

Отзыв научного руководителя
на диссертацию В.С. Морозенко
**«Фоновые явления в ночной атмосфере Земли при измерении
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.

Представленная к защите Виолеттой Сергеевной Морозенко диссертация «Фоновые явления в ночной атмосфере Земли при измерении космических лучей предельно высоких энергий с помощью орбитального детектора» выполнена по материалам экспериментального исследования атмосферы Земли и околоземного пространства с помощью приборов, установленных на научно-образовательных спутниках МГУ «Университетский-Татьяна» и «Университетский-Татьяна-2». Выполненная работа является одним из успешных примеров использования сравнительно простых микро-спутников, как для решения научных задач, так и распространения профессиональных знаний и навыков, накопленных в МГУ и других центрах, занимающихся космической темой, среди российских высших учебных заведений.

В.С. Морозенко начала участвовать в анализе результатов научно-образовательных спутников, будучи студенткой физико-математического факультета Костромского государственного университета (КГУ) в 2006 г. Студенты этого университета и многих других университетов были приглашены к участию в анализе данных спутника «Университетский-Татьяна» после успешной его работы в 2005-2007 гг. В.С. Морозенко не только прослушала лекции на учебно-научных конференциях, посвященных данным этого спутника, но и выполнила все задачи космического практикума, организованного в НИИЯФ МГУ. Ее знания основ программирования позволили ей активно участвовать в создании новых задач практикума. Она выполнила дипломную работу на тему «Природа УФ излучения ночной атмосферы Земли по данным спутника МГУ Университетский-Татьяна» и защитила ее с оценкой отлично. Приобретенные ею знания и успешное применение созданных ею программ при постановке новых задач практикума позволили рекомендовать ее к поступлению в аспирантуру МГУ после окончания КГУ. Во время пребывания в аспирантуре она прослушала и сдала экзамены по ряду спецкурсов, которых не было в программе КГУ. В это время был запущен и успешно проработал на орбите

второй спутник МГУ «Университетский-Татьяна-2» (октябрь 2009 г.-январь 2010 г.). Напряженная работа В.С. Морозенко по анализу данных обоих спутников позволила ей собрать и опубликовать целый ряд экспериментальных результатов, нацеленных на изучения фоновых явлений ночной атмосферы Земли при измерениях космических лучей предельно высоких энергий. Тема изучения космических лучей предельно высоких энергий методом наблюдения ультрафиолетовой флуоресценции атмосферы, является центральной проблемой астрофизики сверхвысоких энергий и входит в программу важнейших тем исследований в НИИЯФ МГУ.

Результаты, полученные в диссертации, используются при подготовке к работе орбитального детектора ТУС на борту спутника «Ломоносов». Детектор ТУС будет первым орбитальным детектором частиц космических лучей предельно высоких энергий (частиц КЛ ПВЭ- в области энергетического предела Грейзена-Зацепина-Кузьмина). Для разработки управляющей системы, отбирающей события КЛ ПВЭ на фоне свечения ночной атмосферы, важно знать карту свечения атмосферы в том диапазоне длин (300-400 нм, ближний ультрафиолет), в котором происходит флуоресценция атмосферы под действием частиц КЛ ПВЭВ диссертации впервые получена глобальная карта такого излучения. Показано, что спутник «Ломоносов» с детектором ТУС на полярной орбите, будет достаточно долго (около 10% календарного времени) проводить над районами атмосферы с минимальной интенсивностью свечения ночной атмосферы (районы над Южными частями Тихого и Индийского океанов, над пустынями Африки и Австралии, над Сибирью) в безлунные ночи. Этот результат подтверждает возможность получения первых событий КЛ ПВЭ с помощью детектора ТУС, который является опытным образцом следующего детектора большого масштаба, разрабатываемого международной коллаборацией.

Впервые проведено измерение кратковременных(1-128 мсек) атмосферных вспышек на ночной стороне Земли при их отборе по пороговому значению числа излучаемых фотонов в интервале времени 1 мс в области длин волн 240-400 нм. Выполнен анализ распределения отобранных вспышек по полному числу фотонов Q и показано существование двух областей в распределении по Q . Для вспышек с «малым» числом фотонов ($Q < 10^{23}$) распределение аппроксимируется степенным законом с дифференциальным показателем «-1». Для вспышек с большим числом фотонов $Q > 10^{23}$ (полная энергия УФ излучения одной вспышки более 50 кДж) распределение аппроксимируется степенным законом с показателем «-2». Изменение показателя распределения вспышек при числе фотонов порядка 10^{23} указывает на возможно разное

происхождение «малых» и «больших» вспышек. Показано различие в глобальном распределении атмосферных вспышек с большим числом фотонов $Q > 10^{23}$, которые концентрируются в экваториальном районе над континентами и вспышек с малым числом фотонов $Q < 5 \cdot 10^{21}$, которые распределены более равномерно по широтам и долготам. Проведён анализ отношения во вспышках числа фотонов в красной полосе длин волн (средняя длина волны 700 нм) к числу фотонов в УФ полосе длин волн (средняя длина волны 350 нм), который позволяет сделать вывод о большой высоте, на которой происходит излучение во вспышках: 50-80 км. Такие большие высоты излучения в наблюдаемых вспышках по сравнению с высотой молний объясняются тем, что отбор вспышек происходит по ультрафиолетовому (УФ) излучению, которое, как известно, составляет малую часть излучения молний. Напротив, излучение во вспышках, известных под названием транзиентных (TLE в английском языке), происходит в равной степени, как в УФ, так и в красном диапазоне длин волн. Полученный результат о частоте вспышек в УФ является новым результатом, важным для планирования работы орбитальных детекторов КЛ ПВЭ. В диссертации сделаны первые оценки роли вспышек в верхней атмосфере в срабатывании управляющей системы детектора ТУС. Эти оценки показывают, что наибольшую опасность для работы управляющей системы ТУС представляют не яркие вспышки типа TLE. Вместе с тем, имитация событий КЛ ПВЭ такими вспышкам маловероятна из-за разницы в длительности вспышек (более 1 мсек) и событий КЛ ПВЭ (менее 0,1 мсек) и разницы в пространственно-временной картине изображения событий.

Полученные в диссертации экспериментальные данные о вспышках представляют интерес не только как «фон» при изучении космических лучей, но и как физическое явление в атмосфере. В настоящее время экспериментальное и теоретическое исследование атмосферных вспышек получило бурное развитие, проводится и планируется к запуску несколько спутников, нацеленных на изучение вспышек. Результаты измерений, приведенные в диссертации и опубликованные в журналах, посвященных изучению атмосферы, представили большой интерес. Диссертант принимает активное участие не только в работах по изучению космических лучей высоких энергий, но и в работах по изучению атмосферы. В диссертации показано, что детектор ТУС будет давать результаты не только по физике высоких энергий, но и по физике атмосферы. Важные результаты ожидаются по изучению пространственно-временной картины сигнала в неярких TLE, природа которых не изучена.

В качестве недостатка диссертации можно отметить, что оценки частоты

срабатывания управляющей системы детектора ГУС сделаны в простейшем случае, когда отбор событий происходит по порогу сигнала в одной ячейке. Вместе с тем, этот недостаток не прямо относится к работе диссертанта, задачей которой было экспериментальное исследование фоновых явлений.

Считаю, что исследование фоновых явлений ночной атмосферы, выполненное В.С. Морозенко, является законченным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Диссертация В.С. Морозенко удовлетворяет всем требованиям ВАК, а сама В.С. Морозенко заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель

Ведущий научный сотрудник

отдела частиц сверхвысоких энергий

НИИЯФ МГУ

Доктор физико-математических наук

Б.А. Хренов
10.06.14

Хренов Б.А.

Подпись Б.А. Хренова
Заверяю.

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ

