OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 4, Number 314 (2017), 90 – 95

UDK.524.5

L.A. Pavlova , E.Ya. Vil'Koviskij

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan
Lapavlova44@mail.ru

THE MAIN FORMATION MECHANISMS OF X-Ray EMISSION OF THE YOUNG STARS

Abstract. X-ray emission from stars much more massive than the Sun was discovered only 35 years ago. Such stars drive fast stellar winds where shocks can develop, and it is commonly assumed that the X-rays emerge from the shock-heated plasma. Many massive stars additionally pulsate. However, hitherto it was neither theoretically predicted nor observed that these pulsations would affect their X-ray emission. Observations with the *XMM-Newton* telescope reveal X-ray pulsations with the same period as the fundamental stellar pulsation. This discovery challenges our understanding of stellar winds from massive stars, their X-ray emission, and their magnetism. New features have been identified in pre-main sequence stars; some of these may be related to accretion shocks on the stellar surface, fluorescence on circumstellar disks due to X-ray irradiation, or shock heating in stellar outflows. The XMM-Newton observations were obtained for three stars xi1 CMa V2052 Oph, and zeta Cas. We report the first detection of X-ray emission from V2052 Oph and zeta Cas. The observations show that the X-ray spectra of our program stars are quite soft. We compile the complete sample of early B-type stars with detected magnetic fields to date and existing X-ray measurements, in order to study whether the X-ray emission can be used as a general proxy for stellar magnetism. We find that hard and strong X-ray emission does not necessarily correlate with the presence of a magnetic field. We analyze the UV spectra of five non-supergiant B stars with magnetic fields by means of non-LTE iron-blanketed model atmospheres. The latter are calculated with the PoWR code, which treats the photosphere as well as the wind, and also accounts for X-rays. Our models accurately fit the stellar photospheric spectra in the optical and the UV. The parameters of X-ray emission, temperature and flux are included in the model in accordance with observations.

Key words: young stars, X-rays, emission, mass-loss, accretion, pulsations

УДК. 524.5

Л.А. Павлова, Э.Я. Вильковиский

ДТОО «Астрофизический Институт им.Фесенкова» г. Алматы, Казахстан

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ X-ray ЭМИССИИ В МОЛОДЫХ ЗВЕЗДАХ

Аннотация. За последние 35 лет рентгеновская (X-ray) эмиссия была обнаружена практически во всех типах звезд, пересекающих Главную Последовательность. В звездах более массивных, чем Солнце, наблюдается значительный звездный ветер, в течении которого при столкновениях разных потоков образуются ударные волны, образуя области плазмы с более высокой температурой. По наблюдениям с космических телескопов у многих массивных звезд обнаружены пульсации излучения, которые часто совпадают с периодами фундаментальных звездных пульсаций. В настоящее время для объяснения природы X-ray эмиссии в звездах разных масс рассматриваются некоторые процессы, присущие всем звездам до Главной Последовательности: аккреционные удары о звездную поверхность, флюоресценция на околозвездных дисках благодаря переизлучению X-ray эмиссии и/или ударный нагрев в звездных истечениях, и другие корональные и магнитосферные явления. В целом эти процессы связаны с магнитной активностью звёзд и работают в разных средах и на различных шкалах энергий и температур. Для разных молодых объектов, X-ray пульсации совпадают с фазой оптических пульсаций, но с большей амплитудой. Анализ яркости в области X-ray показывает, что наибольшая яркость наблюдается в тот момент, когда звездный радиус

минимален. Новые наблюдения позволили определить протяженность корональных X-ray петель в жестко вращающихся дисках, которые согласуется с моделью магнитного взаимодействия звезда – диск, где внутренний диск ограничен магнитосферой молодых звезд.

Ключевые слова: молодые звезды, X-ray эмиссия, потеря массы, аккреция, пульсации.

Введение

Последнее десятилетие данные наблюдений звезд в рентгеновском диапазоне со спутников CHANDRA и XMM-NEWTON привели к значительному пониманию физических процессов в горячей плазме в молодых звездах и близкой к ним околозвездной среде. Исследование природы X-ray эмиссии в звездах с оболочками чрезвычайно важно для изучения физических процессов в горячей плазме, достигающей температуры в несколько миллионов градусов. На основе изучения внеатмосферных данных были предложены некоторые астрофизические механизмы генерации излучения.

В настоящее время для объяснения природы X-ray эмиссии в звездах разных масс рассматриваются некоторые процессы, присущие всем звездам до Главной Последовательности: аккреционные удары на звездную поверхность, флюоресценция на околозвездных дисках благодаря переизлучению X-ray эмиссии и/или ударный нагрев в звездных истечениях, корональные и магнитосферные явления. Если для холодных звезд малых масс наблюдаемая X-ray эмиссия может быть связана с магнитными ловушками горячего коронального газа (подобно явлениям в солнечной корональной плазме) или магнитосферными процессами. Для горячих звезд используют другие процессы: присутствие неразрешенных компаньонов, аккреционные удары на звездную поверхность, ударный нагрев в звездных истечениях. Все эти процессы связаны с магнитной активностью, и работают в разных средах и на различных шкалах энергий и температур.

Методы исследования

Результаты спектральных и фотометрических наблюдений для горячих звезд были получены в рентгеновском диапазоне со спутников CHANDRA и XMM- NEWTON. Источники X-ray эмиссии обнаруженные в массивных звездах типов О и Вольф – Райе связаны, скорее всего, с формированием ударных волн в нестабильном ветре, что позволяет производить области очень горячей плазмы, излучающей в рентгеновском диапазоне. Рентгеновские спектры с высоким разрешением различных объектов в области УФ от 0,1 до 100 А расширили тематику исследований от процессов классической звездной активности, которая включает солнце- подобные явления -- вспышки, циклы активности, пространственные и тепловые структуры плазмы, излучающей X-ray, до процессов, генерирующих X-ray, такие как аккреция, джеты, замагниченный ветер [1].

Результаты исследования

Магнитная активность молодых звезд играет значительную роль в физических процессах, которые приводят к появлению X-ray эмиссии на определенных стадиях эволюции звезд. Первые появления звездной X-ray эмиссии начинаются на стадии протозвезд, когда звезды скрыты плотной средой молекулярных облаков. На этой стадии звезды вначале обладают магнитными полями облака, и магнитная активность сильно увеличивается при образовании околозвездных дисков, показывая редкие вспышки X-ray. В этих стадиях часть падающего газа может покинуть систему с большим количеством углового момента, который впоследствии виден как молекулярный или оптический джет. Потоки падающего вещества вдоль магнитных силовых линий на поверхность звезды могут нагреть газ до температур, необходимых для X-ray эмиссии. Связь между звездой и диском с такой активностью может длиться до 10^6 лет. Мало-массивные звезды могут сохранять вблизи поверхности звезды магнитную активность на более длительных временных интервалах [1].

Область излучения X-ray горячих звезд, скорее всего, расположена очень близко к ее поверхности и связана с разными потоками звездных ветров, которые формируются в экваториальной области, где течение ветра идет вдоль близких линий магнитного поля от разных частей звездной поверхности. Если удары локализуются на уровне нескольких радиусов звезды от фотосферы, то высокие отношения потоков легко могут объяснены. На обсерватории XMM-Newton были проведены всестороннее исследование X-ray эмиссии и свойств ветра в массивных магнитных ранних B–звездах: xi1 CMa, V2052 Oph и Z Cas. При сравнении с данными ранних магнитных B – звезд с X-ray эмиссией рассматривалась возможность использования X-ray эмиссии в качестве основного признака звездного магнетизма, по аналогии со звездами типа Солнца. Оказалось, что наблюдаемая X-ray эмиссия не обязательно коррелирует с присутствием магнитных полей. Были проанализированы УФ - спектры 5 B звезд с неравновесной моделью атмосферы. Модели хорошо аппроксимируют звездный фотосферный спектр в УФ и оптике. Параметры X-ray – эмиссии