

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Морозенко Виолетты Сергеевны "Фоновые явления в ночной атмосфере Земли при измерениях космических лучей предельно высоких энергий с помощью орбитального детектора", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертация Морозенко Виолетты Сергеевны посвящена изучению вспышек света ($\lambda=240-400$ и $610-800$ нм) в ночной атмосфере Земли и использованию этих данных для оценки фона при проектировании спутниковых экспериментов по регистрации люминесцентного света от космических лучей ультра высоких энергий (КЛУВЭ).

Изучение КЛУВЭ на наземных установках, таких как Якутская установка ШАЛ, AGASA, AUGER, HiRes, TA показали, что спектр ШАЛ продолжается вплоть до энергий $\sim 10^{20}$ эВ. На конце спектра наблюдается бамп, правую часть которого можно рассматривать как начало обрезания спектра из за ГЗК-эффекта, но это не обязательно. Поведение спектра при энергиях больше 10^{20} эВ должен определить следующий эксперимент. Интенсивность КЛ резко падает с энергией, поэтому указанные выше наземные эксперименты имели площадь регистрации в несколько тысяч квадратных километров. Эксперименты следующего поколения должны просматривать уже площади в сотни тысяч квадратных километров. Это под силу лишь космическим проектам, в которых аппаратура, размещенная на искусственном спутнике Земли, регистрирует люминесцентный свет от КЛУВЭ в атмосфере. Таких проектов всего два. Это крайне дорогой проект JEM-EUSO (Japanese Experiment Module — Extreme Universe Space Observatory) и эксперименты НИИЯФ МГУ "КЛПВЭ" (МКС) и ТУС (Трековая Установка, создается совместно с ОИЯИ), нацеленные на регистрацию КЛУВЭ и получение детальной

информации о характеристиках фона ночного неба. Японский и Российский проекты имеют близкие задачи и работают в тесном контакте.

Это крайне сложные эксперименты, но альтернатива им практически отсутствует. Методика ограничивается регистрацией света от КЛУВЭ, причем регистрацию надо вести при разных условиях освещенности (от Солнца, Луны) и при плохо изученном фоне от коротких вспышек света в ночной атмосфере Земли. Проектирование аппаратуры, метода ее управления и проведение измерений практически невозможны без знания фоновой обстановки на всем протяжении спутниковой траектории. Работа диссертанта в этом направлении является пионерской и основана на данных ИСЗ НИИЯФ МГУ “Татьяна-1” и “Татьяна-2”.

В первой главе описывается аппаратура орбитального детектора ТУС и метод регистрации КЛУВЭ. Запуск детектора ТУС на борту ИСЗ “Ломоносов” планируется в 2015 году. Приведена конструкция детектора, его параметры, схема регистрации ШАЛ.

В главе 2 описывается аппаратура установленная на ИСЗ “Татьяна-1” и “Татьяна-2”: детекторы заряженных частиц, ультрафиолетового и красного-инфракрасного излучений. Приведена методика измерений, отбора вспышек и алгоритмы расчета интенсивности свечения атмосферы.

Результаты измерений интенсивности излучения в УФ и ИК диапазонах приведены в главе 3. Анализируется вклад различных источников излучения, таких как свет Луны, полярные сияния, грозы, свет городов, собственное свечение атмосферы. Составлены региональные карты для разного типа излучений, покрывающие весь земной шар. Анализируется влияние методики измерений на оценку интенсивности излучения. Выделены области минимального свечения.

Глава 4 посвящена результатам измерения относительно коротких вспышек излучения в УФ и ИК диапазонах. Получен спектр числа фотонов (Q) в вспышках, средняя частота вспышек ($\sim 10^{-4} \text{ км}^{-2} \text{ час}^{-1}$) и показано крайне неравномерное их распределение. Вспышки в основном

сосредоточены над материками в области экватора. Составлены карты вспышек.

Большое внимание в данной главе уделено анализу спектра Q в связи с обнаружением резкого изменения его наклона γ при $Q=10^{23}$ фотонов. В области $Q < 10^{23}$ фотонов $\gamma = -1$, а для $Q > 10^{23}$ фотонов $\gamma = -2$. Показано, что характер вспышек для этих областей отличается длительностью и изменение наклона спектра связывается с разным типом вспышек в этих областях. В области $Q < 10^{23}$ доля относительно коротких вспышек (< 5 мс) почти на порядок больше чем при $Q > 10^{23}$ фотонов. Кроме того, показано, что короткие вспышки распределены по поверхности Земли более равномерно чем длинные и в длинных вспышках чаще встречаются серии.

Другой результат связан с измерением отношения ИК и УФ сигналов. Сравнение полученных значений с расчетом (Мареев и Клименко) позволило установить, что высота генерации вспышек составляет 50-60 км, а их источником являются, так называемые транзиентные атмосферные явления (ТАЯ) – светящиеся разряды над грозовыми облаками, которые вероятнее всего генерируются электромагнитными импульсами от молний.

В главе 5 данные фонового свечения атмосферы используются для определения пороговой энергии регистрации КЛУВЭ и оценки числа событий в установке ТУС. Приведены доводы в пользу того, что фоновые сигналы от ТАЯ могут эффективно исключаться из общей статистики ШАЛ.

Выводы:

1. **Актуальность:** Тема диссертации несомненно актуальна, т.к. для планирования и реализации экспериментов JEM-EUSO, КЛПВЭ и ТУС информация о фоне ночного неба является решающей с точки зрения надежности результата.
2. **Новизна:** Региональные карты интенсивности свечения атмосферы и вспышек, излом в спектре числа фотонов для вспышек, моделирование сигнала малых атмосферных вспышек и алгоритм выделения КЛУВЭ из фона являются новыми результатами.

Вклад автора. Морозенко В.С. разработала матобеспечение для обработки данных ИСЗ “Татьяна-1” и “Татьяна-2” и провела обработку и анализ этих данных. Результаты полностью опубликованы в открытой печати. В числе результатов, полученных лично автором, следует отметить, как наиболее важный, обнаружение излома в спектре числа фотонов.

Практическое значение. Результаты о фоне ночного неба могут использоваться при планировании экспериментов по регистрации ШАЛ. Кроме того эти результаты имеют самостоятельное значение при изучении атмосферных разрядов.

Вместе с тем работа не свободна от недостатков:

1. Сигнал ШАЛ на 4 порядка меньше, чем от ТАЯ, исследуемых в диссертации. При наклоне спектра числа фотонов $\gamma = -1$, количество фоновых событий должно существенно вырасти в области сигнала от ШАЛ. Следовало бы привести оценку таких ТАЯ и их влияния на пороги и число событий КЛУВЭ.
2. Излом в спектре Q объясняется образованием ТАЯ на расстояниях 1-2 тыс. км. от молний. В таком варианте непонятно куда делись промежуточные ТАЯ на расстояниях < 1 тыс.км. Резкое разграничение событий близких и далеких может объяснить лишь какой то резонансный механизм генерации вспышек на расстояниях 1-2 тыс. км.
3. Нет оценки изменения числа фотонов при аппроксимации сигнала в случае его насыщения.
4. Ряд рисунков, например 3.2, 3.3, настолько мелкие, что текст и надписи на осях разобрать невозможно.
5. Встречаются некорректные выражения, типа: Ось (ШАЛ) – это линия, совпадающая с направлением движения первичной частицы. Отмеченные недостатки не снижают в целом хороший научный уровень диссертационной работы В.С.Морозенко, а ее результаты и полученные лично автором выводы дают основания для ее положительной оценки.

Диссертационная работа В.С.Морозенко "Фоновые явления в ночной атмосфере Земли при измерениях космических лучей предельно высоких энергий с помощью орбитального детектора" и ее автореферат полностью отвечают требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Морозенко Виолетта Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 физика высоких энергий.

. Доктор физ.-мат. наук, профессор МФТИ



С.Б.Шаулов

22.09.2014

Подпись С.Б.Шаулова
удостоверено

и.о. уч. секрет.

ФИАИ



19.2014

С.А. Бойачев