптической системы представлены н Рис. 40 (слева). Относительная апертура (F/# 0.7) уменьшает размер и сложность детектора и обеспечивает 70%-ный коэффициент использования от общего поля зрения.



Рис. 40. Слева: результаты моделирования оптики камеры Шмидта детектора К-EUSO. Справа: Предварительная 3D модель камеры Шмидта.

Фокальная поверхность обновленного детектора КЛПВЭ имеет ту же конструкцию, которая предлагалась для детектора JEM-EUSO. Она будет состоять из почти 120 тысяч много-анодных фотоумножителей Hamamatsu R11265-103-M64, сгруппированных в

фотодетекторные модули. Число пикселей одного ФЭУ — 64, в каждом модуле по 36 ФЭУ. Электроника предварительной обработки данных и источник высоковольтного напряжения — те же самые, что и в JEM-EUSO. Фокальная поверхность камеры Шмидта диаметром 1.27 м имеет выгнутую форму с радиусом кривизны 1.7 м. На фокальной поверхности расположено 52 фотодетекторных модуля.

Наиболее проблематичной частью конструкции является механическое устройство. Планируется, что детектор будет запущен на борту грузового корабля «Прогресс», в котором нет негерметичных отсеков. В результате, все части К-EUSO будут сначала храниться внутри МКС, а затем установлены снаружи станции во время выхода в открытый космос. В этом случае все оборудование необходимо разделить на части, размеры которых позволят провести все эти действия. Возможно использование другого грузового корабля (например, Space-X Dragon), что позволит избежать транспортировку детектора через иллюминаторы МКС. На Рис.41 представлены схемы механической системы детектора в рабочем виде и во время транспортировки. Такая конструкция позволит транспортировать телескоп с минимальным разделением на составные части.



Рис. 41. 3D модель механческой системы K-EUSO. Слева: в рабочем виде. Справа: во время транспортировки.

Оптическая система позволяет увеличить поле зрения до 40° и обеспечивает эксперименту конкурентоспособность по сравнению с большими наземными обсерваториями, сохраняя преимущества равномерной экспозиции всей небесной сферы. Были разработаны и изготовлены лабораторные модели зеркала-концентратора и модуля фотодетекторов.

Запуск аппаратуры запланирован на 2022 год, затем последует монтаж на российском сегменте МКС и, как минимум, два года работы аппаратуры в космосе.

Публикации:

M.I. Panasyuk, M. Casolino, G.K. Garipov, T. Ebisuzaki, P. Gorodetzky, B.A. Khrenov, P.A. Klimov, V.S. Morozenko, N. Sakaki, O.A. Saprykin, S.A. Sharakin, Y. Takizawa, L.G. Tkachev, I.V. Yashin, and M.Yu Zotov. The current status of orbital experiments for UHECR studies. Journal of Physics, 632(1):012097, 2015.

M. Casolino, P. Klimov, L. Piotrowski. Observation of ultra high energy cosmic rays from space: Status and perspectives. Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP), 2017(12):12A107, 2017.

G. K. Garipov, M. Yu Zotov, P. A. Klimov, M. I. Panasyuk, O. A. Saprykin, L. G. Tkachev, S. A. Sharakin, B. A. Khrenov, and I. V. Yashin. The klypve ultrahigh energy cosmic ray detector on board the iss. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 79(3):326–328, 2015.

P. Klimov, M. Casolino for the JEM-EUSO Collaboration. Status of the KLYPVE-EUSO detector for EECR study on board the ISS. In Proceedings of Science (35th International Cosmic Ray Conference), PoS(ICRC2017)412, 2017.

M. Casolino, M. Bertaina, A. A. Belov, T. Ebisuzaki, M. Fukushima, P. Klimov, M. I. Panasyuk, P. Picozza, H. Sagawa, K. Shinozaki, the JEM-EUSO Collaboration. KLYPVE-EUSO: Science and UHECR observational capabilities. In Proceedings of Science (35th International Cosmic Ray Conference), PoS(ICRC2017)368, 2017.

V. V. Druzhin, D. T. Puryaev, and S. A. Sharakin. Optical system for orbital detector of extremehigh-energy cosmic ray. JOURNAL OF ASTRONOMICAL TELESCOPES INSTRUMENTS AND SYSTEMS, 4(1):014002, 2018.

3.4. УФ-атмосфера (Mini-EUSO): компактный УФ-телескоп на борту

МКС (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова)

Научная аппаратура УФ-атмосфера (Mini-EUSO) представляет собой УФ-телескоп, размещенный внутри международной космической станции (МКС) и направленный на Землю из иллюминатори российского модуля «Звезда». Аппаратура Mini-EUSO будет мониторить поверхность Земли в УФ-диапазоне (300–400 нм) с пространственным разрешением 6.11 км и временным разрешением 2.5 µс. Это даст возможность изучить разнообразные атмосферные события, такие как транзиентные световые явления (ТСЯ, или TLE) и метеоры, а также осуществлять поиск странных кварков и биолюминесценции. Кроме того, Mini-EUSO будут использовать для распознавания космического мусора с целью в дальнейшем использовать подобный телескоп в комбинации с лазером для ликвидации космического мусора. Составление карт УФ-излучения с орбиты позволяет использовать Mini-EUSO в качестве зонда для исследования космических лучей сверхвысоких энергий из космоса. В 2016-2017 гг. ученые НИИЯФ МГУ разработали аппаратуру совместно с коллаборацией JEM-EUSO и РКК «Энергия».

В основе аппаратуры Mini-EUSO лежит один детектирующий модуль EUSO, называемый фото-детекторный модуль. Он состоит из 36 мультианодных ФЭУ, каждый из 64 пикселей, т. е. в целом содержит 2304 пикселя. В целом телескоп Mini-EUSO состоит из 3 основных систем: оптической системы, фото-детекторного модуля и системы обработки данных. Оптическая система состоит из 2 френелевских линз и используется для фокусирования света на фото-детекторном модуле для достижения большего поля зрения (44°) при сохранении относительно легкой и компактной конструкции, пригодной для применения в космосе. Фото-детекторный модуль регистрирует фотоны и передает в систем обработки данных с частотой 2.5 µс и пространственным разрешением 6.11 км.

На Рис.42 представлен детектор во время установки и тестирования в университете Тор Вергата (Рим).



Рис. 42. УФ-атмосфера (Mini-EUSO): 3D модель (слева) и прибор во время тестирования в Университете Тор Вергата, Рим (справа).

Публикации:

Capel Francesca, Belov Alexander, Casolino Marco, Klimov Pavel. Mini-EUSO: A high resolution detector for the study of terrestrial and cosmic UV emission from the international space station. Advances in Space Research, 2017. DOI: 10.1016/j.asr.2017.08.030

V. Scotti, G. Osteria, A. A. Belov, the JEM-EUSO collaboration. The mini-EUSO telescope on the ISS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 845:408–409, 2017.

Alexander Belov, Mario Bertaina, Francesca Capel, Federico Fausti, Francesco Fenu, Pavel Klimov, Marco Mignone, Hiroko Miyamoto. The integration and testing of the mini-EUSO multi-level trigger system. Advances in Space Research, 2017. DOI: 10.1016/j.asr.2017.10.044

3.5. Космический проект UNIVERSAT – SOKRAT (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова)

В космическом пространстве существует больое количество рисков естественного и характера, которые являются критическими для антропогенного осуществления автоматических и пилотируемых космических миссий. Риски определяются спецификой планируемых полетов, которая зависит от продолжительности, расположения и параметров орбиты. Как правило, особенности естественных условий в космическом (разнообразные параметры радиационных пространстве полей, характериститки баллистических траекторий космических объектов), а также влияние деятельности человека (космический мусор) создают значительные сложности для моделирования и расчета рисков. Мниторинт природных и антропогенных космических объектов (потенциальных угроз) в реальном времени является лучшим и наиболее эффективных путем снижения таких рисков.



Рис. 43. Направления исследований проекта UNIVERSAT – SOKRAT.

Целью проекта является разработка группировки спутников для мониторинга угроз в околоземном космическом пространстве в режиме реального времени. Это означает мониторинг:

- радиационных условий;

- потенциально опасных объектов естественного (астероиды, метеоры) и антропогенного (космический мусор) происхождения, и

- электромагнитных транзиентных явлений.

Данный проект позволит впервые создать прототип системы космического мониторинга и предотвращения угроз как для действующих, так и для планируемых космических миссий, в том числе для высотных атмосферных летательных аппаратов; создать инновационные технологии в сфере приборостроения и методов решения проблем представления информации в режиме реального времени; разработать новые образовательные стандарты и методики подготовки специалистов в новой области прикладных космических исследований.

Публикация:

Орtimization of measurements of the Earth's radiation belt particle fluxes. Panasyuk M.I., Podzolko M.V., Kovtyukh A.S., Brilkov I.A., Vlasova N.A., Kalegaev V.V., Osedlo V.I., Tulupov V.I., Yashin I.V. Cosmic Research (English translation of Kosimicheskie Issledovaniya), издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), 55, № 2, с. 79-87, 2017

3.6.Эксперимент "Гидроксил" на борту МКС (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН).

В рамках подготовки эксперимента "Гидроксил" на борту РС МКС по оптическим наблюдениям состояния верхней атмосферы для контроля возникновения и развития геофизических катастроф и создания методик мониторинга состояния верхней атмосферы с участием Института прикладных физических проблем Белорусского государственного университета разработана и прошла наземную отработку специализированная научная аппаратура – спектрофотометрический комплекс (СФК), которая включена в стартовый состав многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) РС МКС. Срок доставки МЛМ на РС МКС планируется на 2017 г.

При измерениях свечения верхней атмосферы с орбитальной космической станции в направлении лимба Земли происходит увеличение эффективной толщины слоя и, соответственно, его светимости почти в 30 раз по сравнению с тем, какой она представляется наблюдателю с Земли. В этом огромное преимущество оптических измерений с борта МКС.

Научная аппаратура СФК обеспечивает измерение абсолютных интенсивностей гидроксильных свечений с высоким спектральным разрешением (~ 1 нм) в области 830-1040 нм и измерение абсолютных интенсивностей свечения зеленой линии атомарного кислорода на длине волны 557,7 нм, а также пространственное распределение указанных свечений в высотном диапазоне 80-110 км с разрешением по высоте не хуже 1 км.

Бортовой комплект аппаратуры СФК (общий вид комплекса показан на рис.1) включает в себя блок оптический (БО) - 1, блок электроники (БЭ) – 2 и кронштейн (3) для установки БО на иллюминатор гермоадаптера МЛМ.



Рис.1. Общий вид аппаратуры СФК.

830-1040

557,7

Основные технические характеристики научной аппаратуры СФК:

 Рабочий спектральный диапазон модуля
 спектральных изображений (МСИ), нм
— Рабочий спектральный диапазон модуля регистрации
кислородных свечений (МРС), нм

-	Спектральное разрешение не хуже, нм	1,0
_	Пространственное разрешение по высоте, км	1,0
_	Угол поля зрения по вертикали, град	3
_	Минимальное значение регистрируемых эмиссий, Рэлей	20

Работа СФК осуществляется в следующем режиме:

тест/калибровка работы БО СФК;

регистрация спектральных изображений гидроксильных эмиссий;

– регистрация пространственного распределения эмиссий атомарного кислорода;

 выдача научной и служебной информации в Бортовую телеметрическую и управляющую системы СМ РС МКС.

Начальное наведение БО на измеряемый объект (область кислородного и гидроксильного излучения на высотах 80-93 км) проводит оператор с помощью оптического прицела, совмещая визир прицела с линией горизонта. Дальнейшее сопровождение объекта СФК осуществляет в автоматическом режиме измерений. На рис.2 приведена геометрия (коллаж) наведения аппаратуры на область высот ~100 км.



Рис.2.Поля зрения визира, МРС и МСИ СФК (коллаж).

Несмотря на большую практическую значимость и почти 50-летнюю историю исследований, кинетический механизм гидроксильного свечения до сих пор остается количественно невыясненным, а имеющиеся константы скорости химических реакций

с участием гидроксильных радикалов, определены при температуре 300°К, которая значительно выше мезосферной температуры (от 130° до 250°К), что серьезно ограничивает область применения гидроксильного свечения для практических целей.

Необходимость космических экспериментов вызвана большой значимостью гидроксильного излучения как с точки зрения изучения химической динамики взаимодействия гидроксила (^{OH}) с основными компонентами атмосферы N₂, O₂, O, так и с точки зрения обоснования разнообразных применений этих данных.

Эффективностъ КЭ «Гидроксил» будет определяться научными результатами и выводами на основе полученных данных измерений, в частности:

 построением эмпирической модели, позволяющей прогнозировать интенсивности гидроксильного и кислородного свечений для заданных гелио- и геофизических условий;

 использованием эмпирических закономерностей для разработки теоретической модели, которая будет основана на кинетическом механизме гидроксильного свечения и подтверждена результатами наблюдений свечений гидроксила (• ОН) и кислорода О на МЛМ РС МКС;

 выводами о тенденции развития глобальных климатических изменений характеристик атмосферы и их связи с эволюцией солнечной активности и антропогенными процессами;

 обоснованием и построением алгоритма прогноза землетрясений с помощью регистрации свечения ОН и зеленой линии 557.7 нм атомарного кислорода над сейсмоактивными районами.

3.7. Космический эксперимент ТАХОМАГ-МКС (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН).

В рамках Федеральной космической программы для космического эксперимента ТАХОМАГ-МКС разрабатывается научная аппаратура для размещения на Российском сегменте Международной космической станции.

Космический эксперимент ТАХОМАГ-МКС (многофункциональный оптический комплекс) предназначен для решения следующих задач:

- детальные и точные исследования динамики магнитных полей в солнечной фотосфере и хромосфере с пространственным разрешением недоступным для наземных наблюдений;

- мониторинг наиболее геоэффективных явлений солнечной активности, таких как большие солнечные вспышки и выбросы корональной плазмы в сторону Земли.

В настоящее время ведутся работы по изготовлению макета прибора и созданию стенда для испытаний.

3.8. Радиоспектрометр РСД для проекта "Интергелиозонд" (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН).

В рамках проекта "Интергелиозонд" проводилась разработка прибора РСД (Радиоспектрометр-детектор), который предназначен для непрерывного мониторинга гелиосферы, обнаружения и регистрации солнечных радиовсплесков различных типов методом радиочастотной спектрометрии в частотном диапазоне 15 кГц - 300 МГц. Научные задачи эксперимента включают исследования радиоизлучений на волнах метрового, декаметрового, гектометрового и километрового диапазонов, всплесков II, III и IV типов; исследования межпланетного магнитного поля и физических процессов в солнечной короне и межпланетном пространстве, а также вспышечной активности Солнца и распространения возмущений от солнечных вспышек типа ударных и выбросов массы.

3.3.1. Основные технические характеристики прибора РСД

Прибор РСД содержит три идентичных приемных канала, что обеспечивает измерение трех компонент вектора электромагнитного поля.

Каждый канал измерений содержит:

- антенну (несимметричный вибратор) и антенный усилитель,
- два канала *(резервирование)* прямого усиления сигналов с регулируемым коэффициентом передачи,
- два модуля (резервирование) аналого-цифрового преобразования;
- цифровой процессор сигналов.

Основные характеристики измерительных каналов РСД:

- Пороговая чувствительность, не менее	160 дБм/Гц;
--	-------------

- Динамический диапазон без регулировки усиления, не менее 80 дБ;

- Динамический диапазон регулировки усиления, не менее 120 дБ;
- Рабочий диапазон частот, от 15 кГц до 300 МГц;
- Спектральное разрешение:

в диапазоне частот 15 кГц до 30 МГц, не более	15 кГц;
в диапазоне частот 30 МГц до 150 МГц, не более	30 кГц;
в диапазоне частот 150 МГц до 300 МГц, не более	74 кГц

Общие характеристики прибора РСД:

- Разрешение по времени, не более 0,1 сек

- Максимальная частота измерений, не более	10 Гц
- Объем внутренней памяти, не менее	256 МБайт
- Размер данных результата измерений,	16384 байт
- Скорость передачи данных, не менее	1 Мбит/сек
- Габариты моноблока приемника	192x161x59 мм
 Масса моноблока приемника 	1,4 кг
- Масса каждой из 3-х антенн	300 г
- Напряжение питания постоянного тока,	от 24 до 29 В
- Максимальная потребляемая мощность, не более	10 Вт.

3.3.2. Конструкция прибора РСД

Антенна (см. рис.1) каждого канала выполнена в виде каркасной штанги длиной 800 мм, отсека антенного усилителя и ленты вибратора длиной 500 мм.

Лента вибратора представляет собой напряженную профилированную ленту из нержавеющей стали. В штатном положении лента вибратора закреплена под углом 30° к оси штанги.



Рис. 1. Конструкция антенно-фидерного устройства РСД.

Общий вид теплового эквивалента и натурно-габаритно-весового макета приемника аппаратуры РСД показан на рис.2.



Рис.2. Общий вид приемника РСД. Тепловой эквивалент (вверху). НГВМ (внизу).

Один из вариантов возможного взаимного расположения антенн на корпусе КА "Интергелиозонд" показан на рис.3. В данной геометрии ортогональные компоненты вектора напряженности электромагнитного поля могут быть получены из следующих соотношений:

 $a1 = \mathbf{x} \cdot \cos(30^\circ) - \mathbf{z} \cdot \sin(30^\circ);$ $a2 = -\mathbf{x} \cdot \cos(45^\circ) - \mathbf{y} \cdot \cos(45^\circ) - \mathbf{z} \cdot \sin(30^\circ);$ $a3 = -\mathbf{x} \cdot \cos(45^\circ) + \mathbf{y} \cdot \cos(45^\circ) - \mathbf{z} \cdot \sin(30^\circ)$



Рис.3. Схема возможного расположения антенн прибора РСД на корпусе КА "Интергелиозонд".

3.9. Комплексные наземно-космические эксперименты Сура-МКС 2017 года (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), «Центральный научно - исследовательский институт машиностроения») В задачи экспериментов 2017г. входили: прогноз гео- и гелиофизических условий в ионосфере, выбор режимов нагрева при минимальных значениях критической частоты слоя F2 ионосферы, анализ результатов радиозондирования ионосферы и измерения геомагнитных возмущений наземными средствами, исследования возможностей повышения эффективности и вероятности искусственного воздействия на ионосферу, а также установление корреляции между вариациями геомагнитного поля и циклограммой работы радионагревного стенда. Эксперименты проведены с применением комбинации новых условий нагрева (скважность, период воздействия, двухчастотный и непрерывный нагрев, вариации излучаемой мощности, поляризация, направление КВ излучения и др.) в промежутках между рекуррентными магнитными бурями. Показано наличие пульсаций геомагнитного поля и эффектов суббурь, стимулированных стендом Сура (в соответствии с циклограммой), на фоне спокойных геофизических условий.



Рис.1. Горизонтальная компонента геомагнитного поля – суббуря триггерированная стендом 20 сентября 2017 г.



Рис.2 Геомагнитные пульсации - фрагмент (40 минут), где цветом отмечены все десять импульсов КВ воздействия на ионосферу программой стенда СУРА.

Ю.Я. Ружин, В.С. Докукин, В.Д. Кузнецов, Ю.А. Пластинин. «Комплексные наземнокосмические эксперименты Сура-МКС 2017 года.» VIII Всероссийские Армандовские чтения [Электронный ресурс], Муром, 2018, стр.60-67. ISSN 2304-0297 (CD-ROM)

Ружин Ю.Я., В.Д. Кузнецов, Ю.А. Пластинин. «Эффекты, стимулированные стендом СУРА по программе 2017г. геофизических экспериментов на МКС». //Геомагнетизм и аэрономия. Т. 58. № (принято к печати). 2018

3.10. Космический комплекс «АРКА» для получения в спектральных линиях вакуумного ультрафиолетового диапазона изображений короны и переходного слоя Солнца (Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук)

Федеральная космическая программа России предусматривает в период до 2025 года создание и вывод на орбиту новой космической солнечной обсерватории под рабочим названием «АРКА». Аппарат будет работать около Земли на солнечно-синхронной орбите и сможет непрерывно наблюдать Солнце.

В рамках проекта на орбиту предполагается вывести 3 научных инструмента, в том числе два солнечных телескопа с самым высоким в мире пространственным разрешением, лучше 100 км, что в несколько раз выше, чем дает действующая солнечная обсерватория НАСА SDO. Третьим инструментом спутника будет малый телескоп, наблюдающий диск Солнца и околосолнечное пространство в диапазоне высот до 1 радиуса Солнца. Такой подбор инструментов позволит одновременно изучать процессы на поверхности Солнца и в его внешних слоях. В частности, с самых ранних стадий смогут наблюдаться корональные выбросы массы, являющиеся основной причиной изменений космической погоды.

Оба телескопа проекта являются двузеркальными инструментами, построенными по схеме Ричи-Кретьена. Первый телескоп будет работать в спектральной линии железа 171 Ангстрем и будет наблюдать корону Солнца. Второй телескоп будет работать в линии гелия 304 Ангстрема и наблюдать переходный слой Солнца.

Рекордное пространственное разрешение телескопов будет достигаться за счет особенностей их оптической схемы: телескопы будут наблюдать Солнце в ограниченном поле зрения, но с очень высокой детализацией. Размер поля зрения будет составлять 10 на 10 угловых минут, что равно 1/7 площади солнечного диска. Детекторы телескопов, регистрирующие изображения, будут иметь размер 6000 на 6000 пикселей. Такое сочетание малого поля зрения и большого размера детектора позволит впервые в мире различить на поверхности Солнца детали размером 75 км.

В проекте участвует несколько российских организаций. Ведущая организация по проекту – Физический институт российской академии наук. В институте разрабатываются основные электронные и механические узлы и будет производится финальная сборка

аппаратуры. Рентгеновская оптика и фильтры для телескопов – также российского производства и изготавливаются в Институте физики микроструктур. В настоящий момент для проекта созданы сверхгладкие зеркала с диаметром 300 мм. Для конструкции телескопа используются термостабильные сплавы на основе титана, также изготавливаемые в России. В целом, около 80 % узлов научной аппаратуры – российского производства.

Наиболее важный зарубежный вклад в проект – ПЗС детекторы, специально разработанные для этой миссии компанией e2v, Великобритания. Детекторы имеют размер более чем 6000 на 6000 элементов. Это самые большиематрицы, когда-либо применявшиеся в космических солнечных миссиях.

Завершение разработки (создание летного образца аппаратуры) запланировано на 2021 год. Запуск космического аппарата в соответствии с федеральной космической программой состоится в 2023году.

Проект открыт для научного и технического сотрудничества.



Рисунок 3.1. Внешний облик космического аппарата АРКА.

3.11. Проект «Спектр-УФ» («Всемирная космическая обсерватория – ультрафиолет» (Институт астрономии РАН)

Проект «Спектр-УФ» (международное название «Всемирная космическая обсерватория – ультрафиолет») предназначен для исследования различных объектов Вселенной в недоступном для наблюдений с земной поверхности ультрафиолетовом (УФ) участке спектра 115 – 310 нм. Комплекс научной аппаратуры обсерватории «Спектр-УФ»: телескоп Т-170М с диаметром главного зеркала 1.7 м, спектрографы высокого и низкого разрешения, камеры для построения высококачественных изображений в УФ-диапазоне, бортовая система (блок) управления научными данными, а также дополнительная полезная нагрузка – прибор прибор для регистрации космического гамма-излучения «Конус-УФ».

Научные задачи

проведение спектральных наблюдений точечных объектов в диапазоне 115–310 нм
 с высоким разрешением (разрешающая сила R >50000);

проведение спектральных наблюдений протяженных и самых далеких (тусклых)
 объектов Вселенной в диапазоне 115–305нм с низким разрешением (разрешающая сила R
 = 1000) с высокой (длинной) щелью;

- построения прямых изображений с высоким пространственным разрешением (до 0.08 угл. сек.) в УФ-диапазоне 115–310 нм с возможно большим полем зрения для исследований структуры космических объектов, а также для проведения многоцветной (при использовании фильтров) фотометрии как протяженных так и точечных источников.

Технические характеристики научной аппаратуры

В состав КНА «Спектр-УФ» входят:

Телескоп Т-170М;

Блок Спектрографов (БС);

Блок Камер Поля (БКП);

Научная аппаратура «Конус-УФ» (НА «Конус-УФ»).

Телескоп Т-170М строится по схеме Ричи-Кретьена с с фокусным расстоянием 17 м с главным зеркалом диаметром 1.7 м. Поле зрения телескопа 30 угловых минут. Качество изображения дифракционное (ФРТ 0.03 угл. сек).



Рис. 1. Общий вид телескопа Т-170М.

Блок Спектрографов представляет из себя три независимых спектрографа (канала), расположенные в одном моноблоке: два спектрографа высокого разрешения (разрешающая сила R >50000) для диапазонов 115-176 нм и 174-310 нм и спектрограф с длинной щелью для диапазона 115-305нм. Длина щели 75 угл.сек., ширина 1 угл.сек. Во всех спектрографах используются приемники излучения на основе ПЗС. В настоящее время (май 2018) завершается создание образца БС для конструкторско-доводочных испытаний.



Рис.2. Натурный габаритно-массовый макет – тепловой эквивалент БС.



Рис.3. Электрическая модель БС.

Блок камер поля представляет из себя две камеры (канала) для получения прямых изображений в дальнем (ДУФ, 115-176 нм) и ближнем (БУФ, 174-310) ультрафиолете. Канал ДУФ: приемник излучения на основе МКП, поле зрения 121 на 121 угл.сек., пространственное разрешение 0.08 угл.сек. Канал БУФ: приемник излучения на основе ПЗС, поле зрения 597 на 451 угл.сек., пространственное разрешение 0.146 угл.сек. БКП создается совместно Россией и Испанией при участии Мексики и Японии.

Научная аппаратура «Конус-УФ» (НА «Конус-УФ») является дополнительной попутной нагрузкой и предназначена для исследования космических гамма-всплесков и активности мягких гамма-репитеров в энергетическом диапазоне от 10 кэВ до 10 МэВ. Аппаратура полностью аналогична аппаратуре, описанной в статье Аптекаря и др. (Aptekar, R. L.; Cline, T. L.; Frederiks, D. D.; Golenetskii, S. V.; Mazets, E. P.; Pal'shin, V. D. "Konus-Wind Observations of the New Soft Gamma-Ray Repeater SGR 0501+4516". TheAstrophysicalJournalLetters, Volume 698, Issue 2, pp. L82-L85. 2009)

Планируемые результаты исследований и экспериментов

Общее наблюдательное время распределяется между тремя видами научных программ(Malkov O., ·Sachkov M., Shustov B., · Kaigorodov P., · Yáñez F.J., · GómezdeCastro A.I.Scientific program construction principles and time allocation scheme for the World Space Observatory—Ultraviolet mission// Astrophysics and Space Science, 2011, 335, pp323-327):

a) базовая программа проекта(coreprogram);

б) национальные программы стран-участниц проекта;

в) открытая программа для международного сообщества(openprogram).

Базовая программа формируется научным комитетом проекта. Научный комитет включает исследователей из стран-участниц и внешних специалистов по УФисследованиям. Эта программа предполагается к выполнению в течение первых двух лет работы обсерватории.

Основные направления исследований в рамках этой программы следующие:

а) физика ранней Вселенной (реионизация, поиск барионного вещества);

б) звездообразование, химическая эволюция галактик;

в) аккреционные процессы в астрофизике;

г) физика звездных атмосфер, потеря массы, хромосферная активность;

д) физика и химия (экзо)планетных атмосфер и комет.

В статье Боярчука и др. (2016, Scientific problems addressed by the Spektr-UV space project (world space Observatory—Ultraviolet), Astronomy Reports, Volume 60, Issue 1, pp.1-42) более подробно описаны планируемые эксперименты.

3.12. Эксперимент КОНУС-УФ по исследованию космических гаммавсплесков и мягких гамма-репитеров на КА «Спектр-УФ» (Физикотехнический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук).

Проведение эксперимента КОНУС-УФ по исследованию космических гамма-всплесков и мягких гамма-репитеров планируется в составе проекта «Спектр-УФ». Его задачей является исследование космических гамма-всплесков и редкого их класса - источников мягких повторных всплесков, открытых ранее в экспериментах ФТИ и получивших название гамма-репитеры. Все эти явления связаны с экстремальным взрывным энерговыделением электромагнитного излучения, природа которого является одной из важнейших нерешенных проблем астрофизики. Надежная и адекватная задаче научная КОНУС была разработана ФТИ РАН и более 23 лет непрерывно аппаратура функционирует на американском космическом аппарате «Винд». Совместный российскоамериканский эксперимент КОНУС-ВИНД обеспечивает получение кривых блеска, энергетических спектров и быстрой спектральной переменности гамма-всплесков, которые широко востребованы в комплексных всеволновых исследованиях этого явления в рамках обширной международной кооперации на наземных и космических телескопах. Для таких наблюдений исключительно благоприятна сильно вытянутая орбита «Винда» с апогеем 0,5 – 1,5 млн. км, обеспечивающая обзор всей небесной сферы без существенных потерь возможности наблюдений при прохождении через радиационные пояса Земли. Удаленная от Земли орбита КА «Спектр-УФ» также является оптимальной для подобных исследований.

Исходя из возможностей КА «Спектр-УФ» для реализации эксперимента была предложена система из двух детекторных блоков «КОНУС-УФ-Д» с полем зрения 2π стерадиан относительно оси симметрии детекторов и одного блока электроники «КОНУС-УФ-БЭ». Размещение детекторных блоков на переходной ферме между базовым модулем НАВИГАТОР и комплексом научной аппаратуры КА «Спектр-УФ» телескопом T170 обеспечивает необходимую для проведения эксперимента возможность обзора каждым из детекторных блоков половины небесной полусферы.

Научная аппаратура эксперимента представляет собой сцинтилляционный гаммаспектрометр, состоящий из двух идентичных детекторов гамма-квантов и электронного блока для регистрации и предварительной обработки сигналов детекторов. Каждый детектор содержит высокотехнологичный спектрометрический кристалл NaI(Tl) диаметром 130 мм и высотой 75 мм, помещенный в тонкостенный алюминиевый контейнер с бериллиевым входным окном и выходным окном из свинцового стекла высокой прозрачности для защиты от фона космического аппарата в мягкой области спектра. Такой детектор обеспечивает низкий энергетический порог регистрации излучения от 10 кэВ, диапазон регистрации гамма-квантов до 15 МэВ с энергетическим разрешением 8,5 - 9,0 % на линии 660 кэВ Cs137 и чувствительность обнаружения всплесков на уровне 10^{-7} эрг см⁻². Детекторы аппаратуры КОНУС-УФ не имеют аналогов в мировой практике регистрации космических гамма-всплесков по степени защиты от фона КА.

Организация измерений характеристик гамма-всплесков в эксперименте КОНУС-УФ является развитием подходов и методов, использованных в эксперименте КОНУС-ВИНД. Она характеризуется значительно большей информативностью благодаря использованию в аппаратуре современной элементной базы на основе сигнальных цифровых процессоров, прецизионных аналого-цифровых преобразователей с малым энергопотреблением и «мертвым» временем и микросхем оперативной памяти большой емкости. В малым режиме ФОН в каждом детекторе проводятся измерения интенсивности космического гамма-излучения в двенадцати энергетических интервалах в диапазоне энергий 10 кэВ – 1 МэВ с временем накопления 1 сек и в десяти энергетических интервалах в диапазоне энергий 280 кэВ – 10 МэВ с временем накопления 4 сек. Одновременно в режиме ФОН осуществляются детальные измерения спектров излучения в двух энергетических диапазонах 10 кэВ – 1 МэВ и 280 кэВ – 15 МэВ, которые разбиты на 112 и 154 квазилогарифмических канала соответственно. Время накопления спектров в режиме ФОН – 1 минута. В режиме ВСПЛЕСК интенсивность излучения измеряется в тех же энергетических интервалах с временным разрешением от 2-х мсек до 64-х мсек. Многоканальные спектры в режиме ВСПЛЕСК также измеряются в тех же энергетических диапазонах, как и в режиме ФОН, но с временным разрешением от 100 мсек до 2-х сек. В HA предусмотрен специальный «интегральный» канал, ориентированный на исследования чрезвычайно редких крайне интенсивных гигантских вспышек гаммарепитеров. Аппаратура обеспечивает широкие возможности регулировки коэффициентов усиления линейных трактов с помощью системы цифровых команд. Аппаратура КОНУС-УФ имеет вес 25 кг, потребляемая мощность не превышает 10-12 Вт, суточная информативность составляет 200 Мб.

Эксперимент КОНУС-УФ является необходимым шагом в подготовке продолжения высокоэффективных отечественных исследований в этом актуальном направлении внеатмосферной астрономии.

3.13. Разработка математических моделей для анализа траекторий полёта и схем выполнения динамических операций перспективных космических аппаратов. Проект «Интергелиозонд» (Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН)

В отечественном космическом проекте «Интергелиозонд» ставится задача вывода КА на близкую к Солнцу гелиоцентрическую орбиту (радиус перигелия должен попадать в диапазон 60-70 радиусов Солнца) с максимально возможным наклонением относительно солнечного экватора. При проектировании космического комплекса для реализации проекта «Инергелиозонд» необходимо учесть следующие важные особенности:

- высокую точность приведения КА к планете, составляющую единицы км;
- большую асимптотическую скорость КА относительно Венеры, составляющую половину ее орбитальной скорости, по сравнению с её величинами согласно накопленному опыту предшествующих полётов, в которых она не превосходила величину 3.5 км/с.

С целью обеспечения эффективного баллистического проектирования проекта получены обобщенные формулыдля изменения наклонения орбиты КА при совершении гравитационных манёвров около планеты на общий KA. случай эллиптических орбит не но только И планеты. Разработанаадекватная геометрическая интерпретация полученных формул. координат точки Найдены выражения ДЛЯ максимально возможного наклонения на инвариантной сфере асимптотической скорости КА. Проведён сравнительный анализ полученных результатов и современных описаний пространственных моделей гравитационных манёвров специалистами NASA И ESA. Аналитически исследована процедура построения цепочки гравитационных манёвров для достижения геометрически допустимого максимума наклонения орбиты КА. В результате формализованная структура цепочки гравитационных манёвров, «повышающих» наклонение орбиты КА к эклиптике, позволяет выстраивать универсальный адаптивный синтез пучков соответствующих оптимальных траекторий.

Результаты выполненных работ отражены в публикациях:

- 1. Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В., Тучин А.Г, Тучин Д.А. Методика формирования больших наклонений орбит космических аппаратов с использованием гравитационных маневров // Доклады АН. 2017. Т.472, №4. С. 403-406. doi:10.7868/S0869565217040090.
- Голубев 2017б Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В., Тучин А.Г, Тучин Д.А. Формирование орбит космического аппарата с большим наклонением к эклиптике посредством многократных гравитационных маневров // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. №2. С. 108-132. doi: 10.7868/S0002338817020081.
- Grushevskii, A., Golubev, Y.F., Koryanov, V., Tuchin, A., Tuchin, D. To the high inclined orbit formation with use of gravity assists // Advances in the Astronautical Sciences. 2017. №161, pp. 417-434.ISSN: 00653438. ISBN: 9780877036432

3.14. Краткое описание космических экспериментов (КЭ), подготовка которых находится на стадии проектирования и изготовления научной аппаратуры. (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН)

Таблица. Перечень КЭ, находящихся на стадии проектирования и изготовления научной аппаратуры

N⁰	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
1	«Ветер» Определение вектора скорости приводного ветра и спектра волнения Мирового океана по измерениям параметров Стокса микроволнового радиотеплового излучения с РС МКС ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	Разработка методик определения и получение новых экспериментальных данных о пространственных характеристиках вектора скорости приводного ветра и спектра волнения Мирового океана по измерениям параметра Стокса микроволнового радиотеплового излучения морской поверхности	СВЧ радиометры- поляриметры 0,8 и 2,25 см	2022/2023
2	«Дриада» Измерения спектров поглощения земной атмосферы в ближнем ИК диапазоне и восстановление концентраций	Измерения содержания углекислого газа <i>CO</i> ₂ и метана <i>CH</i> ₄ в атмосфере для понимания роли природных процессов и человеческой деятельности, определяющих атмосферное содержание <i>CO</i> ₂ и	Эксперимента льный комплекс в составе: спектрометр высокого разрешения +	2020/2022

N⁰	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
	парниковых газов, ИКИ РАН	CH4	видеокамера	
3	«Климат» Отработка технологии космического мониторинга климатообразующих факторов Земли на базе приборного комплекса для измерения содержания аэрозолей, озона и парниковых газов в тропосфере и нижней стратосфере ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН	Отработка научно-технических методик измерения и наблюдения за изменениями климатообразующих факторов в атмосфере Земли (тропосфера, нижняя стратосфера, при наблюдениях в надир и в лимб) Получение данных наблюдений за изменением климатообразующих факторов (аэрозоли, парниковые газы, озон) в атмосфере Земли (тропосфера, нижняя стратосфера) и изменчивостью основных составляющих энергетического (радиационного) баланса климатической системы Земли	ИК-ФСР высокого спектрального разрешения; монохроматич еские изображающи е камеры МИК 555,7 и МИК 630	2022/2024
4	«Конвергенция» Определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы при исследовании генезиса атмосферных катастроф ИКИ РАН	Исследование основ зарождения и эволюции крупномасштабных кризисных атмосферных процессов типа тайфунов и тропических циклонов как одних из основных элементов в формировании глобального массо- и влагообмена в системе океан-атмосфера, измерение абсолютных радиояркостных температур системы атмосфера- океан тропиков в диапазоне 6220 ГГц, определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы, проведение исследований по круглосуточному обнаружению вспышек молний, определение энергетических, пространственных и временных характеристик вспышек молний, определение зон грозовой деятельности	Сканирующий микроволновы й радиометр- спектрометр (MPC); детектор молний (ДМ)	2021/2024
5	«Метрад» Радиоголографический мониторинг	Зондирование атмосферы, ионосферы и поверхности Земли с помощью	Радиогологра фический приемник	2022/2023

Nº	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
	атмосферы, ионосферы и поверхности. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	высокостабильных сигналов навигационных спутников ГЛОНАСС/GPS для глобального мониторинга ионосферы, атмосферы и земной поверхности		
6	«МКС-Глонасс» Радиозондирование ионосферы радиотомографически м и радиозатменным методами. ИПГ	Исследование структуры и динамики ионосферы при помощи комбинированного применения радиотомографического (РТ) и радиозатменного (РЗ) методов с наземной и спутниковой регистрацией радиосигналов	Двухканальны е приемники радиосигнало в с антеннами L-диапазона; блоки передатчиков (БПР-1 и БПР-2); блоки сбора данных (БСД-1 и БСД-2) со специальным ПО	2020/2021
7	«МКС-РСА(Р)» Отработка методов дистанционного зондирования земной поверхности в Р- диапазоне при помощи поляриметрической радиолокационной станции бокового обзора с синтезированной апертурой. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	Исследование возможностей дистанционного зондирования земных покровов из космоса с помощью поляриметрических радиолокаторов с синтезированной апертурой в диапазоне длинных дециметровых волн (длина волны около 70 см)	РСА Р- диапазона	2022/2025
8	«Напор-миниРСА» РСА Экспериментальная отработка технологии малогабаритного РСА на основе	Разработка и изготовление бортового комплекса малогабаритного радиолокатора С-диапазона с синтезированной апертурой	РСА С- диапазона; комплект оптических телескопов	2018/2019

Nº	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
9	микрополос-ковых активных фазированных антенных решеток в интересах решения задач природопользования, экологического контроля и мониторинга ЧС ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева»	Разработка методов	Импульсный	2022/2025
	Измерение дисперсии наклонов морского волнения, высоты значительного волнения и скорости приповерхностного ветра радиолокатором СВЧ-диапазона с веерной диаграммой направленности антенны ФГУП «РНИИРС», ИПФ РАН	дистанционного зондирования Земли для получения новой информации о морском волнении и определения скорости ветра над поверхностью Мирового океана вблизи надирного зондирования	радиолокатор с АФАР, с веерной диаграммой направленнос ти антенны (\approx 1°x30°), длина волны λ \approx 0,0222м	
10	«Ракурс» Многоракурсная спектрометрия атмосферных внутренних гравитационных волн, ИПГ	Отработка новых методов определения характеристик атмосферных внутренних гравитационных волн (ВГВ)	Камера с узкополосным интерференцио нным фильтром (762 ±5 нм) для съёмки эмиссионного слоя под разными ракурсами; блок из двух фотоприемнико в для лимбовой съёмки	2020/2022

Nº	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
			эмиссионных слоёв в полосе (762 нм) и зелёной линии атомарного кислорода (557,7 нм) в диапазоне высот 80-120 км	
11	«Скаттерометр-L» Использование методов скаттерометрии для мониторинга морской поверхности ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	Экспериментальная отработка методов скаттерометрии в дециметровом диапазоне электромагнитных волн для определения скорости и направления приводного ветра, параметров ледяного и снежного покровов, влажности почвы	Скаттерометр дециметровог о диапазона	2023/2025
12	«Терминатор» Наблюдение в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра слоистых образований на высотах верхней мезосферы - нижней термосферы в окрестности солнечного терминатора ИПГ	Изучение и восстановление микроструктуры мезосферных серебристых облаков. Исследование изображений, полученных в четырех участках спектра	Микрокамеры видимого и ближнего ИК диапазонов	2018/2025
13	«Ураган» (РИВР) Экспериментальная отработка наземно- космической системы мониторинга и прогноза развития природных и техногенных катастроф ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева»	 Экспериментальная отработка наземно-космической системы мониторинга и прогноза развития природных и техногенных катастроф с использованием ИК радиометра высокого разрешения: – наблюдение и регистрация развития катастрофических явлений с борта РС МКС и разработка критериев 	Прибор радиометр инфракрасный высокого разрешения (РИВР) имеет границы спектральных диапазонов: от 3.5 до 4.1	2020/2024

Nº	Шифр, название и постановщик КЭ	Цель КЭ	Научная аппаратура для КЭ	Планируемое время работы на МКС
		 классификации и дешифрирования признаков катастрофических явлений; получение новых экспериментальных данных с помощью НА РИВР при проведении спектральных измерений высокого разрешения подстилающих поверхностей с пространственной интерполяцией для научного и практического использования в условиях дальнейшего развития системы дистанционного зондирования Земли; отработка методов наблюдения поверхности Земли НА РИВР с борта российского сегмента международной космической станции в условиях реальных ограничений, обусловленных баллистическими условиями полета МКС, режимом труда и отдыха экипажа, погодными условиями и условиями 	мкм; от 8 до 10 мкм. Пространствен ное разрешение – 30м	
14	«Фон» Мониторинг оптических характеристик поверхности и атмосферы Земли ИКИ РАН	Разработка технических средств, методов и математического обеспечения технологии изучения пространственного и временного распределения оптических характеристик поверхности и атмосферы Земли, определение корреляции этих характеристик с видом (типом) и состоянием почвенных, растительных, водных, ледовых и снежных покровов Земли	Многозональна я оптикоэлектро нная цифровая видеорадиомет рическая система «Видеорадиом етр-300»	2022/2026