

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 ξ 1 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, флуоресценция 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 звезд 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-гау 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-гау 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-гау 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-гау 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-гау эмиссии и/или ударный нагрев в звездных истечениях, корональные и магнитосферные явления. Если для холодных звезд малых масс наблюдаемая X-гау 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-гау эмиссии обнаруженные в массивных звездах типов O 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 Å расширили тематику исследований от процессов классической звездной активности, которая включает солнце-подобные явления -- вспышки, циклы активности, пространственные и тепловые структуры плазмы, излучающей X-гау, до процессов, генерирующих X-гау, такие как аккреция, джеты, замагниченный ветер [1].

Результаты исследования

Магнитная активность молодых звезд играет значительную роль в физических процессах, которые приводят к появлению X-гау эмиссии на определенных стадиях эволюции звезд. Первые появления звездной X-гау 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-гау. 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-гау 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-гау 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 локализируются на уровне нескольких радиусов звезды от фотосферы, то высокие отношения потоков легко могут объяснены. На обсерватории XMM-Newton были проведены всестороннее исследование X-гау эмиссии и свойств ветра в массивных магнитных ранних В-звездах: α Cen, V2052 Oph и Z Cas. При сравнении с данными ранних магнитных В – звезд с X-гау эмиссией рассматривалась возможность использования X-гау эмиссии в качестве основного признака звездного магнетизма, по аналогии со звездами типа Солнца. Оказалось, что наблюдаемая X-гау эмиссия не обязательно коррелирует с присутствием магнитных полей. Были проанализированы УФ - спектры 5 В звезд с неравновесной моделью атмосферы. Модели хорошо аппроксимируют звездный фотосферный спектр в УФ и оптике. Параметры X-гау – эмиссии

(температура и потоки), включенные в модель, согласуются с наблюдениями. Анализ показал, что магнитные В-звезды обладают слабым ветром. Скорости потери массы значительно ниже, предсказанных моделью, но X-ray эмиссия сильно зависит от ионизационной структуры ветра. Когда X-ray излучение соответствует наблюдаемой температуре и интенсивности, то можно предположить присутствие более значительного ускорения излучения для течения сильных масс, чем эмпирические оценки, полученные по спектральным линиям в ультрафиолете [2].

Известно, что в массивных звездах нет магнитосфер и конвективных зон, но их оптические и УФ спектры содержат эмиссионные линии с признаками истечения. Наблюдаемые спектры нескольких массивных звезд хорошо согласуются со стандартной моделью ударного ветра, где широкие эмиссионные линии с признаками истечения достигают значительных величин скоростей до 1000 км/с (ζ Pup, ζ Ori). Однако и в звездах с симметричными и несмещенными линиями может наблюдаться X-ray эмиссия (δ Ori, σ Ori). Так в звездах с узкими линиями, по сравнению с тем, что предсказывает ударная модель ветра, может наблюдаться сильная X-ray эмиссия (θ^1 Ori C и τ Sco). [3,4,5]

В рамках проекта Chandra Orion Ultradeep Project (COUP) были изучены детали 216 ярких X-ray вспышек от 161 звезд в стадии до Главной последовательности для изучения структуры излучающей короны и магнитосферы, влияния протопланетных дисков и эффектов звездного вращения. Исследовалась связь между свойствами вспышек, протопланетными дисками и аккрецией в рамках моделей взаимодействия звезда – диск на внутреннем крае аккреционного диска. Предварительные исследования не показали различий в свойствах вспышек между звездами не содержащих диск и аккрецирующих систем, кроме уменьшения X-ray эмиссии в аккрецирующих системах. Новые наблюдения показали, что протяженность корональных X-ray структур в жестко вращающихся дисках звезд может значительно превышать радиус Кеплеровской коротации, тогда как размеры X-ray петель в дисках и аккрецирующих системах не достигают радиуса коротации. Это согласуется с моделью магнитного взаимодействия звезда – диск, где внутренний диск ограничен магнитосферой молодых звезд, эволюционирующих к Главной Последовательности (ППП). Были найдены два различия между вспышками в аккрецирующих системах и ППП звездами без дисков. Первое – суб класс с супер горячими вспышками с пиком температуры плазмы выше 100 МК преимущественно присутствуют в аккрецирующих системах. Второе – было экспериментально найдено, что аккрецирующие звезды производят вспышки короткой длительности. Оба результата могут быть следствием дисторсии и дестабилизации звездной магнитосферы от взаимодействия с диском. Не было обнаружено, что любые типы вспышек произведены в магнитных петлях звезда – диск [5].

Обсуждение результатов исследования

Массивные звезды обладают жесткими звездными ветрами, в которых могут развиваться удары, что могло бы привести к появлению энергичных потоков X-ray эмиссии от плазмы, нагретой этими ударами. Многие массивные звезды показывают пульсации, но нет теоретических предсказаний, что они связаны с X-ray эмиссией. Массивные звезды своим интенсивным излучением могут приводить в движение звездные ветры до сверх звуковых скоростей (около 1000 км/с). Нестабильность ветров может быть результатом столкновений ветров, при которых часть материала может нагреваться до температур излучения X-ray. Типичный X-ray спектр отдельной массивной звезды тепловой. В спектрах с высоким разрешением доминируют широкие эмиссионные линии с небольшим голубым смещением, что может быть объяснено быстрым расширением звездного ветра, совместимый с горячей X-ray излучающей материей, проникающей через холодный материал, который ослабляет X-ray. Кроме того, некоторая часть массивных В звезд обладает сильными на больших шкалах магнитными полями и связанными с механизмом динамо. Сильные магнитные поля могут значительно влиять на динамику звездных ветров. Если магнитное поле имеет дипольную конфигурацию, то может возникнуть эффект канализации ветра в направлении на магнитный экватор, где потоки ветра сталкиваются от оппозиционных точек, создавая высокие температуры. Вероятно, свойства X-ray будут различны для магнитных и не магнитных звезд, температуры X-ray излучения будут выше для первых. Флуктуации потока X-ray на шкале вращения были замечены ранее [6,7,8].

При наблюдениях массивной ранней В звезды ξ^1 CMa (переменная типа β Cep) с телескопа *ХММ-Newton* были открыты X-ray пульсации с тем же периодом, что и период фундаментальных звездных пульсаций. Для звезды ξ^1 CMa была обнаружена периодическая модуляция широтного магнитного поля с периодом 2.2 дня, которая связана со звездным вращением. Данные спектрополяриметрии позволили определить наклон оси вращения и определить положение магнитного экватора, который отклонен от оси вращения на 79° . У звезды ξ^1 CMa измерено сильное магнитное поле (5кГ), но слабый ветер. Были обнаружены X-ray пульсации, совпадающие с фазой оптических пульсаций, но большей амплитуды. На рис.1 показана схематическая вращательная и магнитная геометрия звезды ξ^1 CMa [9].

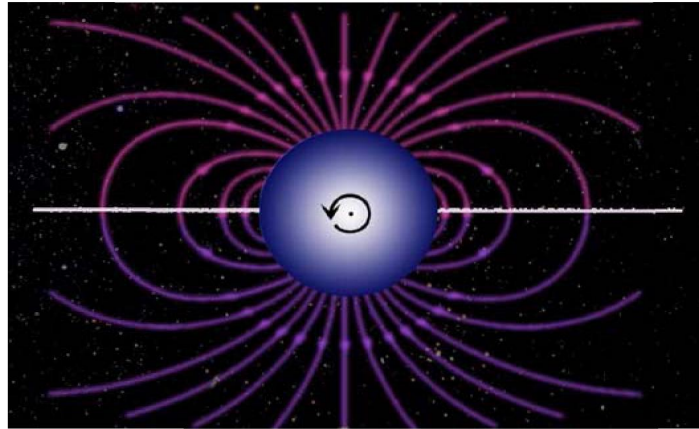


Рисунок 1 - Вращательная и магнитная геометрия звезды ξ^1 CMa. Оси вращения и магнитные наклонены друг к другу под углом 79° , белая линия – магнитный экватор, магнитные линии показывают дипольную геометрию

Обнаружены периодические изменения радиальной скорости с периодом $P=0.2096$ д., периодическая фотометрическая переменность с увеличением амплитуды в сторону коротких волн ($\Delta m_V=0.034$ зв. вел. $\Delta m_{UV}=0.161$ зв. вел.). Отмечены изменения фундаментальных параметров звезды в течении цикла пульсации таких, как температура звезды с разницей в цикле $\Delta T_{\text{эфф}}=1000$ К, $\log g$ меняется от 3.7 в максимуме и 3.8 в минимуме, широтное магнитное поле имеет период 2.2д., совпадающий с вращением звезды. Анализ яркости в области X-гау показывает, что наибольшая яркость наблюдается в тот момент, когда звездный радиус минимален (R^* меняется от 1 до 1.05). Данные свидетельствуют в пользу того, что область пульсации X-гау формируется вблизи звездной фотосферы [9].

Рентгеновские спектры звезд AeVe Хербига (AeVeX) показывают эмиссионные линии, частично сформированные при больших температурах. Температуры до 10 МК могут поддерживаться как наблюдаемыми вспышками, так и гипотезой компаньонов. С другой стороны, есть корреляция рентгеновской светимости со свойствами ветра, такими как скорость ветра или момент ветра, но не с параметрами вращения Хербиговских звезд. К настоящему времени список исследуемых AeVeX звезд в рентгеновском диапазоне постоянно расширяется. В таблице 1 приведены отдельные параметры молодых звезд, для которых получена X-гау эмиссия и измерены скорости ветра [10].

Таблица 1 - Основные параметры звезд с X-гау эмиссией и истечением

Name	Sp-type	Log Tef	Dpc	Log L_X (ergs s^{-1})	Log L_X/L_{bol}	Vrot Km/c	Vwind Km/c
MWC 297	B1/O9e S	4.52	250	29.53 ± 0.18	-8.54	380	350
V361 Ori	B4V	4.14	460	30.94 ± 0.17	-5.24	50	
Z CMa	B0IIIeP	3.80	1150	30.75 ± 0.17	-6.14	<130	500
Lkha 25	B7	4.05	800	<30.36	<-6.15		340
BD+30 549	B8Vpe	4.08	390	29.81 ± 0.16	-4.87		
R CrA	A0 D	4.06	130	28.98 ± 0.17	-6.69		150
V380 Ori	B8/A1e	3.97	460	30.88 ± 0.17	-4.60	200	260
HD 97300	B9V	4.03	188	29.66 ± 0.18	-5.4		
HD 100546	B9Vne	4.04	103	29.13 ± 0.18	-6.1	65	
HD 176386		4.03	130	<28.84	<-6.43		
HD 141569	A0Ve IIR	4.02	99	<28.59	<-6.33	258	
AB Aur	B9/A1 P	3.98	144	28.92 ± 0.17	-6.36	140	225
V372 Ori	A0	3.93	460	29.97 ± 0.17	-5.83	125	
HD 150193	A2IVe PIII/D	4	150	<29.00	<-6.00	100	130
HD 163296	A1Vep P/D	3.97	122	29.47 ± 0.19	-5.59	133	220
MR Ori	A2V	3.93	460	<29.88	<-5.59		
TY CrA	B9e	4.07	130	30.31 ± 0.18	-5.07	10	
Elias 3-1	A6e	3.91	160	30.36 ± 0.19	-3.10		250
HD 104237	A4IVe d	3.93	116	30.03 ± 0.18	-5.15	12	500
AK Sco	F5IVe	3.81	150	<28.95	<-5.50	18.5	

В Таблице 1- 1 столбец- имя объекта, 2- спектральный тип, 3- Эффективная температура звезды, 3- расстояние до объекта, 4- логарифм светимости L_X , 5- отношение рентгеновской и болометрической светимости, 6 -отношение светимости $\text{Log } L_X/L_{bol}$ 7- скорость вращения звезды $v \sin i$, 8- скорость ветра

Корреляция рентгеновской светимости со свойствами ветра - скорость ветра или момент ветра дают преимущество механизму истечения для интерпретации наблюдаемых свойств X-ray эмиссии. Увеличивается очевидность того, что специфический механизм X-ray эмиссии работает на ранних стадиях, когда молодые объекты еще продолжают аккрецировать от их околозвездных дисков. Эта очевидность приходит не только от существующих X-ray компонент, но и из УФ наблюдений с FUSE. Массивные звезды теряют большое количество массы путем их сильных звездных ветров при подходе к ГП. Однако свойства и распределение звездного ветра нарушены сильным (несколько kG) дипольными магнитными полями, которые находят в массивных звездах. Звездный ветер этих магнитных звезд течет вдоль петель магнитного поля в направлении к магнитному экватору. Потоки ветра от противоположных точек сферы сталкиваются и могут производить X-ray. Спектры с высоким разрешением AeBeX звезд показали значительные различия от спектров мало массивных звезд типа Т Тау по трем аспектам: электронные температуры находятся в области мягкого рентгена -2-7 МК; поток X-ray модулируется с временным периодом в оптике/УФ в линиях, образованных звездным ветром; триплет линии O VII необычайно силен по сравнению с потоком от Т Тау звезд. Так триплет OVII показывает ограничения в электронной плотности и электронной температуре довольно холодной плазмы со средней корональной температурой 5МК. Эта величина намного меньше, чем обычные температуры корон мало массивных звезд до Главной последовательности, достигающих 10МК. Оценка X-ray светимости в области 0.3–10 keV порядка 410^{29} erg/s, плотность $n_e \sim 10^{11}$ cm⁻³ скорее всего связана со звездной короной.

Наблюдения O звезд в NGC 1624-2 с большими магнитными полями (около 20 kG) в области X-ray были получены на обсерватории Chandra. Наблюдения были проведены в максимуме и минимуме цикла Ha эмиссии, соответствующих вращательной фазе, где магнитное поле близко к экватору и полюсу соответственно. Были рассмотрены характеристики звездных магнитосфер как возможность производства X-ray эмиссии путем магнитных ударов ветра. Наблюдаемый спектр NGC 1624-2 похож на магнитную звезду θ 1 Ori C, поток X-ray на 30% ниже в фазе минимума эмиссии Ha. Скорее всего NGC 1624-2 обладает внутренней светимостью в X-ray ($\log L_x \sim 33.4$). Светимость X-ray эмиссии варьируется со звездным вращением и согласуется с большой динамической магнитосферой и с магнитными ударами ветра [11].

Выводы

Корреляция рентгеновской светимости со свойствами ветра - скорость ветра или момент ветра дают преимущество механизму истечения для интерпретации наблюдаемых свойств X-ray эмиссии. Увеличивается очевидность того, что специфический механизм X-ray эмиссии работает на ранних стадиях, когда молодые объекты еще продолжают аккрецировать от их околозвездных дисков. Были найдены два различия между вспышками в аккрецирующих системах и ППП звезд без дисков. Первое – суб- класс с супергорячими вспышками с пиком температуры плазмы выше 100 МК преимущественно присутствуют в аккрецирующих системах. Второе – было экспериментально найдено, что аккрецирующие звезды производят вспышки короткой длительности. Оба результата могут быть следствием десторсии и дестабилизации звездной магнитосферы от взаимодействия с диском. Не было обнаружено очевидности, что любые типы вспышек произведены в магнитных петлях взаимодействия звезда – диск [12]. Многие из механизмов связаны с эволюцией объектов, которая обусловлена рассеянием оболочек и уменьшением активных явлений. Так темп аккреции уменьшается с возрастом, но он коррелирует с массой звезды. Однако массивные звезды с высоким темпом аккреции могут наблюдаться только на самой ранней стадии эволюции. Очевидно, что X-ray плазма горячее в AeBeX звездах, чем в В звездах Главной Последовательности. Эти различия могут быть сигналом затухания действия динамо в процессе эволюции. Для звезд поздних типов X-ray светимость и магнитная активность тоже уменьшается с возрастом [13].

Работа выполнена в рамках проекта 0.0674

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Gudel M., Naze Y.* X-Ray Spectroscopy of Stars. *A&A*. 2009.V.17.P.309.
- [2] *Oskinova L.M., Todt H., Ignace R.* et.al. Early magnetic B-type stars: X-ray emission and wind properties//[arXiv:1106.0508v1](https://arxiv.org/abs/1106.0508v1)
- [3] *Gagné M.* et al. Chandra HETGS multiphase spectroscopy of the young
- [4] magnetic O star θ 1 Orionis C.// *The Astrophysical Journal* 2005.V.628.P.986
- [5] *Cohen DH.* et al. (2003) High-resolution Chandra spectroscopy of τ Scorpii: A narrowline X-ray spectrum from a hot star. *The Astrophysical Journal* 586:495–505.)
- [6] *Skinner SL.* et al. High-resolution Chandra X-ray imaging and spectroscopy of
- [7] the σ Orionis cluster. // *The Astrophysical Journal* . 2008.V.683.P.796.
- [8] *Telleschi A., Manuel G`udel M., Briggs K.R.* et.al The first high-resolution X-ray spectrum of a Herbig Star: The case of AB Aurigae // *A&A* 2007.-V.468. - P.541
- [9] *Oskinova L.M., Clarke D., Pollock A.M.T.*, *A&A* **378**, L21 (2001).

- [10] Naz' e Y., *et al.*, *A&A* 2010. V. 520, P.59.
 [11] Oskinova L.M., Naz' e Y., Todt H. et.al. A new type of X-ray pulsar// *NatCo* 2014 V.5 id. 4024
 [12] 10. Hamidouche M., Wang Shiya, Looney Leslie W. The X-RAY orion of Herbig AeBe
 [13] systems: new insights// *Astron.J.* 2008. V. 135. P.1474
 [14] 11. Petit V., Cohen D.H., Wade G.A. et.al. X-ray emission from the giant magnetosphere of
 [15] O-type star NGC 1624-2.// *MNRAS*. 2015. V.453.P.3288
 [16] 12. Getman K.V., Feigelson E.D., Micela G. et.al. X-Ray flares in Orion Young Stars. II.
 [17] Flares, Magnetospheres, and Protoplanetary Disks// *Ap.J.* 2008. V.688. P.437.
 [18] 13. Fairlamb R. D. Oudmaijer R.D., Mendigut' ia I. et.al. A spectroscopic survey of Herbig
 [19] Ae/Be stars with X-Shooter I: Stellar parameters and accretion rates. *MNRAS*-2015.-V453.P.976

REFERENCES

- [1] *Gudel M., Naze Y. X-Ray Spectroscopy of Stars. A&A. 2009. V.17.P.309. (in Eng.)*
 [2] Oskinova L.M., Todt H., Ignace R. et.al. Early magnetic B-type stars: X-ray emission and wind properties. **arXiv:1106.0508v1** (in Eng.)
 [3] Gagné M, et al. Chandra HETGS multiphase spectroscopy of the young magnetic O star θ 1 Orionis C. **The Astrophysical Journal**. 2005. V.628.P.986 (in Eng.)
 [4] Cohen DH, et al. (2003) High-resolution Chandra spectroscopy of τ Scorpii: A narrowline X-ray spectrum from a hot star. **The Astrophysical Journal** 586:495–505. (in Eng.)
 [5] Skinner SL, et al. High-resolution Chandra X-ray imaging and spectroscopy of
 [6] the σ Orionis cluster. **The Astrophysical Journal** . 2008. V.683.P.796. (in Eng.)
 [7] Telleschi A., Manuel G' udel M., Briggs K.R., et.al. The first high-resolution X-ray spectrum of a Herbig Star: The case of AB Aurigae. **A&A** 2007. V.468. P.541 (in Eng.)
 [8] Oskinova L.M., Clarke D., Pollock A.M.T. **A&A** 378, L21 (2001). (in Eng.)
 [9] Naz' e Y., *et al.*, **A&A** 2010. V. 520, P.59. (in Eng.)
 [10] Oskinova L.M., Naz' e Y., Todt H. et.al. A new type of X-ray pulsar. **NatCo** 2014 V.5 id. 4024 (in Eng.)
 [11] 10. Hamidouche M., Wang Shiya, Looney Leslie W. The X-RAY orion of Herbig AeBe
 [12] systems: new insights. **Astron.J.** 2008. V. 135. P.1474 (in Eng.)
 [13] 11. Petit V., Cohen D.H., Wade G.A. et.al. X-ray emission from the giant magnetosphere of
 [14] O-type star NGC 1624-2. **MNRAS**. 2015. V.453.P.3288 (in Eng.)
 [15] 12. Getman K.V., Feigelson E.D., Micela G. et.al. X-Ray flares in Orion Young Stars. II.
 [16] Flares, Magnetospheres, and Protoplanetary Disks. **Ap.J.** 2008. V.688. P.437 (in Eng.)
 [17] 13. Fairlamb R. D. Oudmaijer R.D., Mendigut' ia I. et.al. A spectroscopic survey of Herbig
 [18] Ae/Be stars with X-Shooter I: Stellar parameters and accretion rates. *MNRAS*.2015. V.453.P.97. (in Eng.)

ӨОЖ: 524.5

Л.А. Павлова, Э.Я. Вильковиский

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы қ., Қазақстан

ЖАС ЖҮЛДЫЗДАРДА X-ray ЭМИССИЯЛАР ҚҰРЫЛУЫНЫҢ НЕГІЗГІ МЕХАНИЗМДЕРІ

Аннотация. Соңғы 35 жылда рентгендік (X- γ) эмиссия Бас Жүйелілікте өтетін жұлдыздардың барлық түрлерінде табылды. Күнде қарағанда ауқымды жұлдыздарда плазма аймағында жоғары температура құра отырып, әртүрлі ағымдар соқтығысуы кезінде соғылу толқындары құрылу кезі аралығында тамаша жұлдыз желі бақыланады. Ғарыштық телескоптар бақылаулары бойынша көптеген үлкен жұлдыздарда іргелі жұлдыздық пульсация кезеңімен жиі сәйкес келетін сәулелену пульсациясы табылды. Қазіргі таңда әртүрлі массадағы жұлдыздарда X- γ эмиссия табиғатын түсіндіру үшін Бас Жүйелілікке дейін барлық жұлдыздарға тән кейбір процестер қарастырылады: жұлдыз беткі қабаты жөнінде аккрециялық соққылар, жұлдыздық өтулерде X- γ эмиссия қайта сәулелену және/немесе соққы жылуы арқасында жұлдыз маңындағы дискілерде флюоресценциясы. Бұл процестер тұтасымен жұлдыздардың магниттік белсенділігімен байланысты және энергия және температураның әртүрлі ортасы және әртүрлі шкалаларында жұмыс істейді. Әртүрлі жас объектілер үшін, X- γ пульсация үлкен амплитудамен оптикалық пульсация фазасымен сәйкес келеді. X- γ аймағында жарық талдауы жұлдыз радиусы минималды кезде сол сәтте айтарлықтай жарық бақыланатынын көрсетті. Жаңа бақылаулар ішкі дискісі жас жұлдыздар магнитосферасымен шектелген жұлдыз-диск магниттік өзара әрекеттің үлгісімен келісілетін қатты айналатын диск созылыңқы короналды X- γ ілмекті анықтауға мүмкіндік берді.

Тірек сөздер: жас жұлдыздар, X- γ эмиссия, масса жоғалту, аккреция, пульсация.

Сведение о авторе:

Павлова Лариса Андреевна - канд. физ.-мат. наук, Дом. Адрес: Алматы, Обсерватория д.20 кв.5 д/т 2607468, Место работы- ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова»;

Вильковиский Э.Я. - доктор физ.-мат. Наук, профессор, Дом. Адрес: Алматы, Обсерватория д.20 кв.5 д/т 2607468, Место работы- ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова»