

Астрофизический комплекс МГУ-ИГУ
для исследования космических лучей сверхвысоких энергий
(установки Тунка, система телескопов Мастер, установка ШАЛ-МГУ)

Перечень основных направлений научных исследований

1. Физика космических лучей

Наша Галактика заполнена космическими лучами – релятивистскими протонами, ядрами и электронами. Эти частицы ускоряются в космических ускорителях (остатки сверхновых, пульсары, микроквazarы и т.д.), блуждают в галактическом магнитном поле десятки миллионов лет и выходят в межгалактическое пространство. Проблема происхождения космических лучей, несмотря на вековой срок, прошедший после их открытия, все еще не решена и исследование космических лучей в разных энергетических диапазонах сохраняют актуальность. Установка такого класса как Тунка-133 позволила единым методом исследовать космические лучи в интервале энергий от 10^{15} - 10^{18} эВ, включающем как излом в энергетическом спектре при энергии $3 \cdot 10^{15}$ эВ, так и другие особенности спектра, возможно, связанные с переходом от галактических к внегалактическим космическим лучам, и выяснить происхождение галактических лучей сверхвысоких энергий. Одним из главных результатов, полученных по данным установки Тунка-133, является доказательство более сложной зависимости интенсивности космических лучей от энергии, чем предполагалось ранее. В спектре наблюдаются две статистически обеспеченные особенности. При энергии $2 \cdot 10^{16}$ эВ показатель наклона энергетического спектра уменьшается примерно на 0.2, а при энергии $3 \cdot 10^{17}$ эВ значение показателя наклона спектра опять увеличивается примерно на 0.3. В настоящее время возможности исследования космических лучей на Астрофизическом комплексе существенно расширились, благодаря введению в строй установок Тунка-Grande, Тунка-REX и TAIGA-HiSCORE.

2. Гамма-астрономия

В последние годы гамма-астрономия стала самым динамично развивающимся направлением астрофизики элементарных частиц и физики высоких энергий. За последние 20 лет открыто и изучено более 180 астрофизических источников, порождающих гамма – кванты ТэВного диапазона. Гамма кванты высоких энергий (больше 100 ГэВ) могут возникать только в результате взаимодействия ускоренных в астрофизических источниках ультра - релятивистских заряженных частиц (космических лучей) с окружающим газом, фотонами и магнитными полями. В принципе, высокоэнергичные гамма-кванты могут также рождаться в результате взаимодействий и распадов гипотетических частиц темной материи. Настоящий прорыв в исследовании высокоэнергичного гамма-излучения был достигнут в последнее десятилетие с помощью черенковских гамма- телескопов третьего поколения: H.E.S.S., MAGIC, VERITAS, которые включают в себя 2 – 5 т.н. Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope (IACT). Действующие установки ориентированы на исследование гамма-квантов в энергетическом диапазоне 50 ГэВ – 50 ТэВ. Для полноценного понимания природы самых катастрофических явлений во Вселенной исключительное значение имеет продвижение исследований в область энергий выше 50 ТэВ. Для этого диапазона энергий существует много фундаментальных вопросов, ответов на которые до сих пор нет.

Новый гибридный подход к созданию установок для гамма-астрономии сверхвысоких энергий развивается в рамках проекта TAIGA (Tunka Advanced Instrument for Gamma Astronomy and cosmic ray physics). Его ключевая идея состоит в объединении в составе одного комплекса IACT – телескопов, регистрирующих черенковское изображение широких атмосферных ливней (ШАЛ), и широкоугольных черенковских детекторов.

3. Интерферометрия в оптическом диапазоне.

Распределенная сеть телескопов гамма-обсерватории TAIGA позволит впервые организовать исследование звезд и других объектов методом Intensity Interferometry в оптическом диапазоне. С помощью оптической Intensity Interferometry на базе гамма-обсерватории TAIGA возможно получить угловое разрешение порядка нескольких десятых микросекунд, до сих пор такое разрешение доступно только по радио-интерферометрии. Таким образом, станет возможным провести исследования формы и поверхности многих астрофизических объектов

Важно, что в отличие от традиционной амплитудной оптической астрономии, на измерения методом Intensity Interferometry не влияет атмосферная турбулентность. Этот метод был впервые использован Ханбери Брауном и Твисс и основан на так называемом эффекте группировки фотонов. Используя два очень простых телескопа, уже в 1956 году они измерили радиус Сириуса, который отличается от результатов современных измерений меньше, чем на 10%. Однако, он до сих пор не получил широкого распространения из-за отсутствия систем из разнесенных на расстояние порядка километра оптических телескопов, в то время как до сих пор такое разрешение доступно только по радио-интерферометрии

3. Геофизика и физика атмосферы

Комплекс детекторов, расположенный на удалении от населенных пунктов, позволяет вести широкий круг исследований в области наук о Земле, изучении солнечно-земных связей и т.д

В частности, планируется:

- исследование электрических разрядов различного типа, в том числе атмосферного электричества в грозовой период и возможных механизмов ускорения частиц в грозовых облаках и корреляции молний и ШАЛ высоких энергий;
- исследование транзитных оптических явлений в атмосфере и их связи с Солнечной активностью;
- исследование процессов распространения света в атмосфере путем регистрации излучения наземных и установленных на космических аппаратах лидаров с помощью распределенной системы оптических детекторов установки TAIGA
- исследование пространственно-временной структур электромагнитного и гравитационного полей Земли над Байкальским рифтом;
- разработка новых методов прогнозов природных процессов с большой случайной составляющей – солнечно-геомагнитной активности и землетрясений;
- построение трехмерной глубинной геоэлектрической модели Байкальского рифта;
- исследование влияния солнечной активности на состояние верхней атмосферы, формирование атмосферных гравитационных волн и прохождение космического излучения сквозь верхние слои атмосферы;
- формирование обширной базы данных метеорных явлений, уточнение орбитальных параметров метеорных потоков и их эволюции.

4. Телескоп Мастер

Телескоп мастер, входящий в состав Астрофизического комплекса, входит в состав сети телескопов-роботов, расположенных в нескольких точка России, Европы и Африки. Телескоп позволяет проводить многоцветные и поляризационные синхронные наблюдения. Телескоп позволяет проводить фотометрические и поляризационные наблюдения оптического излучения гамма-всплесков. Преимуществом телескопа является то, что кроме работы в режиме мониторинга проводятся алертные наблюдения (способность наводиться за несколько секунд по неизвестным заранее координатам в неизвестное заранее время и за время меньше минуты проводить фотометрическую и поляризационную редукцию изображений, содержащих несколько десятков тысяч астрофизических объектов)