

УДК 524.321

Звезды с активностью солнечного типа: каталог GTSh10

Р.Е. Гершберг, А.В. Тербиж, А.А. Шляпников

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный
gershber@crao.crimea.ua, sanya@crao.crimea.ua, aas@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.

Аннотация. По публикациям последних 10–15 лет составлен каталог звезд-карликов с различными проявлениями активности солнечного типа: объектов с темными пятнами, с водородной и кальциевой хромосферной эмиссией, со скоротечными вспышками в разных диапазонах длин волн, с радио- и рентгеновским излучением звездных корон. Составленный компилятивный список содержит 5535 объектов.

STARS WITH THE SOLAR-TYPE ACTIVITY: GTSh10 CATALOGUE, *by R.E. Gershberg, A.V. Terbizh, A.A. Shlyapnikov.* On the basis of the last 10–15 year publications the Catalogue of dwarfs with various displays of the solar-type activity is compiled. It includes objects with dark spots, with hydrogen and calcium chromospheric emissions, with sporadic short-lived flares in different wavelength regions, with radio and X-ray emissions of stellar coronae. The resulting compilative list includes 5535 objects.

Ключевые слова: вспыхивающие звезды, звезды с активностью солнечного типа

1 Введение

Как известно, красные карликовые вспыхивающие звезды типа UV Кита были выделены в отдельный класс переменных звезд на основании их чисто фотометрической характеристики – спорадических быстрых вспышек заметной амплитуды. Первые списки таких объектов содержали по 2–3 десятка звезд (Джой, 1960; Осканиян, 1964; Соломон, 1966; Гершберг, 1970а). Но вскоре у звезд типа UV Кита были обнаружены малоамплитудные периодические колебания блеска, интерпретированные как эффект темных звездных пятен, сильные эмиссионные линии водорода и кальция, свидетельствовавшие о мощных звездных хромосферах, и нетепловое радиоизлучение, возникающее в звездных коронах. Поскольку все такие структуры уже были известны на Солнце, то их открытие на звездах позволило выдвинуть концепцию физической идентичности активности вспыхивающих красных карликовых звезд и солнечной активности (Гершберг и Пикельнер, 1972).

Появившиеся в начале 80-х годов минувшего столетия наблюдения с космических аппаратов привели к обнаружению в спектрах вспыхивающих звезд мощных эмиссионных линий в ультрафиолетовом диапазоне, возникающих в переходных областях между хромосферами и коронами, и теплового рентгеновского излучения, генерируемого в звездных коронах. Эти наблюдения сделали упомянутую концепцию общепринятой и позволили развить общие представления об активности звезд нижней части Главной последовательности. Согласно этим представлениям, конвективные

движения в подфотосферных слоях таких звезд при взаимодействии с вращением приводят к генерации магнитных полей, которые в конечном счете и обуславливают все разнообразие явлений активности на различных временных и пространственных масштабах – спорадические быстрые локальные вспышки, долгоживущие холодные пятна, мощные хромосферы и короны, многолетние циклы активности. Широкий диапазон количественных характеристик каждого из этих явлений обусловлен как различием глобальных параметров рассматриваемых звезд-карликов спектральных классов от F до L (величинами их масс, скоростей вращения, возрастов и одиночностью или принадлежностью к двойным системам), так и существенными эффектами наблюдательной селекции.

В конце 90-х годов в КрАО была составлена наиболее полная на то время база данных по вспыхивающим звездам и родственным им объектам. В основу базы данных была положена именно эта концепция физического родства активности звезд нижней части Главной последовательности и Солнца, так что она включала не только звезды с нерегулярными сильными вспышками, но и объекты, на которых были обнаружены те или иные из перечисленных выше проявлений активности солнечного типа. На основе этой базы данных, включавшей 462 объекта, была составлена и опубликована работа “Каталог и библиография вспыхивающих звезд типа UV Cet и родственных им объектов в солнечной окрестности” (Гершберг и др., 1999). Собственно каталог был дан в виде электронного приложения к журнальной публикации и позднее напечатан в монографии Гершберга (2002). В поисковой системе SIMBAD (Женова, 2005) этот каталог получил обозначение GKL99.

Опубликованные за последнее десятилетие результаты наземных и внеатмосферных наблюдений позволяют многократно увеличить список звезд с различными проявлениями активности солнечного типа. Этой задаче и посвящена настоящая работа.

2 Первое дополнение к GKL99

Каталог GKL99 был составлен по карточному каталогу, который велся в ходе многолетнего изучения вспыхивающих звезд в КрАО с середины 60-х годов. После опубликования GKL99 библиография по этим объектам продолжает накапливаться в нашей компьютерной базе данных.

В середине 90-х годов, когда составлялся каталог GKL99, система SIMBAD еще только формировалась и мы ее не использовали. К настоящему времени она превратилась в одну из самых содержательных поисковых астрономических систем. С помощью SIMBAD мы отобрали около 4000 публикаций, содержащих упоминания о вероятных вспыхивающих звездах. Эта выборка позволила на 375 единиц увеличить нашу библиографию, которая сейчас содержит около 4400 наименований. Далее мы пересмотрели публикации в нашей библиографии с целью более полного включения в число рассматриваемых звезд объектов, которые упоминались в этих работах, но раньше не были учтены.

Наконец, при подготовке английского издания монографии Гершберга (2002) из публикаций последних лет в нее были включены дополнительно упоминания о многих десятках объектов с интересующей нас переменностью. В результате список GKL99 был дополнен 276 звездами.

3 Второе дополнение к GKL99: звезды-карлики с водородной эмиссией

Тесная связь вспышечной активности красных карликов с водородной эмиссией в их спектрах была обнаружена еще в 60-е годы; такие эмиссионные карлики получили даже специальное обозначение dKe и dMe. Первые оценки физических параметров звездных хромосфер по водородной эмиссии – температуры, плотности и Бальмеровского декремента – и их сравнение с характеристиками солнечной хромосферы были получены Вилсоном (1961), Гершбергом (19706) и Шаховской (1974) соответственно. В дальнейшем наблюдениям и теоретическому анализу водородной эмиссии холодных карликов было посвящено более трех десятков исследований – см. монографию Гершберга (2002).

К настоящему времени наиболее обширные данные об H_{α} -эмиссии в спектрах холодных карликов были опубликованы Холи и др. (1996): получив спектры 2010 dK5–dM9 звезд из списка CNS3 (Глизе и Ярайсс, 1991), исследователи у 321 из них обнаружили такую эмиссию с эквивалентной

шириной более 1 \AA , причем эта величина была принята за минимально значимую, исходя лишь из возможностей используемой аппаратуры. Но согласно Крэму и Маллэну (1979), при появлении слабых хромосфер в атмосферах холодных звезд-карликов сперва усиливается абсорбция в этой линии и лишь после достижения $W_{H\alpha} = -0.7 \text{ \AA}$ в профиле линии появляется и по мере возрастания мощности хромосферы усиливается эмиссия. Таким образом, как отмечают Холи и др. (1996), найденная ими доля эмиссионных карликов в общем числе звезд этого спектрального типа в 16 % является лишь нижней границей реального значения доли холодных карликов с хромосферой.

Позднее Моханти и Басри (2003) измерили эквивалентные ширины эмиссии H_{α} в спектрах холодных карликов от M4 вплоть до L6. Полученные ими на телескопе в обсерватории Кека спектры позволили оценивать $W_{H\alpha}$ до 0.2 \AA . Поиски проявлений активности солнечного типа у самых холодных карликов представляют особый интерес, поскольку звезды с массой $0.3 M_{\odot}$ и меньше полностью конвективны и, согласно современным теоретическим представлениям, у них исчезает оболочечное динамо, которое на Солнце эффективно генерирует магнитное поле на границе конвективной зоны и радиативного ядра. Приходящее ему на смену у маломассивных звезд распределенное динамо, по-видимому, не поддерживает наблюдаемую у звезд больших масс тесную корреляцию скорости вращения с уровнем активности. Из отобранных Холи и др. (1996) и Моханти и Басри (2003) звезд с водородной эмиссией подавляющее большинство уже находилось в GKL99 с описанным выше первым дополнением. Число объектов в GKL99 с двумя дополнениями составило 767.

4 Третье дополнение к GKL99: звезды-карлики с кальциевой эмиссией

С переходом от K к G-звездам водородная эмиссия в спектрах карликов систематически ослабевает и основной наблюдаемой характеристикой звездной хромосферы становятся, как и на Солнце, эмиссионные линии H и K CaII. В 1966 году Олин Вилсон начал программу регулярных измерений этой эмиссии в спектрах около сотни звезд средних и малых масс и через 11 лет пришел к заключению, что все звездные хромосферы – от самых слабых до самых сильных – обнаруживают значимые вариации потоков в кальциевых линиях (Вилсон, 1978). Затем Вогэн и Престон (1980) исследовали около 500 таких звезд и обнаружили в этой выборке бимодальное распределение кальциевой эмиссии. Вскоре Нойес и др. (1984) нашли корреляцию светимости хромосферы в кальциевых линиях с периодом осевого вращения и еще более тесную корреляцию этой светимости с числами Россби. В результате кальциевая эмиссия оказалась важной эволюционной характеристикой поздних карликов. Поэтому для объяснения найденного Вогэном и Престоном (1980) эффекта привлекали идею о неравномерном темпе звездообразования либо о неравномерном изменении этой эмиссии в ходе звездной эволюции.

В дальнейшем начатые Вилсоном исследования кальциевой эмиссии, получившие название НК-проекта, были поддержаны большой командой американских наблюдателей, продолжены в течение почти трех десятков лет и дали важную информацию о вариациях хромосферной эмиссии на временных шкалах от нескольких суток до десятилетий (Бальюнас и др., 1995). Эти наблюдения дали независимый метод оценки периода вращения звезд и привели к обнаружению цикличности звездной активности, аналогичной 11-летнему солнечному циклу.

Для количественной характеристики мощности звездной хромосферы Дункан и др. (1991) ввели обобщенную эквивалентную ширину эмиссионных линий H и K, величину S, и эта характеристика стала широко использоваться.

Генри и др. (1996) проанализировали по опубликованным данным спектральные и фотометрические наблюдения более 800 южных звезд окосолнечного типа. На 1.5-м телескопе обсерватории Серро-Тололо исследователи измерили в спектрах этих звезд величины S и привели их в систему Маунт Вилсона. Согласно наблюдениям Весты, у Солнца в минимуме активности $S_0 = 0.167$ (Райт и др., 2004). У рассмотренных Генри и др. (1996) 595 наиболее близких к Солнцу по спектру и блеску звезд величины S оказались в диапазоне от 0.11 до 1.76, а распределение этих величин вновь обнаружило его бимодальность и показало, что 87 % значений S меньше $2S_0$.

Тинни и др. (2002) оценили значения S для нескольких десятков звезд в ходе поиска экзопланет

на 3.9-м телескопе англо-австралийской обсерватории. Из этой выборки мы исключили несколько звезд повышенной светимости.

Недавно величины S были измерены в спектрах более 1200 F, G, K и M звезд по 18000 спектрограммам, полученным на обсерваториях Лика и Кека для поиска экзопланет (Райт и др., 2004). Исследователи считали, что все рассмотренные ими звезды относятся к главной последовательности. Однако 8 десятков звезд, по данным SIMBAD, имеют повышенную светимость, и мы исключили их из дальнейшего рассмотрения. Райт и др. (2004) привели величины S в систему НК-проекта, они оказались в интервале от 0.08 до 6.1, а 3/4 этих величин S – в диапазоне от $S_0/2$ до $2S_0$. С помощью этих величин были получены оценки долей излучения кальциевой эмиссии в болометрической светимости, значения периодов вращения и возраст звезд.

Исследования, сходные с проектом Райта и др. (2004), были выполнены Греем с коллегами. С помощью 0.8-м телескопа обсерватории Темного Неба они оценили величины S в 664 спектрах рассмотренных звезд северного неба (Грей и др., 2003); затем с помощью 1.5-м телескопа обсерватории Серро-Тололо, 2.3-м телескопа Бока обсерватории Стюарда Грей и др. (2006) провели такие измерения в 1676 спектрах звезд южного неба. Все измеренные величины были приведены в систему Маунт Вилсона. После исключения из этих списков звезд повышенной светимости и объектов, для которых не была оценена величина S , осталось 1706 звезд-карликов.

Штрассмайер и др. (2000) получили на обсерватории Китт-Пик спектры более тысячи звезд в области кальциевых линий и у 371 из них обнаружили эмиссию линий H и K. Но они не вычислили значения S для этих звезд, и далее эти данные нами рассматриваться не будут.

Объединение описанных выборок из работ Генри и др. (1996), Тинни и др. (2002), Райта и др. (2004) и Грея и др. (2003, 2006) после исключения повторов позволило составить список звезд с измеренными величинами S . Объединение этого списка с GKL99 и двумя описанными выше дополнениями дало 3283 звезды.

5 Четвертое дополнение к GKL99: звезды-карлики с рентгеновскими коронами

Систематическое исследование рентгеновского излучения звездных корон было начато американской астрофизической обсерваторией высоких энергий НЕАО-2 – обсерваторией Эйнштейна, выведенной на орбиту в конце 1978 года. В течение первых 9 месяцев с ее помощью было выполнено звездное обозрение, в ходе которого зарегистрировано мягкое рентгеновское излучение 143 звезд, в том числе 32 G-M карликов (Вайана и др., 1981). Эти данные сразу показали, что корональное излучение резко начинается около спектрального типа F0, где у звезд появляется внешняя конвективная зона, и продолжается до самых холодных звезд: у dMe-звезд рентгеновская светимость в 100–1000 раз превосходит солнечную и отношение светимостей $L_x/L_{bol} \sim 10^{-2} - 10^{-3}$, тогда как у Солнца $\sim 10^{-6}$. Обнаруженный разброс интенсивности рентгеновского излучения в каждом спектральном типе до 2–3 порядков величины привел к выводу, что классические звездные параметры – эффективная температура и светимость – не достаточны для объяснения рентгеновского излучения. Это обстоятельство заставило отказаться от гипотезы акустического нагрева звездных корон, и магнитное поле с его связью с вращением стало все более уверенно занимать центральное место в понимании звездной активности солнечного типа.

В целом за 3 года работы обсерватория Эйнштейна покрыла 10 % неба и на зарегистрированных около 4000 полей были измерены потоки от 35 тысяч звезд. При этом были обнаружены и с разной степенью детальности изучены около двух десятков звездных вспышек в рентгеновском диапазоне.

Полученные обсерваторией Эйнштейна рентгеновские данные были сопоставлены рядом исследователей с хромосферным излучением соответствующих звезд в линиях H и K CaII, h и k MgII и H α , с излучением переходной зоны в линиях HeII и CIV и с периодом осевого вращения. Найденные в ходе этих исследований уверенные корреляции позволили сделать важные выводы о термодинамике верхних атмосфер звезд нижней части главной последовательности, в частности заподозрить доминирование различных механизмов нагрева на разных высотах хромосфер и корон.

Следующий крупный рентгеновский эксперимент был проведен на европейском спутнике EXOSAT в 1985–1988 годы. На этом аппарате регистрировалось мягкое и среднее излучение рентгеновского диапазона, и его звездная программа была направлена главным образом на детальное изучение геометрической структуры, плотностей и температур корон и общего хода этих характеристик с вариациями спектрального типа звезд. В течение 45 сеансов общей продолжительностью около 300 часов EXOSAT провел наблюдения 25 звезд типа UV Cet (Паллавичини и др., 1990) и кроме излучения спокойных корон зарегистрировал 35 звездных вспышек.

С точки зрения отождествления на звездах активности солнечного типа по их рентгеновскому излучению наиболее эффективным был эксперимент ROSAT. Выведенный на орбиту летом 1990 года аппарат проработал в течение 7 лет. За первые полгода ROSAT выполнил обзор всего неба (RASS), зарегистрировав при этом около 60000 источников, из которых 1/3 оказалась звездами с горячими коронами, а затем перешел к наблюдениям отдельных источников. При выполнении RASS рентгеновский поток от каждого источника измерялся в течение до 30 секунд каждые 96 минут по крайней мере в течение 2-х суток, а при индивидуальных наблюдениях экспозиции достигали 40 минут.

Собранные таким образом данные были использованы в многочисленных исследованиях для построения разной степени сложности моделей звездных корон, для сопоставления характеристик рентгеновского излучения – светимостей и отношения спектральной жесткости потоков – с другими проявлениями активности солнечного типа, для рассмотрения систематических изменений звездных корон вдоль спектральной последовательности и эволюционных изменений корональных характеристик рентгеновских источников в звездных скоплениях различных возрастов, для поиска временных вариаций рентгеновских потоков от звезд с привлечением данных обсерватории Эйнштейна.

Для пополнения нашего списка звезд с активностью солнечного типа мы использовали следующие публикации, основанные только на итоговых данных по ROSATy.

Статью Шмитта и Лифке (2004), в которой приведены данные о F- и G-звездах – рентгеновских источниках до 14 пс от Солнца, о K-звездах – до 12 пс и о M-звездах – до 6 пс; эти выборки, содержащие 175 объектов, охватывают более 90 % соответствующих звезд в каталоге CNS4 (Ярайсс, 2003) и доказывают таким образом универсальность существования корон с рентгеновским излучением у звезд-карликов этих спектральных классов. Нижняя огибающая плотности потоков практически одинакова для всех этих классов и близка к величине $F_X \sim 10^4$ эрг/см²с в солнечных корональных дырах.

Работу Фурмайстера и Шмитта (2003), в которой они проанализировали около 30000 рентгеновских кривых блеска, полученных по программе RASS: из обнаруженных 1207 переменных рентгеновских источников 516 были отождествлены с оптическими F–M-звездами и на них были зарегистрированы 456 вспышек.

Статью Хюнша и др. (1999), в которой приведены результаты измерения рентгеновского излучения всех 1252 обнаруженных объектов из третьего каталога близких звезд Глизе и Ярайсса (1991).

Статью Хюнша и др. (1998), в которой даны результаты рентгеновских наблюдений всех 980 звезд каталога ярких звезд.

Статью Марино и др. (2000) с результатами рентгеновских индивидуальных наблюдений 65 M-карликов.

Статью Марино и др. (2002) с результатами рентгеновских индивидуальных наблюдений 40 F7–K2-карликов.

Многочисленные рентгеновские источники из около дюжины изученных рассеянных скоплений не были включены в наш список.

Объединив данные из перечисленных выше шести публикаций, мы исключили из полученного списка объекты повышенной светимости. Учитывая, что для части объектов имеется классификация переменности по нескольким признакам, здесь и далее мы исключили из списка звезды, отмеченные в SIMBADe как RS CVn, T Tau и другие, считая, что проявления этих типов активности лишь вносит неопределенность в отбор объектов с активностью солнечного типа. В результате

мы получили список 1753 звезд – рентгеновских источников. Поскольку для части из них не было оптических кандидатов, и для уверенного отождествления этих источников со звездами с коронами солнечного типа, мы провели их идентификацию в оптической области спектра, используя интерактивный атлас неба ALADIN (Боннарель и др., 2000), базы данных SIMBAD и NED (Мадоре и др., 1992) и каталоги SDSS (Абазаян и др., 2009), 2MASS (Скрутски и др., 2006) и NOMAD (Захариас и др., 2004). Отождествление производилось внутри области, ограниченной тремя радиусами ошибки в определении координат рентгеновского источника. Критерием отбора являлось соответствие спектрального класса объекта предполагаемому кандидату, а также его значительное, по сравнению с окружающими объектами, собственное движение. Спектральный класс объектов определялся по многоцветной фотометрии. Межзвездное поглощение из-за близости искомым объектам не учитывалось. После объединения отобранных рентгеновских источников с GKL99, расширенного тремя описанными выше дополнениями, мы получили список 4176 объектов с активностью солнечного типа.

Последующие рентгеновские эксперименты 90-х годов ASCA и BeppoSAX и выведенные на орбиты на грани веков Chandra и XMM-Newton превосходили предыдущие по чувствительности, ширине рабочего диапазона частот, угловому и спектральному разрешению, некоторые из них имели собственный оптический канал. Но их звездные программы были нацелены прежде всего на детальное изучение структуры звездных корон и звездных вспышек и практически не расширили наш список объектов с активностью солнечного типа.

6 Пятое дополнение к GKL99: звезды с поверхностной неоднородностью

Звездный магнетизм солнечного типа обуславливает поверхностную неоднородность исследуемых объектов. Из 462 звезд в GKL99 у 69 были отмечены темные пятна. Подавляющее большинство таких объектов – это K–M-карлики типа BY Dra, у которых поверхностная неоднородность была найдена благодаря обнаруженным малоамплитудным периодическим колебаниям блеска с характерным периодом в несколько суток. Со второй половины 90-х годов поверхностная неоднородность звезд активно изучалась двумя способами: в рамках НК-проекта и последующих массовых наблюдений хромосферной кальциевой эмиссии преимущественно у G–K-карликов (об этом речь шла в разделе 4 выше) и в рамках нескольких продолжительных фотометрических программ с целью определения основных параметров темных звездных пятен. К последним относятся публикации Алексева (2001, 2008), основанные на предложенной и развитой в Крыму зональной модели запятненности звезд (Алексеев и Гершберг, 1996). В этой модели предполагается, что общий фотометрический эффект звездных пятен при наблюдениях запятненной звезды эквивалентен эффекту двух симметричных относительно экватора полос пониженной и неравномерной по долготе яркости, и дан алгоритм оценки всех параметров таких полос – их ширины, расстояния от экватора, температуры и степени неравномерности по долготе. С помощью этого алгоритма Алексеев оценил параметры полос запятненности двух дюжин красных карликовых звезд, но все они уже вошли в составленные выше списки.

С начала нового века обширные работы и обзоры по запятненности поздних звезд были опубликованы Мессиной и Гайнаном (2002), Бердюгиной (2005), Мессиной (2008), Холлом и др. (2009), Пагано (2009), Ола и др. (2009), Штрассмайером (2009), Савановым (2009). Эти публикации включают и результаты, полученные методами решения обратных задач, в том числе алгоритмами доплеровского и зееман-доплеровского формирования изображений (Родоно и др., 1995; Донати и др., 1997; Ланца и др., 1998; Бердюгина, 1998). Но в этих работах основное внимание уделено пятнам на компонентах двойных систем типа RS CVn, уже сошедших с главной последовательности и имеющих наибольшую запятненность среди звезд поздних спектральных типов. И лишь два десятка объектов, рассмотренных в этих публикациях, относятся к звездам с активностью солнечного типа.

В международном индексе переменных звезд VSX (Ватсон, 2006) – постоянно обновляемой базе данных – к переменным типа BY отнесены 456 звезд. По-видимому, в этом индекс-каталоге к переменным такого типа отнесены все звезды с переменностью блеска, обусловленной вращением

объектов с неоднородной поверхностной яркостью. Для уточнения типов переменности было выполнено сравнение списков ВУ-звезд по VSX и SIMBAD. После объединения с упомянутыми 20 запятненными звездами, обнаруженными в перечисленных выше фотометрических исследованиях, дополнения несколькими десятками звезд, обозначенных в SIMBAD как переменные типа ВУ, но отсутствующих в VSX, и исключения объектов, относящихся согласно SIMBAD к типу ВУ и одновременно к другим типам переменности, и объектов, у которых спектральные типы – более ранние, чем F0, общее число интересующих нас запятненных звезд с активностью солнечного типа составило 424. Они были добавлены к списку GKL99, расширенному четырьмя описанными выше дополнениями. После исключения ряда уже имевшихся там звезд получен список 4232 объектов с активностью солнечного типа.

В последние годы под руководством Ирвина (2009) проводятся фотометрические исследования звезд в ряде рассеянных звездных скоплений. В результате этих исследований, по-видимому, будут идентифицированы новые сотни звезд с запятненными фотосферами.

7 Шестое дополнение к GKL99: вспыхивающие объекты с активностью солнечного типа, недавно пополнившие интерактивные базы данных

Международный индекс переменных звезд VSX содержит 1050 объектов, классифицированных как объекты типа UV, то есть вспыхивающие. Для большей части из них указаны амплитуды вспышек. Как и при рассмотрении ВУ-объектов в п. 6, мы отобрали для каждого из этих UV-объектов из SIMBAD спектральные типы, определенные прямыми наблюдениями и дополнили список VSX недавно внесенными в SIMBAD вспыхивающими звездами. Затем из этого списка были удалены звезды, определенно не обладающие активностью солнечного типа: объекты, обозначенные в SIMBAD как F1 и одновременно как переменные других типов. Оставшиеся после этой процедуры звезды были объединены с GKL99, расширенным пятью описанными выше дополнениями. После исключения повторов получен список 5535 звезд с активностью солнечного типа; это число в 12 раз превосходит число объектов в GKL99.

Во второй половине 90-х годов астрометрический спутник HIPPARCOS выполнил 13 миллионов фотометрических измерений около 120000 звезд и были предприняты попытки извлечь из этих измерений сведения о переменных звездах. Однако, как показали Эйер и Гренон (2000), необходима весьма трудоемкая и неоднозначная процедура для извлечения параметров собственно звездной переменности из этих данных. Поэтому мы не использовали их для отбора звезд с активностью солнечного типа, хотя нет сомнений, что данные HIPPARCOS содержат сотни кривых блеска звездных вспышек.

8 Каталог GTSh10

Все отобранные нами звезды с проявлениями активности солнечного типа собраны в каталоге GTSh10. Он состоит из двух таблиц, которые представлены в электронном виде.

В таблице I собраны результаты нашей компиляции многочисленных перечисленных выше публикаций. В первом столбце этой таблицы даны порядковые номера объектов, во втором – названия звезд, в третьем – координаты, в четвертом – звездные величины в нормальном состоянии яркости; в большинстве случаев приведены величины в полосе V, блеск в других полосах указан дополнительно; те случаи, когда объект наблюдался только во вспышке и его нормальная яркость не известна, отмечены в примечаниях в последнем столбце таблицы. В пятом столбце таблицы даны спектральные типы, в шестом – буквы F отмечают звезды с оптическими вспышками; в седьмом столбце таблицы приведены эквивалентные ширины эмиссионной линии H_{α} , в восьмом – величина S, характеризующая интенсивность кальциевой эмиссии; в девятом столбце отмечены объекты с признаками запятненности фотосферы: “spots” отмечает объекты, у которых найдены свидетельства неоднородности фотосферы, “spotpar” – объекты с оценками параметров пятен; в десятом и одиннадцатом столбцах буквами X и R отмечены объекты, которые наблюдались в рентгеновском

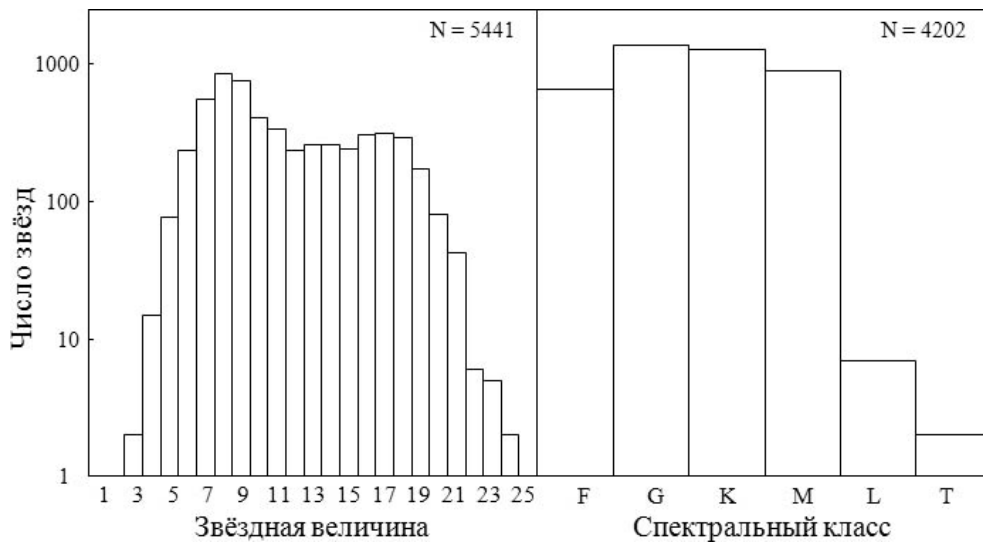


Рис. 1. Распределение всех звезд из GTSh10 в зависимости от яркости и от спектрального типа

и радиодиапазонах соответственно, а буквами FX и FR – объекты, на которых в этих диапазонах были зарегистрированы вспышки. В двенадцатом столбце даны комментарии по конкретным проявлениям активности. Координаты звезд округлены до $0.^s1$ и $1''$, звездные величины – до $0.^m01$, классы светимости указаны только в тех случаях, когда есть уверенность или подозрение, что объект не находится на главной последовательности. В тех случаях, когда известно, что имеет место эмиссия H_{α} , но ее эквивалентная ширина не измерена, в седьмом столбце поставлены “!”. Величины S в восьмом столбце округлены до 0.01.

В таблице II собраны 83462 наименования рассматриваемых звезд, и простейший алгоритм поиска позволяет по одному известному наименованию звезды находить ее остальные имена и ее номер в таблице I.

Составленные нами таблицы являются результатом большого числа независимых наблюдений с аппаратурой разной проникающей силы. Поэтому выборки звезд с тем или иным типом проявления активности, которые из таблиц можно извлечь, будут разной степени полноты, относиться к околосолнечным областям разных размеров и не смогут отражать реального соотношения пространственных плотностей таких объектов. Тем не менее эти таблицы будут полезны для планирования дальнейшего исследования звезд с активностью солнечного типа.

Таблицы I и II в электронном виде доступны на сайте КрАО по адресу: <http://crao.crimea.ua/~aas/CATALOGUES/G+2010/eCat/G+2010.html>.

На рисунках представлены распределения звезд из GTSh10 в зависимости от яркости и от спектрального типа. На рис. 1 представлены распределения всех звезд, собранных в GTSh10, на последующих аналогичных рисунках 2–7 – распределения звезд с разными проявлениями активности солнечного типа.

При построении распределений в зависимости от яркости не учитывалась конкретная полоса измерения блеска объектов, так как диапазон показателей их цвета существенно уже диапазона рассматриваемых яркостей. Рисунки 2–7 дают четкое представление о диапазонах яркостей и спектральных типов звезд, в которых наблюдаются рассматриваемые проявления активности солнечного типа, и о тех яркостях и спектральных типах, на которые приходится максимумы соответствующих распределений. Очевидно, что границы указанных диапазонов и локализация максимумов распределений существенно зависят как от физики процессов солнечной активности, так и от наблюдательной селекции, и разделение этих независимых факторов требует в каждом случае специального исследования.

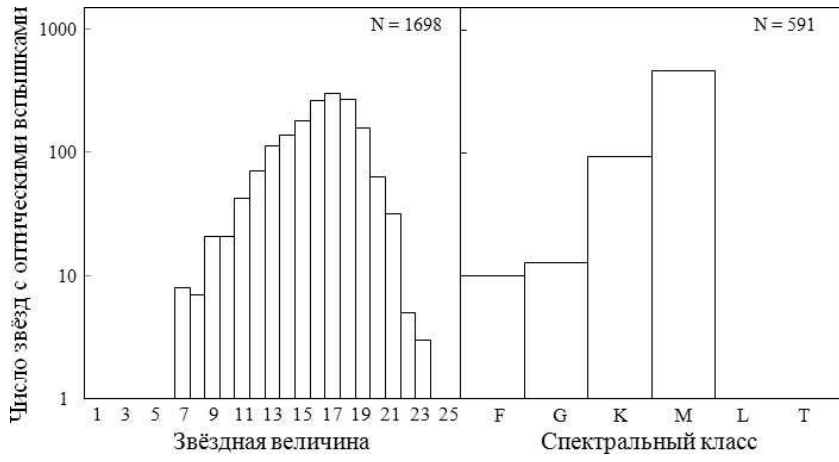


Рис. 2.

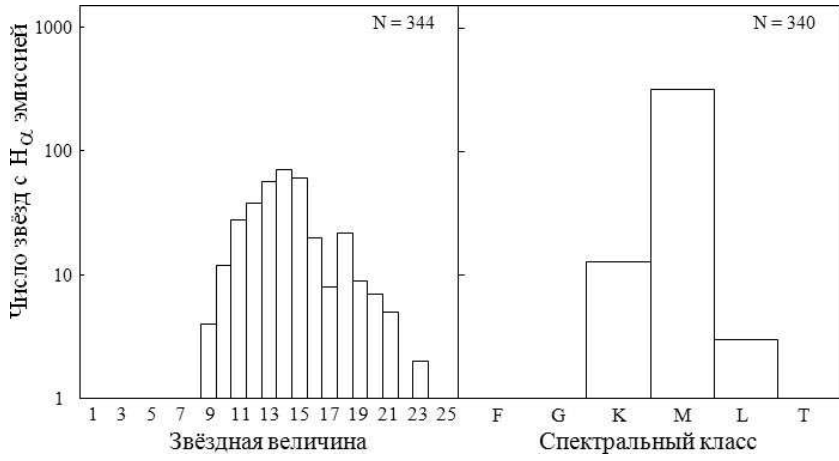


Рис. 3.

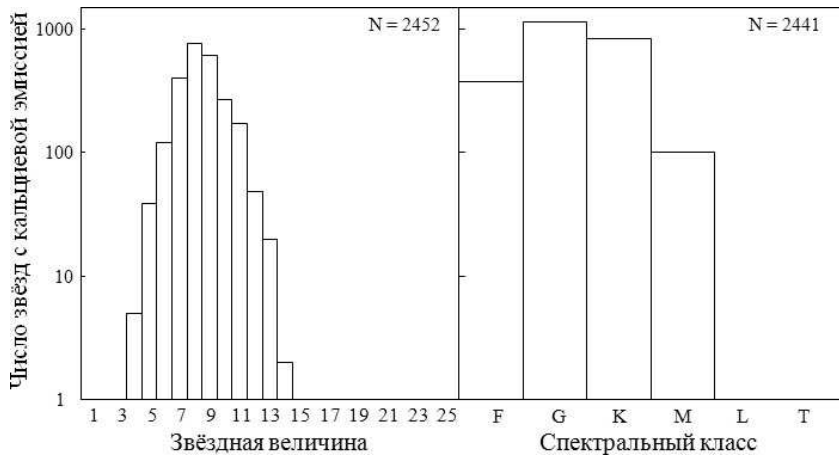


Рис. 4.

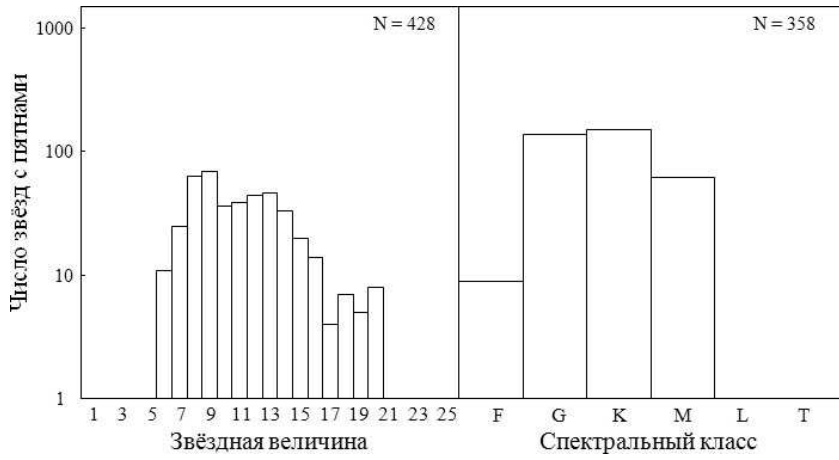


Рис. 5.

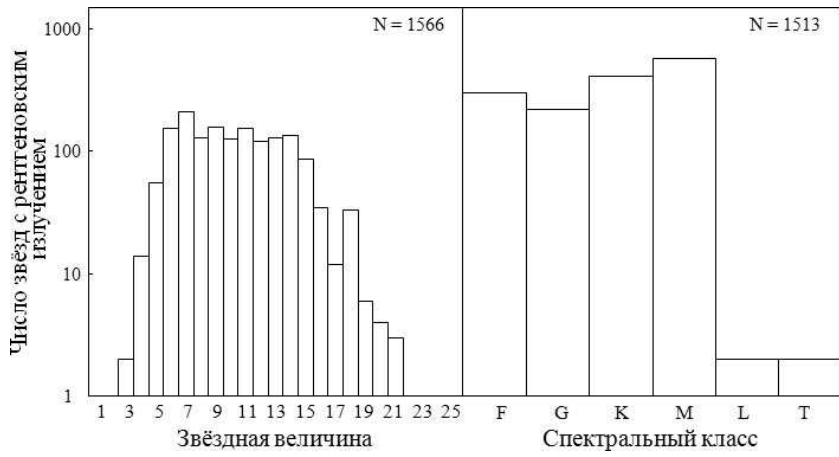


Рис. 6.

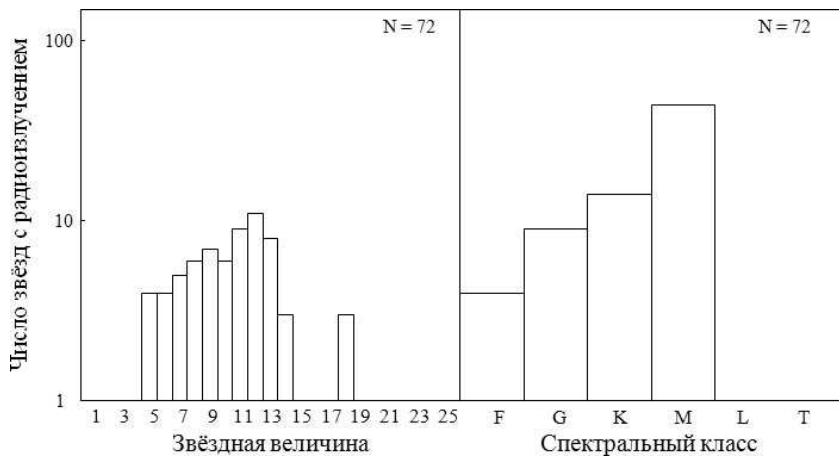


Рис. 7.

Авторы считают приятным долгом поблагодарить сотрудников Страсбургского астрофизического центра данных (Франция), которые обеспечивают работу интерактивных приложений SIMBAD, VizieR, Aladin. М.М. Кацова сделала важное замечание к первоначальному варианту этой работы. Мы благодарны сотрудницам библиотеки КрАО Н.П. Банновой, Т.А. Границкой, Е.В. Костылевой и М.И. Таран за помощь при выполнении этой работы.

Литература

- Абазаян и др. (Abazajian K.N. et al.) // *Astrophys. J. Suppl.* 2009. V. 182. Issue 2. P. 543.
- Алексеев И.Ю. // *Запятненность звезд малых масс.* Одесса.: АСТРОПРИНТ. 2001.
- Алексеев И.Ю. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2008. Т. 104. С. 272.
- Алексеев И.Ю. и Гершберг Р.Е. // *Астрон. журн.* 1996. Т. 73 С. 579.
- Бальюнас и др. (Baliunas S.L. et al.) // *Astrophys. J.* 1995. V. 438. P. 269.
- Бердюгина С.В. (Berdyugina S.V.) // *Astron. Nachr.* 1998. V. 338. P. 97.
- Бердюгина С.В. (Berdyugina S.V.) // *Irsf.* 2005. V. 2. №. 8. P. 1.
- Боннарель и др. (Bonnarel F. et al.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 2000. V. 143. P. 33.
- Вайана и др. (Vaiana G.S. et al.) // *Astrophys. J.* 1981. V. 245. P. 163.
- Ватсон (Watson C.L.) // *The International Variable Star Index (VSX).* 25th Annual Symposium on Telescope Science. Published by the Society for Astronomical Sciences. 2006. P. 47.
- Вилсон (Wilson O.) // *Publ. Astron. Soc. Pacific.* 1961. V. 73. P. 15.
- Вилсон (Wilson O.) // *Astrophys. J.* 1978. V. 226 P. 379.
- Вогэн и Престон (Vaughan A.H. and Preston R.W.) // *Publ. Astron. Soc. Pacific.* 1980. V. 92. P. 385.
- Генри и др. (Henry T.J., Soderblom D.R., Donahue R.A., Baliunas S.L.) // *Astron. J.* 1996. V. 111 P. 439.
- Гершберг Р.Е. // *Вспышки красных карликовых звезд.* М.: Наука. 1970а.
- Гершберг Р.Е. // *Астрофизика.* 1970б. Т. 6. С. 191.
- Гершберг Р.Е. // *Активность солнечного типа звезд главной последовательности.* Одесса: Астропринт. 2002. (Gershberg R.E. // *Solar-type activity in main-sequence stars.* Heidelberg. Springer. 2005.)
- Гершберг и Пикельнер (Gershberg R.E. and Pikel'ner S.B.) // *Comments on astrophysics and space physics.* 1972. V. 4. P. 113.
- Гершберг и др. (Gershberg R.E., Katsova M.M., Lovkaya M.N., et al.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1999. V. 139. P. 555.
- Глизе и Ярайсс (Gliese W. and Jahreiss H.) // *Preliminary version of the Third Catalogue of Nearby Stars.* / Eds Brodzmann L.E., Gesser S.E. CD-ROM: *Selecter Astronomical Catalogues. The Astronomical Data Center.* Greenbelt. 1991. V. 1.
- Грей и др. (Gray R.O., Corbally C.J., Garrison R.F., McFadden M.T., Robinson P.E.) // *Astron. J.* 2003. V. 126. P. 2048.
- Грей и др. (Gray R.O. et al.) // *Astron. J.* 2006. V. 132. P. 161.
- Джой (Joy A.H.) // *Stellar atmospheres* / Ed. Greenstein J.L. Chicago: Univ. Chicago Press. 1960. P. 653.
- Донати и др. (Donati J.-F., Semel M., Carter B.D., Rees D.E., Collier Cameron A.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 1997. V. 291 P. 658.
- Дункан и др. (Duncan D.K. et al.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1991. V. 76 P. 383.
- Женова и др. (Genova F. et al.) // *AAS 207th Meeting. Bull. AAS.* 2005. V. 37. №. 4. P. 1218.
- Захариас и др. (Zacharias N. et al.) // *AAS 205th Meeting. Bull. AAS.* 2004. V. 36. №. 5. P. 1418.
- Ирвин и др. (Irwin J. et al.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2009. V. 392. P. 1456.
- Крэм и Маллэн (Cram L.E. and Mullan D.J.) // *Astrophys. J.* 1979. V. 234. P. 579.
- Ланца и др. (Lanza A.F., Catalano S., Cutispoto G., Pagano I., Rodono M.) // *Astron. Astrophys.* 1998. V. 332. P. 541.
- Мадоре и др. (Madore B.F. et al.) // *A.S.P. Conf. Ser.* 1992. V. 25. P. 47.
- Марино и др. (Marino A., Micela G., Peres G.) // *Astron. Astrophys.* 2000. V. 353. P. 177.
- Марино и др. (Marino A., Micela G., Peres G., Sciortino S.) // *Astron. Astrophys.* 2002. V. 383 P. 210.

- Мессина (Messina S.) // *Astron. Astrophys.* 2008. V. 480. P. 495.
- Мессина и Гайнан (Messina S. and Guinan E.F.) // *Astron. Astrophys.* 2002. V. 393. P. 225.
- Моханти и Басри (Mohanty S. and Basri G.) // *Astrophys. J.* 2003. V. 583 P. 451.
- Нойес и др. (Noyes R.W. et al.) // *Astrophys. J.* 1984. V. 279 P. 763.
- Ола и др. (Olah K. et al.) // *Astron. Astrophys.* 2009. V. 501. P. 703.
- Осканян (Oskanjian V.) // *Publ. Obs. Astron. Belg.* 1964. №. 10.
- Пагано (Pagano I.) // *Solar and stellar variability./ Eds A.G. Kosovichev et al. Proc. IAU Symp. №. 264.* 2009. P. 136.
- Паллавичини и др. (Pallavicini R., Tagliaferri G., Stella L.) // *Astron. Astrophys.* 1990. V. 228. P. 403.
- Райт и др. (Wright J.T., Marcy G.W., Butler R.P., Vogt S.S.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2004. V. 152. P. 261.
- Родано и др. (Rodono M., Lanza A.E., Catalano S.) // *Astron. Astrophys.* 1995. V. 301. P. 75.
- Саванов И.С. // Циклы активности на Солнце и звездах. Труды рабочего совещания-дискуссии. Москва, 18–19 декабря 2009./ Ред. В.Н. Обридко и Ю.А. Ноговицын. Астрономическое общество. Санкт-Петербург. 2009. С. 37.
- Скрутски и др. (Skrutskie M.F. et al.) // *Astron. J.* 2006. V. 131. P. 1163.
- Соломон (Solomon L.) // *Smithsonian Astrophys. Obs. Special Report.* 1966. №. 210.
- Тинни и др. (Tinney C.G., McCarthy C., Jones H.R.A., et al.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2002. V. 332. P. 759.
- Фурмайстер и Шмитт (Fuhrmeister B. and Schmitt J.H.M.M.) // *Astron. Astrophys.* 2003. V. 403. P. 247.
- Холи и др. (Hawley S.L., Gizis J.E., Reid I.N.) // *Astron. J.* 1996. V. 112. P. 2799.
- Холл и др. (Hall J.C., Henry G.W., Lockwood G.W., Skiff B.A., Saar S.H.) // *Astron. J.* 2009. V. 138. P. 312.
- Хюensch и др. (Huensch M., Schmitt J.H.M.M., et al.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1999. V. 135. P. 319.
- Хюensch и др. (Huensch M., Schmitt J.H.M.M., Voges W.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1998. V. 132. P. 155.
- Шаховская Н.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1974. Т. 51. С. 92.
- Шмитт и Лифке (Schmitt J.H.M.M. and Liefke C.) // *Astron. Astrophys.* 2004. V. 417. P. 651.
- Штрассмайер и др. (Strassmaier K.G., Washuettl A., Granzer Th., et al.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 2000. V. 142. P. 275.
- Штрассмайер (Strassmeier K.G.) // *Astron. Astrophys. Rev.* 2009. V. 17. P. 251.
- Эйер и Гренон (Eyer L. and Grenon M.) // *ASP Conf. Ser.* 2000. V. 210. P. 482.
- Ярайс (Jahreiss H.) // *ANS.* 2003. 324. 96J.