

Отзыв официального оппонента В.А. Дергачева

на диссертационную работу **Максима Валентиновича Филиппова** “Наземный аппаратно-программный комплекс для исследования вариаций низкоэнергичной компоненты космических лучей”, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Изучение изменений во времени потоков космических лучей (КЛ) на различных временных масштабах в околоземном пространстве активно исследуется учёными на наземных установках и с помощью аппаратуры, установленной на спутниках.

Целью данной диссертационной работы является разработка и изготовление модульного комплекса наземной аппаратуры для детектирования низкоэнергичной заряженной компоненты КЛ, нейтронной компоненты и γ -излучения КЛ и определения физической природы их изменений во времени, а также проверка аппаратуры, разработка методов учёта метеорологических и аппаратурных эффектов в рядах данных и первичный анализ данных. В диссертационной работе представлены и описаны принципы работы трёх новых типов разработанной наземной научной аппаратуры для изучения изменений во времени потоков КЛ: 1) установка «CARPET» для детектирования заряженной компоненты вторичных КЛ, 2) установка «Нейтронный детектор (НД)» для детектирования нейтронной компоненты вторичных КЛ, 3) установка «Гамма-спектрометр» для детектирования гамма-излучения с энергией $E \leq 5$ МэВ. Следует отметить, что описанию установок, схмотехническому их решению и разработанному прикладному программному обеспечению для каждой из установок в диссертационной работе уделяется значительное внимание: каждой установке посвящена отдельная глава. Для детектирования указанных компонент КЛ используются различные физические методы и детекторы. Взятая за основу концепция модульности нескольких независимых установленных рядом модулей при разработке экспериментальных установок позволяет проводить взаимные калибровки.

Настоящая работа базируется на достаточно большом экспериментальном материале. Экспериментальные данные получены в 4-х научных центрах в течение последних 5 лет. В работе проделаны необходимые расчеты и представлены: результаты определения температурного и барометрического коэффициентов, корреляционные соотношения между данными CARPET и нейтронным монитором Москва, оценка геометрического фактора установки и др.

Для проведения исследований диссертантом: 1) Разработаны электронные блоки для трёх типов аппаратно-программного комплекса, отвечающие за счёт сигналов от счётчиков, задание временных отсчетов, интерфейсы передачи данных на компьютер; 2) Проведена проверка и наладка всех электронных схем. 3) Разработаны системы измерения и передачи на компьютер “телеметрической” (температура, давление, питающие напряжения) информации; 4) Проведена проверка и наладка всех электронных схем; 5) Разработаны необходимые программы обработки данных.

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений и определяется тем, что до сих пор не получено однозначных результатов по многим вопросам, связанным с исследованием процессов, происходящих в земной атмосфере, которые сопровождаются вариациями приходящих в атмосферу потоков космических лучей и электромагнитного излучения. Установление адекватной физической модели вариаций первичных космических лучей затруднено тем, что на потоки частиц низких энергий сильное влияние оказывают многочисленные процессы, связанные с солнечной активностью и земными процессами. Поэтому создание таких наземных установок крайне необходимо.

Созданная при участии автора диссертации новая научная аппаратура стала основой для создания новой международной сети установок исследования низкоэнергичной компоненты КЛ: 1) ФИАН, Долгопрудный; 2) Международный астрономический комплекс CASLEO, Аргентина; 3) Европейский Национальный университет им. Л.Н.Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан; 4) Национальный научный центр KACST, Эр Риад, Саудовская Аравия, что позволяет проводить исследования в широком диапазоне геомагнитного обрезания от 2 до 14 ГВ в северном и южном полушариях. При этом диссертант был командирован в

Аргентину, Саудовскую Аравию и Казахстан и принимал непосредственное участие в изготовлении, а монтаже, запуске и проверке работы аппаратуры.

По части схемотехнических решений создание экспериментальных установок на сегодняшний день является актуальной задачей и выполнена с использованием современной электроники, включая использование микропроцессоров. Созданные приборы работают в непрерывном режиме более 6 лет, так что можно судить, что аппаратура разработана правильно по части надежности. Отдельный телеметрический канал для каждого модуля установок «CARPET» и «Нейтронный детектор» кажется достаточно интересным решением и необходимым, так как по этим данным вводятся поправки, что в свою очередь, обеспечивает надежность и достоверность получаемых экспериментальных данных.

В диссертационной работе М.В.Филиппова представлены различные подходы по разработке модулей создаваемой аппаратуры и оригинальные результаты первичной обработки экспериментальных данных, полученных с помощью аппаратуры. На основании известных принципов учета атмосферных эффектов в работе получены необходимые поправочные температурный и барометрический коэффициенты применительно к разработанным новым наземным установкам. Эти коэффициенты позволяют выделить из полученных данных вклад атмосферных процессов в наблюдаемые временные изменения скоростей счета наземных детекторов. По части калибровки Гамма-спектрометра – была разработана и применена оригинальная методика калибровки детекторов по спектральным линиям нескольких природных источников гамма-излучения.

Изучение вариаций космических лучей на различных временных масштабах и определение физической природы таких вариаций с помощью новой наземной аппаратуры на сети международных установок даёт уникальную информацию для исследования природы вариаций космических лучей, вызванных солнечной активностью (Форбуш-понижения космических лучей), и при изменениях электрического поля в приземной атмосфере.

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, перечислены в Заключение, среди которых следует отметить разработку трёх типов новых наземных установок для регистрации вторичных космических лучей: «CARPET»,

«Нейтронный детектор» и «Гамма-спектрометр», которые установлены в Аргентине, Саудовской Аравии в Республике Казахстан и на Долгопрудненской научной станции ФИАН (ДНС, ФИАН, г. Долгопрудный).

Для указанных наземных установок разработано программное обеспечение, которое обеспечивает запись, визуализацию и первичную обработку экспериментальных данных на персональном компьютере.

Проведены необходимые расчеты, в результате которых определены барометрические и температурные поправки, необходимые для установления вариаций первичного потока космических лучей на границе атмосферы из данных установок «CARPET» и «Нейтронный детектор».

Практическая значимость полученных результатов несомненна и состоит в том, что данный аппаратно-программный комплект позволяет осуществлять оперативный контроль потоков заряженных частиц, γ -квантов и радиоактивности (естественной и искусственной) в приземном слое атмосферы, что, в конечном счете, позволит разработать методы прогноза сильных геомагнитных возмущений и землетрясений.

Научная значимость работы заключается в том, что данный аппаратно-программный комплекс предназначен для изучения физической природы периодических и спорадических вариаций вторичной компоненты КЛ и определения причин зарегистрированных изменений потоков КЛ и γ -квантов.

Положения, выносимые на защиту, обоснованы и вносят существенный вклад в развитие физики атомных столкновений. Все поставленные в диссертационной работе цели достигнуты и соответствуют положениям, выносимым на защиту.

По теме диссертации опубликовано 30 работ, включая 15 тезисов докладов конференций. Основные результаты диссертации опубликованы в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus и удовлетворяющих требованиям Высшей аттестационной комиссии (ВАК). 20 работ, 18 из которых в журналах, включенных в Перечень ВАК. Следует отметить высокую степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Наиболее важным результатом диссертационной работы М.В.Филиппова

является то, что создана экспериментальная основа для будущей мировой сети наземных станций, предназначенных для проведения исследований в области физики космических лучей, солнечных вспышек и процессов, происходящих в земной атмосфере.

Диссертационная работа Филиппова Максима Валентиновича является законченным научным трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне и внесшим существенный вклад в развитие экспериментальных методов исследования вариаций низкоэнергичной компоненты космических лучей. а её автор проявил себя квалифицированным специалистом в области экспериментальной физики космических лучей. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны чёткие выводы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертационная работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор Филиппов Максим Валентинович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук

Главный научный сотрудник Лаборатории Космических Лучей

ФТИ им. А.Ф.Иоффе

В.А.Дергачев

« 13 » августа 2021 г.

Подпись официального оппонента заверяю

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф.Иоффе



М.И.Патров