

УДК 524.9

Основные научные результаты исследований Солнца (1940–1970 годы)

Н.Н. Степанян

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 30 сентября 2008 г.

Наблюдения Солнца и патруль вспышек по международным и собственным программам в Симеизе начались еще до Великой Отечественной войны. В конце сороковых годов Э.Р. Мустель и А.Б. Северный начали более углубленные и разносторонние исследования вспышек. Солнечные вспышки – наиболее мощное проявление солнечной активности, влияние которых распространяется не только на атмосферу самого Солнца, но и на всю Солнечную систему, в том числе и на Землю. За несколько лет наблюдений с оборудованием, которое с современной точки зрения кажется примитивным, ими были получены результаты, давшие на многие годы направление дальнейшим исследованиям этого явления. На первых же этапах исследования был сделан вывод о потоках заряженных частиц, летящих от Солнца во время вспышек, определены плотности и температуры вещества в области вспышек, оценена полная энергия вспышки, а также рассмотрено влияние ультрафиолетового излучения вспышек на ионосферу Земли. Была высказана возможность протекания ядерных реакций во вспышках. В дальнейшем эти результаты подтверждались наблюдениями во многих наземных обсерваториях и в космических экспериментах на основе несравненно более мощной технической базы.

Одной из первых задач НИИ “КрАО” было создание комплекса аппаратуры, позволяющего углубленно и всесторонне исследовать природу солнечных вспышек и их воздействие на окружающую среду.

В комплекс вошел внеатомный коронограф КГ-1, установленный в 1950 г., основными наблюдателями на котором многие годы были Е.Ф. Шапошникова, а затем М.Б. Огирь. Многочасовые ежедневные наблюдения на КГ-1 со специальным фильтром, пропускающим водородную линию Н-альфа, позволили накопить громадный наблюдательный материал для исследования развития вспышек и характера наблюдаемых в них движений и выбросов.

Однако главным инструментом комплекса стал Башенный солнечный телескоп БСТ-1, установленный в 1954 г. и оснащенный двумя спектрографами, двойным спектрогелиографом и магнитографом, позволяющим определять величину и направление магнитного поля в отдельных образованиях на Солнце. Исследования на БСТ-1 велись под руководством А.Б. Северного. Несколько поколений исследователей Солнца из разных обсерваторий многих стран прошли на этом телескопе большую школу А.Б. Северного, определившую их путь в науке и жизни.

Спектроскопические работы проводились на горизонтальном телескопе ГСТ и на башенном телескопе БСТ-2. Новым шагом в исследовании вспышек было оснащение спектрографов солнечных телескопов дифракционной решеткой-эшелле, позволяющей за одну экспозицию получить спектр в широком диапазоне длин волн, что позволило изучить характер распространения возбуждения от вспышки по высоте атмосферы Солнца.

В 1983 г. был построен коронограф КГ-2, позволяющий получать одновременно и спектр отдельных деталей на Солнце и их изображение в линии водорода H-альфа с высоким пространственным разрешением.

Изучение вспышек проводилось и в радиодиапазоне. Измерялся поток радиоизлучения Солнца на нескольких длинах волн. Ионосферная и магнитная станции регистрировали отклик вспышек в ионосфере и магнитном поле Земли. Нейтронный монитор давал сведения об эффекте вспышек в космических лучах.

В 1955 году А.Б. Северный сформулировал наиболее важные характеристики вспышек, выявленные в НИИ “КрАО” к этому времени и требующие дальнейшего изучения. Это: концентрация непрерывной эмиссии в малых ядрах; истечение корпускулярных потоков при вспышках; взрыв и распространение ударной волны на ранней стадии развития вспышки. С этого времени начался комплексный подход к исследованию солнечной активности и ее влияния на межпланетное пространство. Важной стороной комплексных исследований было и то, что вспышки были использованы в качестве зонда межпланетной среды и земной ионосферы. Особенно успешными были наблюдения во время Международного геофизического года (МГГ), 1957–1958 гг. Разносторонние исследования этого периода позволили обнаружить межпланетное магнитное поле и исследовать его природу.

Рентгеновское излучение вспышек удалось проследить до десятых долей нанометра. По ионосферным и радиоданным источники этого жесткого рентгена были идентифицированы с отдельными узлами солнечных вспышек, наблюдаемых в линии H-альфа.

Исследование ионосферы проходило в трех различных направлениях: изучение верхней ионосферы методом зондирования, нижней ионосферы – методом регистрации атмосферных помех в длинноволновом диапазоне и измерение поглощения в нижней ионосфере методом регистрации интенсивности космического радиоизлучения. Все эти методы позволяли проводить исследования воздействия солнечных вспышек как на верхнюю, так и на нижнюю ионосферу, а по характеру воздействия изучать и сами солнечные вспышки.

Еще до наблюдений из космоса были изучены механизмы излучения вспышек в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра и показано, что ионосферу в большей степени возмущает рентгеновское излучение, чем излучение Лаймановской серии водорода в ультрафиолете. Полученные из наблюдений данные о вспышках и их влиянии на окружающую среду были использованы в НИИ “КрАО” для количественного определения параметров светящегося вещества вспышки, ее движений, построения механизмов возникновения вспышки, оценки возможностей протекания ядерных реакций во вспышке.

Результатом наблюдений стали не только теоретические модели вспышек, но и разработанные методы прогноза вспышечной активности. И в начале космической эры, когда космические аппараты еще не имели достаточной защиты от радиации, в течение нескольких лет эти методы прогноза применялись на практике во время пилотируемых полетов спутников. В это время объявлялся так называемый “Алерт Северного” – все обсерватории СССР присылали в НИИ “КрАО” свои радио- и оптические наблюдения. А в кабинете А.Б. Северного собирались специалисты “солнечники” и на основе своих и присланных наблюдений давали прогноз вспышек на 3 дня вперед по трехбалльной системе. При прогнозе “3” космонавтов должны были посадить на Землю. Такой прогноз был дан при полете космонавта Берегового. И действительно, через 3 часа после его благополучного приземления произошла вспышка балла 3, представлявшая смертельную опасность для человека в космосе. Оправдываемость крымских прогнозов составляла 85–90 %.

Разработанные в НИИ “КрАО” прогностические методики и опыт наблюдателей могут и в наши дни быть полезны при создании Национального украинского прогностического центра.

Но не только вспышки интересуют крымских исследователей Солнца. Детальному всестороннему исследованию подвергались и активные области (участки Солнца, занятые яркими флоккулами и темными солнечными пятнами – носителями сильных магнитных полей).

Спектральные, магнитографические и статистические исследования дали новые сведения о природе этих активных образований, их эволюции и связи с окружающими крупномасштабными (фоновыми) магнитными полями. Впервые были выполнены прямые вычисления электрических токов в активных областях по данным наблюдений магнитного поля. Было найдено, что в активной области имеются две системы электрических токов: система локальных токов и глобальный ток.

Исследование эволюции и характера вращения крупномасштабных фоновых магнитных полей и корональных дыр на Солнце показало, что фоновые магнитные поля – не остатки распавшихся активных областей, а самостоятельное явление. Источник же магнитных полей корональных дыр расположен глубже источника фоновых полей.

Чтобы сопоставить явления, наблюдаемые на Солнце и на звездах, в НИИ “КрАО” решили “взглянуть” на Солнце как на звезду. Так, в течение многих лет наблюдалось магнитное поле всего Солнца, так называемое общее магнитное поле, только такое поле и можно наблюдать у звезд. Это позволило установить связь между секторной структурой межпланетного магнитного поля и общим магнитным полем Солнца. Солнце как звезда исследовалось и в отдельных спектральных линиях, в частности в линии гелия, образующейся в хромосфере Солнца.

В середине семидесятых годов А.Б. Северный и его сотрудники В.А. Котов и Т.Т. Цап начали новое направление солнечных исследований – гелиосейсмологию (изучение колебательных процессов на Солнце). Для определения глобальных колебаний Солнца был разработан дифференциальный метод измерения направленной к наблюдателю составляющей скорости движения излучающей среды – лучевой скорости, позволивший впервые в астрофизике измерять лучевые скорости с точностью до 1 м/с. В дальнейшем были исследованы не только колебания скоростей, но и магнитного поля и яркости Солнца. Это позволило получить новые сведения о внутреннем строении Солнца и вращении его глубинных слоев.

В НИИ “КрАО” решался и широкий круг теоретических проблем, касающихся образования спектральных линий в атмосфере Солнца с учетом магнитного поля, природы колебательных процессов на разных глубинах Солнца, магнитогидродинамических процессов (теория Унно-Рачковского).