

УДК 524.3.082+524.338.6

Активность красных карликовых звезд. Труды 71-го коллоквиума Международного астрономического союза, состоявшегося в Катании (Италия) 10—13 августа 1982 г. Редакторы П. Б. Бирн и М. Родоно. Издательство Рейдел, Дордрехт, 1983, 669 стр.

Рецензируемая книга является своего рода сборником современных знаний об активности красных карликовых звезд, в частности, вспыхивающих звезд. Ее значение трудно переоценить, имея в виду, что физика вспыхивающих звезд остается пока одной из самых загадочных областей современной астрофизики.

Книга открывается вступительным обзором Рознера (R. Rosner) «Магнитные поля и активность Солнца и звезд», в котором рассматриваются результаты последних исследований по наблюдениям и теории солнечной и звездной активности. По мнению докладчика эти исследования и прежде всего результаты наблюдений различных проявлений звездной активности, выполненных обсерваториями «IUE» и «Эйнштейн», а также наземных — оптических и радио, свидетельствуют об аналогии между солнечной и звездной активностью. При этом предполагается, что солнечные и звездные данные дают серьезные основания считать центральным вопросом для явлений хромосферной и корональной активности звезд вопрос о взаимодействии магнитных полей с турбулентной жидкостью (плазмой).

Последующие доклады и сообщения, независимо от порядка их представления, сгруппированы в соответствии с их содержанием в следующих разделах:

1. Общие характеристики активных карликов. II. Наблюдаемая активность в красных карликах. III. Наблюдаемая активность в родственных объектах. IV. Теоретические аспекты и V. Направление будущих исследований и заключение.

Каждый раздел содержит несколько докладов, составленных авторами по приглашению, и краткие тексты оригинальных сообщений, большей частью наблюдательного характера.

В первом разделе доклад Петтерсена (B. R. Pettersen) «Глобальные и фотосферические физические параметры активных карликовых звезд» посвящен определениям температуры, светимости, радиуса, массы и химического состава фотосфер красных карликовых вспыхивающих звезд и пятнистых звезд в спокойном состоянии. Корреляции между этими параметрами сравниваются с результатами теоретических исследований звезд малых масс и на этой основе обсуждается эволюционное состояние вспыхивающих звезд. Показано, что вспыхивающие звезды вращаются быстрее невспыхивающих карликовых звезд.

В этом разделе большой интерес представляют доклады, содержащие результаты наблюдений звезд, в частности, вспыхивающих звезд, в далекой ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра, выполненных с помощью внеатмосферных обсерваторий «IUE» и «Эйнштейн». Особо следует отметить доклады Голуба (L. Golub) и Джонсона (H. M. Johnson).

Первый из них обсуждает важные результаты, относящиеся к рентгеновским наблюдениям звезд, в частности к обнаружению спокойного рентгеновского излучения у многих вспыхивающих звезд. Оказалось, что почти все звезды-карлики спектрального класса М являются источниками спокойного рентгеновского излучения. Было установлено, также, что эти звезды в рентгеновской области спектра обладают гораздо более высокой степенью переменности (шкала времени от нескольких часов до приблизительно года), чем Солнце. Причем, если считать, что рентгеновское излучение испускается звездными коронами, то следует допустить, что эти короны имеют более высокую температуру ($T \sim 10^7$ K), чем корона Солнца. Приводятся аргументы в пользу гипотезы о решающей роли магнитных полей в коронах М-звезд-карликов. Показано, что интенсивность спокойного рентгеновского излучения звезд спектральных классов позднее F является монотонно возрастающей функцией от их скорости вращения. Отмечается, что впервые рентгеновские вспышки звезд—красных карликов были наблюдаемы одновременно и в далекой ультрафиолетовой и оптической областях спектра.

Доклад Джонсона посвящен наблюдениям 40 ближайших красных карликовых звезд с помощью обсерваторий «IUE» и «Эйнштейн». В нем упор делается на возможную роль двойственности в активности этих звезд.

В связи с этими докладами следует отметить, что временное разрешение спектральных наблюдений с помощью «IUE», к сожалению, небольшое (~ 30 мин), вследствие чего полученные спектры звездных вспышек не позволяют точно отделать вклад непрерывного излучения от вклада эмис-

сионных линий. Между тем, Моффетт и Бопп (см., например, [1. 2]) показали, что излучение вспышек в начальный период обусловлено, в основном, континуумом, и лишь потом роль эмиссионных линий становится существенной.

Во втором разделе доклад Фогта (S. S. Yogi) «Пятна, циклы пятен и магнитные поля карликов поздних типов» посвящен обзору современного состояния наблюдений этих образований и магнитных полей на активных звездах-карликах поздних типов. Обсуждаются наблюдательные свидетельства существования поверхностных магнитных полей на этих звездах и у карликов типов G и K, обладающих хромосферной активностью.

Доклад Бирна (P. B. Вугпе) «Оптическая фотометрия и статистика вспышек» содержит общий обзор электрофотометрических наблюдений вспышек звезд типа UV Кита в оптической области спектра, обладающих высоким временным разрешением. Большой интерес представляют приведенные в докладе примеры кривых блеска вспышек, которые свидетельствуют, прежде всего, о сложной и многократной структуре вспышек (см., например, [3]).

В докладе Уордена (S. P. Worden) «Оптическая и ультрафиолетовая спектроскопия звездных вспышек» анализируются немногочисленные данные о спектрах вспышек dMe-звезд. Подробно описываются все существующие наблюдения, относящиеся к спектрам звездных вспышек. По мнению докладчика, спектры этих звездных вспышек напоминают во всех отношениях спектры солнечных вспышек. Докладчик отмечает, что «Энергия, освобожденная в солнечных вспышках, кажется, находится в атмосферных магнитных полях, хотя физика выделения энергии и ее частичное преобразование в электромагнитное излучение плохо понятны».

Джампала (M. S. Giampra) в докладе «Результаты оптической и ультрафиолетовой спектроскопии звездных вспышек» приводит примеры спектроскопической диагностической техники, которая может быть применена к анализу данных спектроскопии звездных вспышек для оценки физических условий, характеризующих атмосферу вспыхивающих звезд, и выяснения возможных механизмов переноса: радиативного и гидродинамического.

В докладе Хайша (B. M. Haisch) «Рентгеновские наблюдения звездных вспышек», после рассмотрения рентгеновских наблюдений звездных вспышек до работы обсерватории «Эйнштейн», представлены рентгеновские кривые блеска вспышек, обнаруженных этой обсерваторией до июля 1982 г. Они анализируются с помощью модели солнцеподобной петли для оценки соответствующих параметров петель (плотностей, температур, длин петель, нижних пределов напряженности магнитных полей и т. д.). Эта модель оказывается неспособной представить наблюдения вспышек YZ CMi.

Современные данные о радиоизлучении вспыхивающих звезд в период и вне вспышек были обсуждены в докладе Гибсона (D. M. Gibson) «Спокойное и вспышечное радиоизлучение от dMe-звезд». Из новых результатов неожиданными являются обнаружение спокойного микроволнового радиоизлучения и обнаружение циркулярной поляризации радиоизлучения всплесков этих звезд. Все всплески на волне 20 см, зарегистрированные с помощью VLA, показали сильную ($\geq 50\%$) циркулярную поляризацию. Отмечается также, что в микроволновых частотах корреляция между оптическими и радио вспышками практически отсутствует. Такая корреляция наблюдалась иногда (25% случаев) только у звезды Proxima Cen. Следует особо подчеркнуть, что все новые наблюдения были выполнены с помощью радиointерферометров, а результаты этих наблюдений, как отмечает докладчик, дают некоторые основания сомневаться в достоверности результатов многих, более ранних радионаблюдений звездных вспышек, осуществленных лишь с одной антенной.

В третьем разделе в качестве родственных вспыхивающим звездам объектов рассматриваются: Солнце, двойные звезды типа RS CVn, контактные двойные, звезды типа T Тельца и другие активные звезды. Однако если родственность звезд типа T Тельца, по всей вероятности, неоспорима, то в настоящее время не существует никаких прямых или косвенных свидетельств в пользу родственности других классов звезд из этого перечня с красными карликовыми вспыхивающими звездами. Их включение в программу коллоквиума, по-видимому, обусловлено тем, что изучение активности Солнца и этих звезд, возможно, может способствовать пониманию природы активности, в частности, вспышек красных карликовых звезд.

В обзоре Симнетта (G. M. Simnett) «Вспышки на Солнце: избранные результаты от SMM*» подробно рассматриваются важные результаты, полученные с помощью внеатмосферной обсерватории SMM. Из них особый интерес представляют обнаружение рентгеновских всплесков с продолжительностью всего несколько десятков микросекунд, которые имеют, по-видимому, нетепловую природу, и обнаружение свидетельств в пользу испускания Солнцем нейтронов высоких энергий (до 600 MeV). В заключении докладчик отмечает, что если в случае Солнца вспышки почти всегда очень хорошо коррелируют с пятнами и бывают периоды, когда солнечные пятна исчезают на долгое время, то очень мало известно о соответствующих явлениях на вспыхивающих звездах.

Рентгеновские наблюдения солнечных вспышек, выполненные японским астрономическим спутником «Хинотори», обсуждаются в докладе Танаки (K. Tanaka). Отмечается, что рентгеновские изображения в обла-

* SMM — Solar Maximum Mission

сти 17—40 KeV показывают большое разнообразие структуры источника. Приводятся примеры отдельного компактного, стационарного коронального и двойного источников. Спектры высокого разрешения в диапазоне 1.7—2.0 Å указывают на сильную турбулентность и смещение к коротковолновой части компонентов линий в начале вспышек.

Результатам 20-летнего изучения звезд типа RS CVn в обсерватории Катания посвящен доклад Каталано (S. Catalano) «RS CVn-звезды: фотосферические явления и вращение». В этом докладе наблюдательные данные рассматриваются с точки зрения обнаружения дифференциального вращения и зависимости звездной активности от орбитального периода изменения.

Особенности хромосферной эмиссии в спектрах звезд этого типа рассматриваются в докладе Боппа (B. W. Bopp) «RS CVn-звезды, хромосферные явления». Подробно обсуждаются три оптические особенности: линии H и K Ca II, H α и λ 10830 He I. Качественное их поведение находится в согласии с представлениями (вращение — активность), известными из солнечной физики. Однако их количественное изменение и масштабы очень плохо поняты.

В докладе Чарльза (P. A. Charles) «RS CVn-системы: высокоэнергетическая картина» обсуждаются наблюдения рентгеновского излучения этих систем и показано, что оно коррелирует с периодом вращения и другими индикаторами корональной активности.

Обзор ультрафиолетовых и рентгеновских наблюдений двойных звезд типа W UMa приводится в докладе Дюпре (A. K. Dupree) «Контактные двойные звезды». И для этих звезд намечается корреляция между рентгеновской активностью и периодом или скоростью вращения.

В докладе Р. Е. Гершберга «Об активности вспыхивающих звезд типа UV Кита и звезд типа T Тельца» излагаются взгляды на решающую роль звездного магнетизма в активности этих звезд. В частности, докладчик излагает новую гипотезу, согласно которой энергия магнитных полей вспыхивающих звезд преобразуется в гидромагнитные волны, которые затем нагревают короны этих звезд. В результате возникает спокойное рентгеновское излучение вспыхивающих звезд, открытое недавно.

Раздел о теоретических аспектах изучения звездной активности открывается докладом Муллана (D. J. Mullan) «Модели пятен и вспышек». В этом докладе подробно рассматриваются модели пятен и вспышек в применении к Солнцу и звездам. Хотя истинная связь пятно—вспышка, как отмечает докладчик, в настоящее время пока неизвестна, однако он склонен думать, что пятна являются двигателями, которые преобразуют энергию конвективных потоков в энергию вспышки. Докладчик признает, что в проблеме солнечных пятен в предстоящие годы наблюдения будут вести теорию.

Теоретические вопросы магнитогидродинамической неустойчивости трубки потоков обсуждаются в докладе Приста (E. R. Priest) «Магнитные неустойчивости в звездных атмосферах». В качестве примеров теория применяется к токамакам и солнечным вспышкам.

В докладе Кодaira (K. Kodaira) «Эмпирические модели звездных вспышек: ограничения на теории вспышек» приводится обзор существующих эмпирических моделей вспышек звезд типа UV Кита, основанный на наблюдениях вспышек в оптической, ультрафиолетовой, рентгеновской и радио областях спектра. Обсуждаются наблюдательные ограничения, связанные с энергетикой и структурой вспышек, с природой источников вспышечного излучения. Критически рассматривается модель горячей плазмы в случае солнечных вспышек, с помощью ее сравнения с наблюдениями.

Теория динамо и модели звездной активности, основанные на ней, критически рассматриваются в докладе Бельведера (G. Belvedere) «Теория динамо в Солнце и звездах». Подчеркивается важность исследований по магнитной конвекции и трубке потоков для понимания крупномасштабного и мелкомасштабного взаимодействия вращения, турбулентной конвекции и магнитного поля. Отмечается, что сопоставление теории с новыми звездными данными будет углублять операционные моды динамо, которые, вероятно, зависят от структуры, вращения и возраста звезды.

В докладах и сообщениях содержится много новых, еще не опубликованных результатов. Об этом свидетельствует тот факт, что в списках литературы часто встречаются слова «готовится к печати» и «в печати». Это относится прежде всего к результатам наблюдений. Заслуживает упоминания, например, обнаружение впервые лития в спектре вспыхивающей звезды (Глизе 182), открытие рентгеновских вспышек от звезд в Гиадах и Плеядах, обнаружение возможного невидимого компонента EV Lac, наблюдение необычных вспышек у EV Lac и AT Mic, открытие холодного (650—800 K) компонента низкой светимости у T Тельца, обнаружение квазипериодических изменений профилей бальмеровских линий в спектре RW Aur и т. д.

В последнем разделе книги о направлениях будущих исследований представлен только один доклад Вайсса (N. O. Weiss) «Теоретический подход и перспективы» и заключительное слово Гольдберга (L. Goldberg), подытоживающего результаты colloquiuma.

В своем докладе Вайсс признает, что трудно в настоящее время предложить глубокое теоретическое объяснение активности красных карликовых звезд и отмечает, что «доклады, представленные на этом собрании, показали как далеки теоретики от предложения адекватного объяснения магнитной активности в красных карликах». Затем докладчик предлагает следующие проблемы для дальнейших исследований: производство устойчивых, циклических или иррегулярных форм активности посредством не-

линейного действия динамо в звездах; следствия магнитной плотности в образовании фотосферических магнитных полей; формирование изолированных трубок потоков и их взаимодействие с конвекцией.

Достоин сожаления отсутствие в этом разделе книги текста заключительного доклада Вайаны (G. S. Vaiana) «Наблюдательный подход и перспективы». Это представляется нам серьезным пробелом для книги, имеющей целью ознакомить читателя с современным состоянием и перспективами изучения активности красных карликовых звезд.

В своем выступлении Гольдберг отмечает следующие главные заключения коллоквиума: установление зависимости магнитной активности звезды от ее вращения; свидетельства в пользу способности акустических волн нагревать короны М-звезд и удивительное сходство активности красных карликовых звезд с активностью Солнца, при некоторых важных различиях между ними (энергии вспышек, масштабы и время жизни пятен и др.).

Особый упор он делает на будущие исследования активности звезд, считая, что ключом будущих исследований по звездной физике является достижение высокого углового разрешения наблюдений, причем если радиоастрономы могут надеяться на разрешение порядка сотых долей микро-секунды дуги, то астрономы оптического диапазона пока могут надеяться только на разрешение порядка 0.1 секунды дуги.

Общая тенденция интерпретации звездных вспышек для всех докладов и сообщений, представленных на коллоквиуме, основывалась на традиционном представлении об идентичности, по физической природе, звездных и солнечных вспышек. Причем в качестве источника энергии рассматривалась энергия магнитных полей звезд.

Как указалось, однако, в заключительном докладе Вайсса, содержащем теоретические итоги коллоквиума, «даже для Солнца, где магнитные поля наблюдались в больших подробностях в течение многих лет, последовательное теоретическое описание их строения только что начинает выявляться».

А Лински (J. L. Linsky) в своем докладе отмечает, что «в этом подходе, однако, имеется опасность, так как аналогия с Солнцем может оказаться плохим гидом для объяснения явлений на звездах, которые имеют параметры, сильно отличающиеся от параметров Солнца».

Сомнения в обоснованности такого подхода высказывает и Симнетт (G. M. Simnett), который пишет: «Переход от солнечных вспышек к вспышкам красных карликов может быть неуместным в худшем случае, трудным — в лучшем случае. Для последних механизм вспышек может быть весьма отличным».

С другой стороны, следует отметить, что хотя попытки привлечь для объяснения звездных вспышек их сходство с солнечными вспышками про-

должаются уже много лет, однако они пока безуспешны, так как солнечные вспышки сами еще полностью необъяснены. Причем, если даже считать, что энергия солнечных вспышек обеспечивается магнитными полями Солнца, хотя это далеко еще не доказано, то до сих пор нет никаких наблюдательных свидетельств в пользу существования мощных магнитных полей вспыхивающих звезд, требуемых для объяснения этим механизмом звездных вспышек.

В этой связи можно думать, что изучение разнообразных проявлений звездных вспышек в ассоциациях и скоплениях, которые часто гораздо мощнее не только солнечных, но и вспышек звезд типа UV Кита, представляет, вероятно, более благоприятную возможность для решения вопроса о физической природе звездных вспышек. Иначе говоря, не исключена возможность, что полное понимание природы самих солнечных вспышек наступят лишь после вскрытия природы звездных вспышек.

Поэтому вызывает недоумение полное отсутствие в книге работ по исследованию вспышек красных карликовых звезд в ассоциациях и скоплениях.

Правда, вспыхивающие звезды в этих системах исследованы значительно хуже из-за их видимой слабости. Однако статистическое исследование совокупности вспыхивающих звезд в ассоциациях и скоплениях позволило уточнить их эволюционный статус [4, 5] и обнаружить неизвестные из исследований звезд типа UV Кита окрестности Солнца замечательные особенности вспышек. Можно упомянуть, например, способность вспыхивающих звезд производить иногда «медленные» вспышки, по классификации Аро [6, 7].

Можно это упущение, конечно, объяснить и без того большим объемом докладов, включенных в программу коллоквиума. Однако, нам кажется, что для полного представления проблемы результаты наблюдений звездных вспышек в ассоциациях и скоплениях имеют существенно более важное значение, чем представленные на коллоквиуме теоретические рассуждения и модели вспышек, часто не вполне обоснованные, которым было отведено такое большое место в работе коллоквиума.

В заключение отметим небольшие недостатки, замеченные в книге. Иногда вопросы и ответы в дискуссиях неполные и обрываются предложениями типа «часть записи потеряна». Отсутствуют тексты некоторых сообщений, по причине непредставления их рукописей авторами.

Надписи на многих рисунках очень мелкие, вследствие чего невозможно разобраться в них (стр. 151, 160, 180, 186, 278, 279 и т. д.).

Большая ценность рецензируемой книги, по нашему мнению, в том, что она дает почти полное представление о современном состоянии одной из важнейших, очень бурно развивающейся, областей астрофизики. Вместе с тем книга свидетельствует о том, что, хотя благодаря большим успе-

хам, достигнутым в этой области, в настоящее время мы знаем гораздо больше и лучше явления, связанные с активностью звезд, однако, говоря словами из вступительного доклада Рознера, «последние, новые Ca II, UV и рентгеновские наблюдения показали, что поведение «активности» на звездах представляется существенно более сложным, чем до сих пор по-дозревалось».

Л. В. МИРЗОЯН

ЛИТЕРАТУРА

1. B. W. Bopp, T. J. Moffett, Ap. J., 185, 239, 1973.
2. T. J. Moffett, B. W. Bopp, Ap. J. Suppl. ser., 31, 61, 1976.
3. Л. В. Мирзоян, Нестационарность и эволюция звезд, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1981.
4. В. А. Амбарцумян, Звезды, туманности, галактики, Бюраканский симпозиум, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1969, стр. 283.
5. В. А. Амбарцумян и др., Астрофизика, 6, 3, 1970.
6. G. Haro, The Galaxy and The Magellanic Clouds, IAU-URSI Symposium No. 20, eds. F. J. Kerr, A. W. Rodgess, Australian Ac. Sci, Canberra, 1969, p. 30.
7. G. Haro, Stars and Stellar Systems, Vol. 7, eds. B. M. Middlehurst, L. H. Aller, University of Chicago Press, Chicago, 1968, p. 141.