

3. Результаты реализованных в 2014 – 2015 годах летных научных программ, исследований и наблюдений

3.1 Астрофизический космический эксперимент НУКЛОН

В *январе* 2015 года начат астрофизический космический эксперимент НУКЛОН.

Обсерватория НУКЛОН размещена в качестве дополнительной полезной нагрузки на серийном КА Ресурс-П №2. Аппаратура НУКЛОН имеет более 11000 электронных каналов, поставляющих информацию о показаниях отдельных детекторов, и может передавать на Землю до 10 Гб информации в день. Вся масса спектрометра составляет ~370 кг.

Основная задача астрофизического эксперимента - определение спектров космических лучей.

В НИИЯФ МГУ разработан новый кинематический метод определения энергии частиц КЛ, Kinematic Light weight Energy Meter (КЛЕМ). Методика основана на измерении множественности в первых взаимодействиях падающей частицы, и позволяет измерять энергию частиц до 10^{15} эВ при незначительной массе установки (отношение апертура/масса приблизительно на порядок выше, чем у традиционно используемых методик). В обсерватории также реализована стандартная методика измерения энергии частиц с помощью небольшого калориметра (~25%

апертуры спектрометра КЛЕМ). Компоновка аппаратуры дает возможность двух независимых способов измерения энергии частиц, что повышает методическую надежность экспериментальных результатов.

Вся аппаратура космической обсерватории НУКЛОН создана кооперацией отечественных научных и научно-технических учреждений России, при главном участии МГУ. При создании комплекса научной аппаратуры был разработан и внедрен ряд передовых критических технологий по технике физического эксперимента.

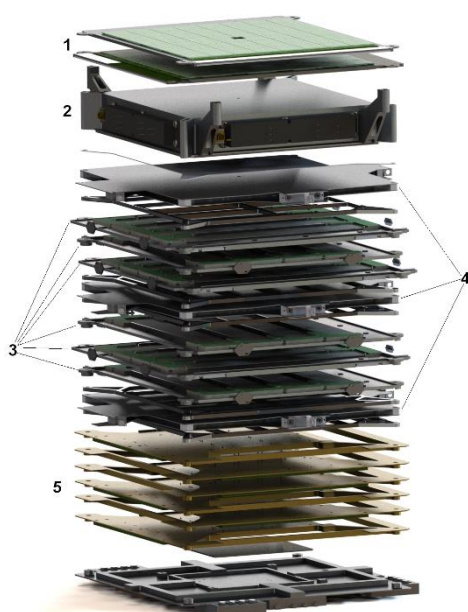


Рис. 1. Схема научной аппаратуры НУКЛОН

- система измерения заряда первичной частицы (или фиксации его отсутствия) – четыре слоя падовых кремниевых детекторов (1);
- система измерения заряда – графитовая мишень (2) и шесть тонких (~2 мм) слоев вольфрама, над каждым из которых расположен слой микростриповых кремниевых детекторов (3),
- сцинтилляционная система быстрого триггера, шесть слоев сцинтилляторов (4);
- вольфрамово-кремниевый малый ионизационный калориметр (МИК) - шесть 8 мм слоев вольфрама, над каждым из которых расположен слой микростриповых кремниевых детекторов (5).

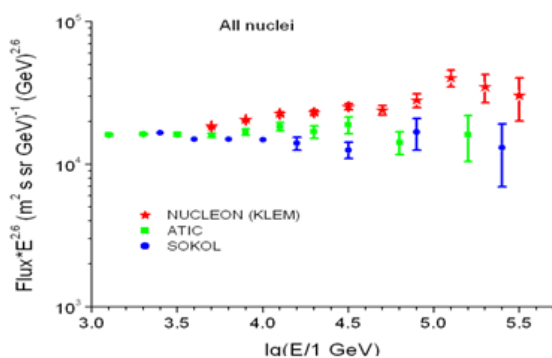
За полгода штатной работы аппаратурой НУКЛОН собран банк событий космических лучей (КЛ) с энергией более 1 ТэВ объемом, сопоставимым с общим объемом, полученным за предыдущие 50 лет исследований в данной области. Планируемый минимальный срок эксперимента – 5 лет.

Предварительный анализ полученных данных:

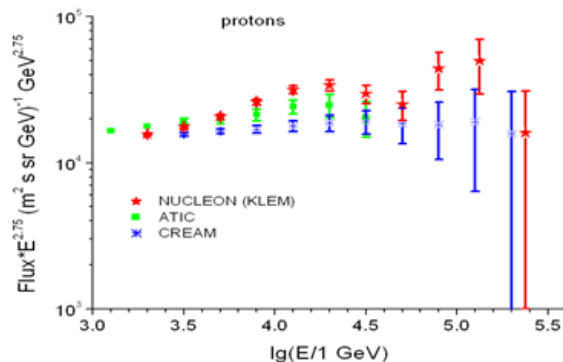
- дает указание на неоднородность в энергетическом спектре всех частиц в области десятков ТэВ;

- указание, что энергетические спектры основных компонент КЛ имеют сложную структуру в области более 10 ТэВ/частица;
- наблюдается устойчивое падение интенсивности потока протонов, по отношению к потоку ядер He во всем исследованном энергетическом диапазоне.

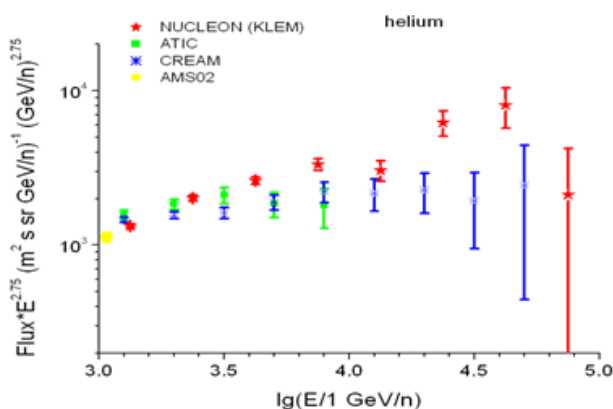
Продолжается набор статистического материала и развития методов обработки полученного материала. Срок активного существования космического аппарата и КНА позволяет увеличить статистику, как минимум, на порядок.



a)



b)



c)

Рис. 2. Спектры всех частиц (a), протонов (b) и He (c) по результатам предварительного анализа данных эксперимента НУКЛОН в сравнении с другими экспериментами.

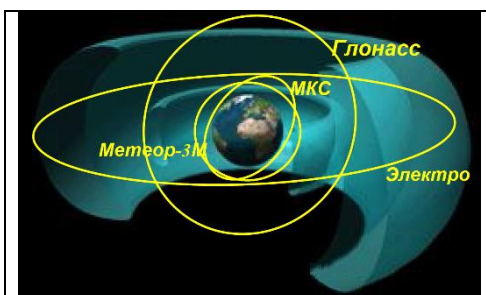
Ссылки:

1. Atkin E., Bulatov V., Dorokhov V. et al. The NUCLEON space experiment for direct high energy cosmic rays investigation in TeV-PeV energy range, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2015, 770, 189-196.
2. Podorozhny D., Atkin E., Bulatov V. et al. The NUCLEON Space Experiment status and the first results, Доклад на ICRC-2015, 29 July - 06 August 2015, Hague, Netherlands <http://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=236#session-2514>

Контакты:

Подорожный Дмитрий Михайлович, dmp@eas.sinp.msu.ru

3.2 Радиационный мониторинг в околоземном космическом пространстве



Схематичный рисунок радиационных поясов Земли с орбитами КА для мониторинга космической погоды в настоящее время

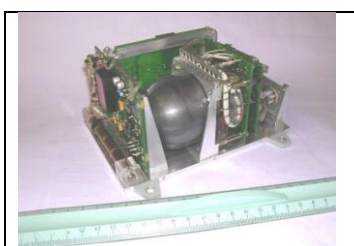
В основу мониторинга радиационных условий были положены специализированные спутники серии ПРОГНОЗ и серийные спутники связи, навигации и телевидения МОЛНИЯ и КОСМОС.

Благодаря работам, выполненным в НИИЯФ, возникло новое важное направление исследований – космическая дозиметрия, задача которой – обеспечить безопасность полетов космонавтов и систем космического аппарата на околоземных орбитах.

В настоящее время радиационный мониторинг аппаратурой НИИЯФ выполняется на нескольких ИСЗ.

ИСЗ серии ГЛОНАСС

24-спутниковая группировка ГЛОНАСС симметрично заполняет своими аппаратами часть внешней магнитосферы Земли.



Фотография блока РД без кожуха; слева внизу – СБМ-20, в центре – дозиметр

Аппаратура для мониторинга радиационной обстановки на орбите ГЛОНАСС представлена блоком Радиометра Дозы (РД).

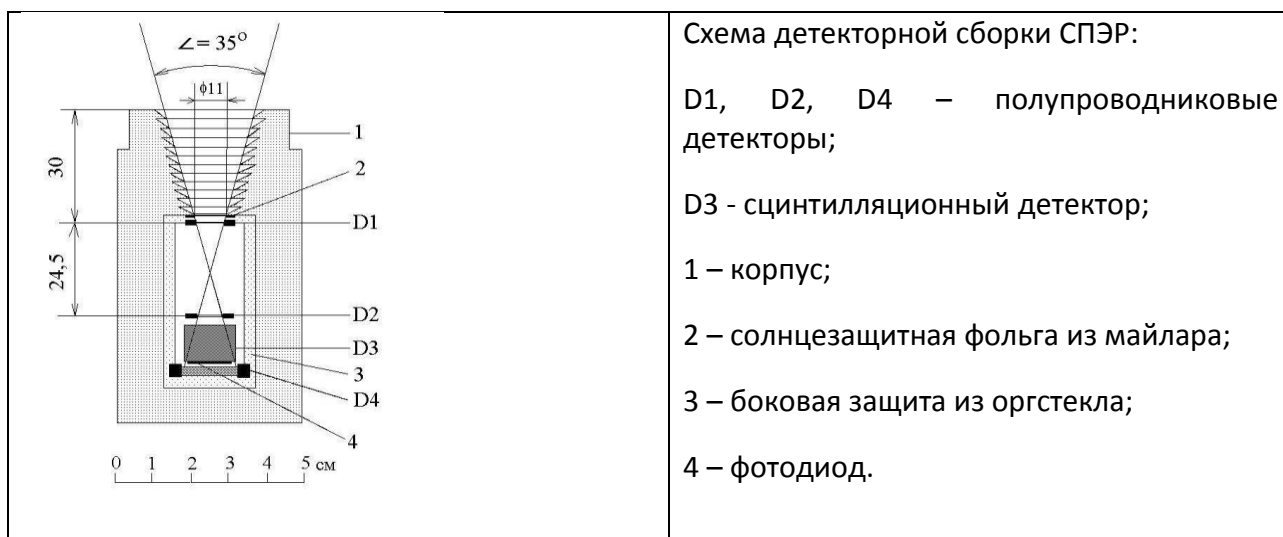
Блок РД состоит из ионизационной камеры (дозиметра) и газоразрядных счетчиков СБМ-20 и СИЗ-БГ. Дозиметр измеряет интегральную дозу радиации, создаваемую различными видами излучений, а счётчики независимо регистрируют потоки радиации.

Дозиметр и оба счетчика имеют примерно одинаковую защиту ~ 2 г/см² Al. Таким образом, они способны принимать по прямому прохождению протоны и электроны с энергиями $E_p > 42$ МэВ и $E_e > 4.5$ МэВ соответственно.

ИСЗ серий МЕТЕОР и ЭЛЕКТРО

ИСЗ серий ЭЛЕКТРО-Л и МЕТЕОР-М – российские космические аппараты, запущенные на геостационарную и на полярную солнечно-синхронную орбиты со средними высотами 36 тыс. и 820 км, соответственно. На обоих спутниках установлена научная аппаратура НИИЯФ МГУ, предназначенная для регистрации электронов и протонов радиационных поясов Земли и солнечных вспышек с энергиями от долей кэВ до сотен МэВ.

Для мониторинга радиационной обстановки в космосе в НИИЯФ МГУ разработан усовершенствованный **С**пектрометр **Э**нергичной **Р**адиации (**СПЭР**). СПЭР обеспечивает селективную оценку характеристик компонент проникающей радиации при их совокупном действии.



Прибор предназначен для измерения потоков ионов с энергией от ~2 до ~200 МэВ и электронов – от 0,15 до 10 МэВ. Прибор СПЭР входит в состав разрабатываемой в НИИЯФ МГУ бортовой аппаратуры для планируемых космических проектов: Интергелиозонд, Арктика-М, Метеор, Спектр-М, Электро, Ионосфера.

Контакты:

Тулупов Владимир Иванович, ikt0840@mail.ru