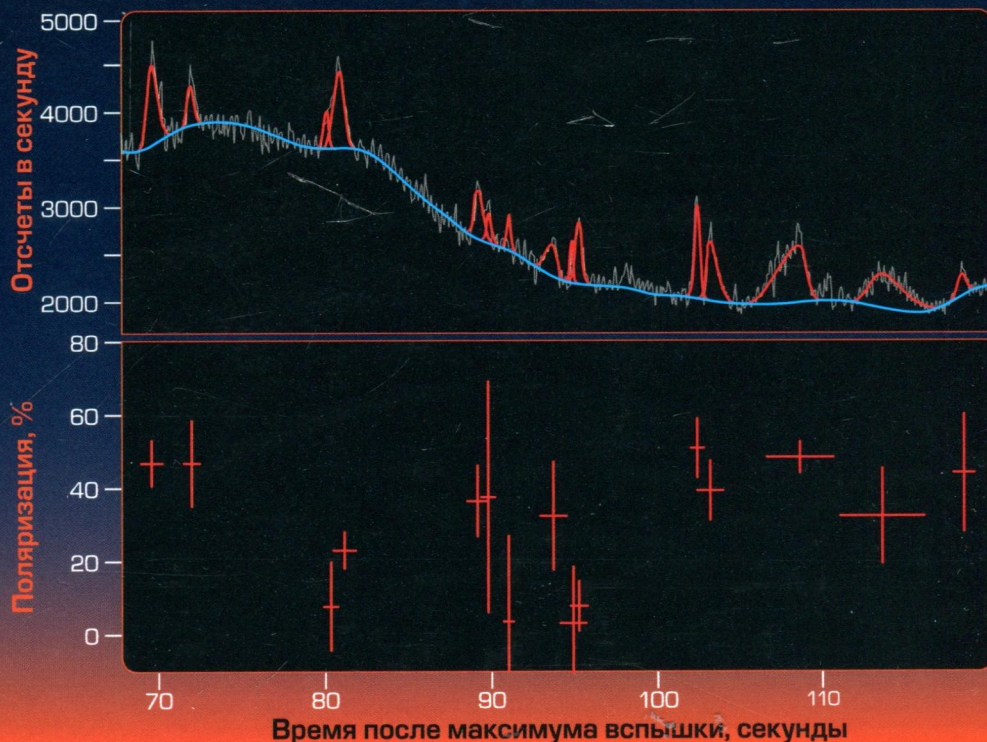


Р.Е. Гершберг
Н.И. Клиорин
Л.А. Пустильник
А.А. Шляпников

ФИЗИКА ЗВЁЗД СРЕДНИХ И МАЛЫХ МАСС С АКТИВНОСТЬЮ СОЛНЕЧНОГО ТИПА

UV Cet 28.12.08



Р.Е. Гершберг
Н.И. Клиорин
Л.А. Пустильник
А.А. Шляпников

**ФИЗИКА ЗВЁЗД
СРЕДНИХ И МАЛЫХ МАСС
С АКТИВНОСТЬЮ
СОЛНЕЧНОГО ТИПА**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2020

УДК 524.3
ББК 22.66
Ф 49



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 20-12-00002, не подлежит продаже

Гершберг Р. Е., Клиорин Н. И., Пустильник Л. А., Шляпников А. А.
Физика звёзд средних и малых масс с активностью солнечного типа. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2020. — 768 с. — ISBN 978-5-9221-1881-1.

В монографии систематизированы и обобщены результаты исследований активности солнечного типа, присущей значительной части звезд средних и малых масс Галактики, изложены характеристики таких звезд в спокойном состоянии, во время спорадических вспышек и изменения такой активности на эволюционных временах. Подробно описаны данные наблюдений, полученные во всем диапазоне электромагнитного спектра от дециметровых радиоволн до рентгена. В двух теоретических главах рассмотрены современные модели вспышек и модели звездных динамо. В приложении дано описание Каталога звезд с активностью солнечного типа.

Книга рассчитана на научных работников, занимающихся исследованием физики звезд и Солнца, аспирантов и студентов астрофизических специальностей и специализирующихся в области наземных и космических исследований.

На лицевой стороне переплета помещена кривая блеска вспышки UV Cet 28.12.08, зарегистрированной в наблюдениях с измерительным комплексом МАНИЯ на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории РАН: в начале затухания вспышки обнаружены субсекундные всплески высокополяризованного излучения (Бескин и др., 2017).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Введение. Краткая история изучения вспыхивающих красных карликовых звезд	10
Часть первая. Вспыхивающие звезды в спокойном состоянии	
1.1. Общие характеристики вспыхивающих звезд	16
1.2. Фотосферы	25
1.2.1. Невозмущенные фотосферы	25
1.2.2. Вращение звезд	35
1.2.3. Звездные пятна	45
1.2.3.1. Оценки параметров отдельных звездных пятен	49
1.2.3.2. Зональная модель запятненности звезд	59
1.2.3.3. Доплеровское картирование	65
1.2.3.4. Матричная инверсии кривой блеска	69
1.2.3.5. Панорамная фотометрия — пятна	70
1.2.3.6. Некоторые проблемы физики звездных пятен	77
1.2.4. Магнитные поля	79
1.2.4.1. Зеемановская спектрополяриметрия	81
1.2.4.2. Робинсонова спектрофотометрия	82
1.2.4.3. Зееман-доплеровское картирование	92
1.2.4.4. Инфракрасная молекулярная магнитометрия	94
1.2.4.5. Статистические магнитометрические методы	101
1.3. Хромосферы и переходные зоны	105
1.3.1. Оптические и ультрафиолетовые спектры хромосфер и переходных зон	107
1.3.1.1. Кальциевая эмиссия в линиях H и K	107
1.3.1.2. Водородная эмиссия	115
1.3.1.3. Другие эмиссионные линии в оптическом диапазоне	127
1.3.1.4. Ультрафиолетовые спектры	131
1.3.2. Модели звездных хромосфер	151
1.3.2.1. Полуэмпирические однородные модели	152
1.3.2.2. Поверхностные неоднородности хромосфер	160
1.3.2.3. Магнитогидродинамические модели хромосфер	170
1.4. Короны звезд	171
1.4.1. Мягкое рентгеновское излучение корон — рентгеновская фотометрия и колориметрия	173
1.4.2. EUV- и рентгеновская спектроскопия	203
1.4.3. Микроволновое и коротковолновое излучение	214
1.4.4. Модели звездных корон	231
1.5. Механизмы нагрева звездных атмосфер	236
1.6. Звездные ветры	247
1.7. Холодные пылевые диски	253

Часть вторая. Вспышки

2.1. Общая картина звездных вспышек	265
2.2. Временные характеристики вспышек	278
2.2.1. Временные масштабы вспышек	278
2.2.2. Временное распределение вспышек	284
2.3. Энергетика вспышек	288
2.3.1. Энергетика оптического излучения вспышек	288
2.3.1.1. Спектр максимальной мощности вспышек	290
2.3.1.2. Энергетический спектр вспышек	294
2.3.1.3. Суммарная энергия излучения вспышек	308
2.3.2. Оценки полной энергии вспышек	311
2.4. Временное развитие и механизмы излучения вспышек в различных диапазонах электромагнитного спектра	316
2.4.1. Рентгеновское излучение вспышек	317
2.4.2. Излучение вспышек в радиодиапазоне	367
2.4.3. Ультрафиолетовое излучение вспышек	390
2.4.4. Оптическое излучение вспышек	412
2.4.4.1. Кривые блеска	414
2.4.4.2. Колориметрия	436
2.4.4.3. Поляриметрия	445
2.4.4.4. Спектральные исследования	447
2.5. Модели звездных вспышек	470
2.6. Физическая природа вспышек	489
2.6.1. Историческое введение	491
2.6.2. Постановка задачи	493
2.6.3. Магнитная природа вспышечного энерговыделения на Солнце и вспыхивающих красных карликах	494
2.6.4. Предвспышечное равновесие магнитного поля над активной областью	496
2.6.5. Современное описание физики вспышечного энерговыделения	499
2.6.5.1. Необходимость тонкого турбулентного токового слоя с перезамыканием (ТТТСП) из «первых принципов» как основы вспышечного энерговыделения солнечных и звездных вспышек	500
2.6.5.2. Варианты моделей токовых слоев с перезамыканием	502
2.6.5.3. Срыв предвспышечного равновесия и переход в состояние вспышки	504
2.6.5.4. Послевспышечное перераспределение энергии вспышки и внешние наблюдательные проявления вспышек	505
2.6.6. Степенной характер амплитудных и энергетических распределений во вспышках как проявление «самоорганизующейся критичности» в открытой многоэлементной системе с сильным взаимодействием	508
2.6.7. Открытые вопросы в физике вспышек	511
2.6.8. Вспышки как трехуровневая перколяция энергии, поступающей из более глубоких слоев звезды	515
2.6.8.1. Три уровня перколяции	515
2.6.8.2. Ускорение частиц в перколирующем турбулентном токовом слое	516
2.6.8.3. Преимущества перколяционного подхода для понимания физики вспышек	517
2.6.9. Выводы	517

Часть третья. Долговременные изменения активности вспыхивающих звезд

3.1. Циклы активности	520
3.2. Эволюционные изменения активности звезд средних и малых масс	544
3.2.1. Эволюция активности звезд	545
3.2.2. Эволюция солнечной активности	564

Часть четвертая. Магнетизм звезд с активностью солнечного типа

4.1. Фотосферные и подфотосферные магнитные поля	580
4.2. Звездный магнетизм и атмосферы звезд	591
4.3. Модели звездного динамо	598
4.3.1. Основные понятия теории звездного динамо, антидинамо-теоремы	599
4.3.2. Динамо-числа и динамо-волны	606
4.3.2.1. Динамо-число	606
4.3.2.2. Динамо-числа звезд и свойства звездных недр	608
4.3.2.3. Звездные динамо-волны и критические динамо-числа	612
4.3.3. Нелинейное динамо и его связь с наблюдениями	621
4.3.3.1. Физические основы нелинейного динамо	621
4.3.3.2. Основные результаты теории нелинейного динамо, важные для теории средних магнитных полей звезд	627
4.3.3.3. Основные нелинейные механизмы, проявляющиеся в рамках нелинейного альфа-эффекта	628
4.3.4. Формирование активных областей и звездных пятен	644
Литература	662
Предметный указатель	752
Приложение	759
1. Введение	759
2. Источники, использованные для составления Каталога	759
3. Структура Каталога	763
4. Компиляция Каталога	763
5. Заключение	765
Литература	766