**Введение диссертации (часть автореферата)на тему «Исследование высокотемпературной плазмы в солнечных микровспышках»**

**Введение**

**Актуальность темы и степень её разработанности Солнечные вспышки являются одним из наиболее известных проявлений солнечной активности. По своей сути вспышки представляют собой процессы быстрого энерговыделения, сопровождающиеся нагревом плазмы от 2-3 миллионов К (МК), что лишь немногим превосходит температуру спокойной короны, до значений порядка 100 МК [1-5]. Во время вспышек также происходит ускорение заряженных частиц, преимущественно электронов и протонов, вплоть до релятивистских энергий [6-8], а также наблюдаются корональные выбросы массы (КВМ), сопровождающиеся попаданием значительных объемов солнечного вещества в межпланетное пространство [9, 10].**

**Известно и широко исследуется воздействие вспышек на верхнюю атмосферу и магнитное поле Земли [11-13]. Так, приход к Земле КВМ почти всегда сопровождается геомагнитными возмущениями, что может приводить к сбоям в работе систем связи и энергетических систем. По этой причине большое внимание привлекает задача прогнозирования вспышек.**

**Не менее значимыми являются фундаментальные научные вопросы, связанные с тематикой солнечной активности. Наиболее известный из них - нерешенная проблема формирования горячей короны Солнца и, соответственно, горячих атмосфер звезд солнечного типа. Важное значение экспериментальные исследования Солнца имеют для физики плазмы и атомной спектроскопии. Солнце, по своей сути, является природной лабораторией большого масштаба, в которой возможно наблюдение плазмы и неионизованного вещества в широком диапазоне состояний. Многие параметры таких сред не могут быть воспроизведены в земных условиях. В первую очередь, это касается масштабов протекающих явлений, а также сочетания низкой плотности (108 —1010 с м-3) и высокой температуры (от 1-100 МК), которые характерны для солнечной короны и процессов солнечной активности.**

**Физические параметры солнечных вспышек показывают достаточно большой**

**разброс, что вызывает объективную необходимость в их систематизации. Наиболее распространенной на сегодняшний день является классификация GOES, согласно которой вспышки делятся на пять классов, в зависимости от интенсивности их излучения в мягком рентгеновском диапазоне 1-8 А: X (10-4 Вт м-2), М (10-5 Вт м-2), С (10-6 Вт м-2), В (10-7 Вт м-2), А (10-8 Вт м-2). Также вспышки можно разделить на три группы по высвобождающейся в них полной энергии: крупные и средние вспышки (1030 - 1033 эрг), микровспышки (1027 - 1030 эрг) и нановспышки (1024 - 1027 эрг). К первой категории приблизительно относятся [14] вспышки классов X, М и С, ко второй - А и В. Третья группа (нановспышки) не имеет пересечений с классификацией GOES.**

**Факт формирования горячей плазмы в обычных и крупных вспышках в настоящее время не вызывает сомнений - такая плазма прямо видна на изображениях Солнца в мягком рентгеновском диапазоне. В то же время, применительно к более слабым вспышечным процессам возникают уже заметные трудности. Так, несмотря на большой экспериментальный материал, полученный в ходе космических экспериментов двух последних десятилетий, прямые свидетельства формирования высокотемпературной плазмы в микровспышках пока не были предоставлены. В немногочисленных работах, где делаются попытки измерить температуру плазмы в микровспышках, по факту рассматриваются события достаточно высокого рентгеновского класса В и С [15-17].**

**Получение новых экспериментальных данных о высокотемпературной плазме в мировспышках более низких рентгеновских классов (А и ниже) может способствовать прогрессу в решении ряда вопросов современной физики Солнца и астрофизики. В качестве одного из них можно отметить вопрос о формировании долгоживущих областей высокотемпературной плазмы как в короне Солнца, так и в атмосферах звезд солнечного типа. Речь идет о многочисленных наблюдениях длительного (много дольше, чем характерное время охлаждения) существования в короне Солнца плазмы с температурой около и выше 4 МК, формирование которой может происходить, в том числе в ходе микро- и нановспышек [2, 18, 19]. Еще одним существенным вопросом является участие микровспышек в процес-**

**сах выброса плазмы из короны в межпланетное пространство. В работе Яширо [20] была получена зависимость вероятности наблюдения КВМ от рентгеновского класса события и показано, что во вспышках слабее класса В5 КВМ не наблюдались. Подтверждение возможности выбросов массы в событиях класса А и ниже представляет интерес с точки зрения солнечно-земной физики, так как открывает дополнительные возможности для поиска источников транзиентного солнечного ветра.**

**Одним из наиболее важных вопросов современной физики солнечной и звездных атмосфер является проблема коронального нагрева [21]. До сих пор неясно, за счет чего поддерживается высокая температура спокойной короны (1-2 МК) звезд солнечного типа. На сегодняшний день одной из наиболее вероятных гипотез является возможность нагрева корональной плазмы множественными слабыми вспышечными событиями [22]. Получение прямого подтверждения формирования плазмы высокой температуры во вспышках низких энергий, несомненно, существенно усилит данную теорию.**

**В проведенном диссертационном исследовании получен и представлен ряд новых экспериментальных результатов в области физики микровспышек, в том числе для событий рекордно низких рентгеновских классов. Исследование проведено на основе данных современных космических средств наблюдения, включая результаты российских космических экспериментов. Подтверждена существенная роль процессов нагрева плазмы в общей энергетике слабых солнечных вспышек. Полученные результаты позволяют лучше попять механизмы формирования высокотемпературной компоненты, а также, в целом, способствуют прогрессу в понимании физики солнечной и звездных атмосфер.**

**Цели и задачи исследования Цель работы заключалась в уточнении основных характеристик микровспышек по новым данным отечественных и зарубежных космических экспериментов. Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие основные задачи.**