

УДК 524.3;524.35

О МЕХАНИЗМАХ, РАЗДЕЛЯЮЩИХ ЗВЕЗДЫ НА НОРМАЛЬНЫЕ И ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫЕ

© 2017 Ю. В. Глаголевский*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 28 апреля 2017 года; принята в печать 5 октября 2017 года

В работе приводятся доводы в пользу предположения, что магнитные и немагнитные протозвезды, из которых сформировались CP-звезды, — это те объекты, которые имели скорости вращения родительского облака V меньше критической величины V_c . При V больше критической величины в протозвездном коллапсирующем облаке возникает дифференциальное вращение, закручивающее магнитные силовые линии в «невидимую» тороидальную форму и нарушающее стабильность атмосферы. У магнитных протозвезд потеря момента вращения происходит вследствие магнитного торможения, у металлических протозвезд потеря момента вращения происходит вследствие приливных взаимодействий с тесным компонентом. HgMn-звезды, скорее всего, не подвергались воздействию какого-либо механизма торможения, а возникли из самых медленных протозвездных ротаторов. Граница V_c , на которой возникает дифференциальное вращение, не является резкой. Чем медленнее вращается протозвезда, тем больше вероятность прекращения дифференциального вращения и больше вероятность формирования CP-звезды.

Ключевые слова: *звезды: магнитные поля — звезды: химически пекулярные*

1. ВВЕДЕНИЕ

Давно известно, что магнитные Ap-, металлические Am-, HgMn-звезды и другие химически пекулярные (CP) объекты обладают характерным свойством — медленным относительно нормальных звезд вращением. Стемпиен [1], затем Стемпиен и Ландстрит [2] приводили аргументы в пользу гипотезы, что магнитные химически пекулярные звезды могли потерять момент вращения под действием магнитного поля до Главной последовательности (ГП). При этом предполагалось, что потеря момента вращения должна быть больше у звезд с малыми массами, потому что их время эволюции до ГП больше. Действительно, в работе [3] показано, что степень торможения магнитных протозвезд обратно пропорциональна их массе и пропорциональна величине магнитного поля. Но как быть с немагнитными химически пекулярными звездами? Первейшая проблема состояла всегда в том, чтобы объяснить, почему быстро вращающиеся ($50\text{--}250\text{ км с}^{-1}$) звезды имеют нормальный химический состав, тогда как у медленно вращающихся звезд ($0\text{--}100\text{ км с}^{-1}$) химический состав аномальный. Можно было заподозрить, что малая скорость вращения необходима для формирования Ap, Am, HgMn и других химически пекулярных

звезд. Давно уже предполагалось, что магнитные Ap-звезды потеряли момент вращения вследствие наличия магнитного поля, а в тесных двойных системах Am-звезд потеря момента вращения могла происходить вследствие приливных взаимодействий [4, 5]. Рассмотрим эти проблемы подробно.

2. ВЕРОЯТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПОТЕРИ МОМЕНТА ВРАЩЕНИЯ

Ap-звезды. Частота встречаемости тесных спектроскопических двойных среди магнитных Ap-звезд — 20%, что для Si-, SrCrEu-звезд очень малая величина [6]. В то же время количество визуальных двойных представляется нормальным для всех подгрупп CP-звезд. Таким образом, среди CP-звезд SrCrEu- и Si-типов, имеющих сильные магнитные поля, нет тесных двойных с малым разделением — $10^6\text{--}10^9\text{ км}$ [6]. Следовательно, медленное вращение магнитных Ap-звезд не может быть результатом приливных взаимодействий. Все Ap-звезды наблюдаются в системах с большим разделением — $10^{10}\text{--}5 \times 10^{11}\text{ км}$ (таблица 1). И можно заключить, что малые скорости вращения у CP-звезд скорее обусловлены потерей момента вращения родительского намагниченного облака при участии магнитного поля [3, 7], а не приливным взаимодействием в протозвездной фазе.

*E-mail: glagol@sao.ru

HgMn-звезды. Для HgMn-звезд частота встречаемости тесных двойных 40% считается нормальной [6]. Кроме того, HgMn-звезды (как и все Ar звезды) наблюдаются в системах с большим разделением, 10^{10} – 5×10^{11} км. Таким образом, среди HgMn-объектов тесных пар мало, и потеря момента вращения путем тесного взаимодействия происходить не может, так же, как и не могло быть магнитного торможения (таблица 1). В качестве предварительной гипотезы можно предположить, что родительские протозвезды изначально имели малые скорости вращения.

Am-звезды являются членами спектрально-двойных систем с наиболее часто наблюдаемым периодом около четырех дней, т.е. все они короткопериодические [8]. А значит, среди Am-звезд могли возникнуть условия для торможения приливными взаимодействиями в стадии гравитационного коллапса (таблица 1). Однако среди нормальных звезд, которые занимают ту же область A4–F2IV,V, что и Am-звезды, все двойные имеют периоды больше 100 дней, и среди нормальных звезд A-типа нет короткопериодических двойных [8] (см. таблицу 1). Так что Am-звездами стали, скорее всего, только те объекты, родительские протозвезды которых имели близкий компаньон. На основании вышеизложенного можно заключить, что приливное взаимодействие, вызванное членством в тесных двойных системах ($P < 100$ дней), приводит к малым скоростям вращения, в то время как одиночные звезды или члены широких двойных имеют большие вращательные скорости. Это позволило Абту [8] сделать общее предположение, что именно медленное вращение является критическим свойством, позволяющим появляться пекулярностям в Am-звездах.

В работе [3] обсуждалась проблема торможения протозвездных магнитных облаков магнитным полем. Показано, что наиболее благоприятные условия для этого возникают именно в фазах эволюции до нестабильной фазы Хаяши. Магнитные медленные ротаторы образуются в результате торможения протозвездного облака магнитным полем. В то же время немагнитные медленные ротаторы Am-типа возникают из-за торможения протозвездных облаков в тесных двойных системах вследствие приливных взаимодействий, поэтому немагнитными медленными ротаторами Am-типа становятся только те протозвезды, у которых был близкий компаньон.

Немагнитные медленные ротаторы HgMn-типа не могли затормозиться ни магнитным полем, ни путем приливных взаимодействий с тесным компонентом. Остается предположить, что, в отличие от Ar- и Am-звезд, HgMn-звезды должны, по видимому, происходить из самых медленных ротаторов.

3. ВЕРОЯТНЫЙ МЕХАНИЗМ ОТДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ ЗВЕЗД

Почему для формирования химически пекулярных звезд необходимо медленное вращение? В работе [8] Абт высказал идею о том, что, если аномальные спектры химически пекулярных звезд указывают на реальные аномалии содержания химических элементов в их поверхностных слоях, то быстрое вращение нормальных звезд может вызывать меридиональную циркуляцию (в стадии эволюции на ГП), которая «размешивает» аномальное поверхностное вещество до нормального содержания. В нашей версии [3] эта проблема рассматривается с другой точки зрения, а именно: при быстром вращении магнитной и немагнитной CP-протозвезды на стадии гравитационного коллапса возникает дифференциальное вращение, которое закручивает магнитное поле в тороидальный вид, формируя таким образом «нормальные» протозвезды. В медленных магнитных и немагнитных ротаторах этого не происходит [9, 10], магнитное поле сохраняется. Медленное вращение способствует также стабилизации атмосферы, в которой развиваются известные диффузионные процессы.

В дальнейшем при построении разных зависимостей мы использовали данные о $v \sin i$ из таблицы 2. К сожалению, после классических работ Абта и его сотрудников никто не занимался систематическими измерениями $v \sin i$. Можно найти информацию только для отдельных звезд. По нашим предварительным данным [11], а также в соответствии с рис. 1a–1d, звезды разных типов пекулярности имеют максимальную скорость вращения в среднем $v_{\max} \approx 175 \text{ км с}^{-1}$ (здесь и далее $v \sin i$ представляет собой проекцию экваториальной скорости вращения v звезды на луч зрения, i — угол между осью ее вращения и лучом зрения). Середина всех распределений $N_{\text{tot}} - v \sin i$ приходится на $v \sin i \approx 50 - 75 \text{ км с}^{-1}$ при максимуме примерно на $20 - 25 \text{ км с}^{-1}$. Величина $v \sin i$ зависит от угла i , поэтому рассматриваемые графики, в которых использованы данные для большого количества звезд, соответствуют некоторому среднему значению угла. В работе [3] показано, что граница перехода между магнитными и нормальными звездами приходится на величину периода вращения $P \approx 1^{\text{д}}$, что соответствует средней величине $v \sin i \approx 50 \text{ км с}^{-1}$. Мы не знаем периодов вращения немагнитных CP-звезд и не можем найти для них граничную величину $\lg P$, но, исходя из того, что форма распределения $N - v \sin i$ у немагнитных CP-звезд примерно такая же, как и у магнитных, как это видно из работы [11] и на рис. 1, имеем полное основание предполагать, что для всех CP-звезд, магнитных и немагнитных, граничная

Таблица 1.

Свойство	Нормальные А-звезды	Am	Ap	HgMn
Вид спектра	Нормальный	Пекулярный	Пекулярный	Пекулярный
Вращение	Быстрое	Медленное	Медленное	Медленное
Кратность (тесные двойные)	Нет	Практически все	Нет	Нет
Кратность (широкие двойные)	Есть	Нет	Есть	Есть

величина равна $\lg P \approx 0$ [d], причем она соответствует величине $v \sin i \approx 50 \text{ км с}^{-1}$. Это указывает на наличие единого механизма, отделяющего нормальные звезды от химически пекулярных. Мы предполагаем, что этот механизм — дифференциальное вращение, возникающее в протозвездном облаке при превышении критической скорости его вращения.

На рис. 2 показано распределение нормальных звезд IV–V классов светимости по скоростям вращения в диапазоне спектральных классов B0–F5, т.е. в том же диапазоне, в котором находятся CP-звезды (рисунок построен по данным из работы [2]). Хорошо заметно резкое различие между распределениями для нормальных и пекулярных звезд. Очевидно, что оно обусловлено разными механизмами их формирования. Рассматривая зависимости $N - v \sin i$ для звезд разных типов пекулярности, приведенные на рис. 1, а также в работе [11], видим, что они задают в первом приближении распределение звезд по скоростям вращения. Отсюда следует, что чем меньше скорость вращения, тем больше вероятность образования CP-звезд [11]. Форма распределения не зависит от механизма торможения. Скорее всего, она определяется шириной и профилем границы разделения нормальных и CP-звезд. Граница нерезкая, причем чем медленнее звезда вращается, тем больше вероятность остановки дифференциального вращения и, соответственно, больше число будущих CP-звезд. При сдвиге в сторону больших скоростей граница становится более размытой, и CP-звезд в этой области меньше. Вследствие нечеткости границы разделения встречаются звезды с периодом вращения, меньшим граничной величины $P < 1^d$. Итак, разделение CP- и нормальных звезд (на стадии протозвезд) зависит только от скорости вращения. CP-звезды — это те объекты, которые имели скорости вращения родительского облака V меньше критической величины V_c ($V < V_c$). Очевидно также, что магнитное поле не влияет заметно на процесс разделения, т.к. форма зависимостей на рис. 1 для всех типов CP-звезд примерно одинакова [11]. Таким образом, малая скорость вращения является необходимым условием для отделения CP-звезд от

нормальных. С другой стороны, малая скорость вращения является необходимым условием для формирования аномального химического состава. Основываясь на теории меридиональной циркуляции [12, 13], Мишо [14] нашел, что в Ap-звездах может возникнуть диффузия только при скорости вращения менее 90 км с^{-1} , а в Am-звездах — менее чем примерно 120 км с^{-1} [15]. При больших скоростях появляется активная меридиональная циркуляция, которая нарушает условия возникновения диффузионных процессов. Очевидно, что это происходит и у магнитных, и у немагнитных CP-звезд в одинаковой степени. Такова возможная двойственность роли вращения в формировании химически пекулярных звезд.

Вероятно, диапазон скоростей вращения протозвездного облака, в котором происходит формирование дифференциального вращения, в небольшой степени зависит от массы. Для звезд He-g+He-w он явно шире (см. рис. 1b). У некоторых звезд момент возникновения дифференциального вращения приходится на очень большие скорости (SrCrEu-, HgMn-звезды).

4. СТАДИЯ ЭВОЛЮЦИИ, В КОТОРОЙ ПРОИСХОДИТ РАЗДЕЛЕНИЕ

Важно понять, на какой стадии эволюции происходит разделение звезд. Очевидно, длительность фазы потери момента вращения магнитной протозвездой с участием магнитного поля ограничивается началом нестабильной фазы Хаяши, в которой магнитные силовые линии запутываются, и глобальное дипольное магнитное поле ослабляется. Необходимо также, чтобы граница $\lg P \approx 0$ [d] была достаточно устойчивой: в нестабильной фазе граница была бы неопределенной. Следовательно, процесс перехода магнитной протозвезды в нормальную ограничивается тоже этим моментом. Что касается Am-звезд, то следует рассмотреть условия формирования тесных пар. Механизм формирования двойных звезд обсуждается в работе [16]. Согласно модели гравитационного коллапса вращающихся протозвездных облаков, на этом этапе возможно формирование двойных

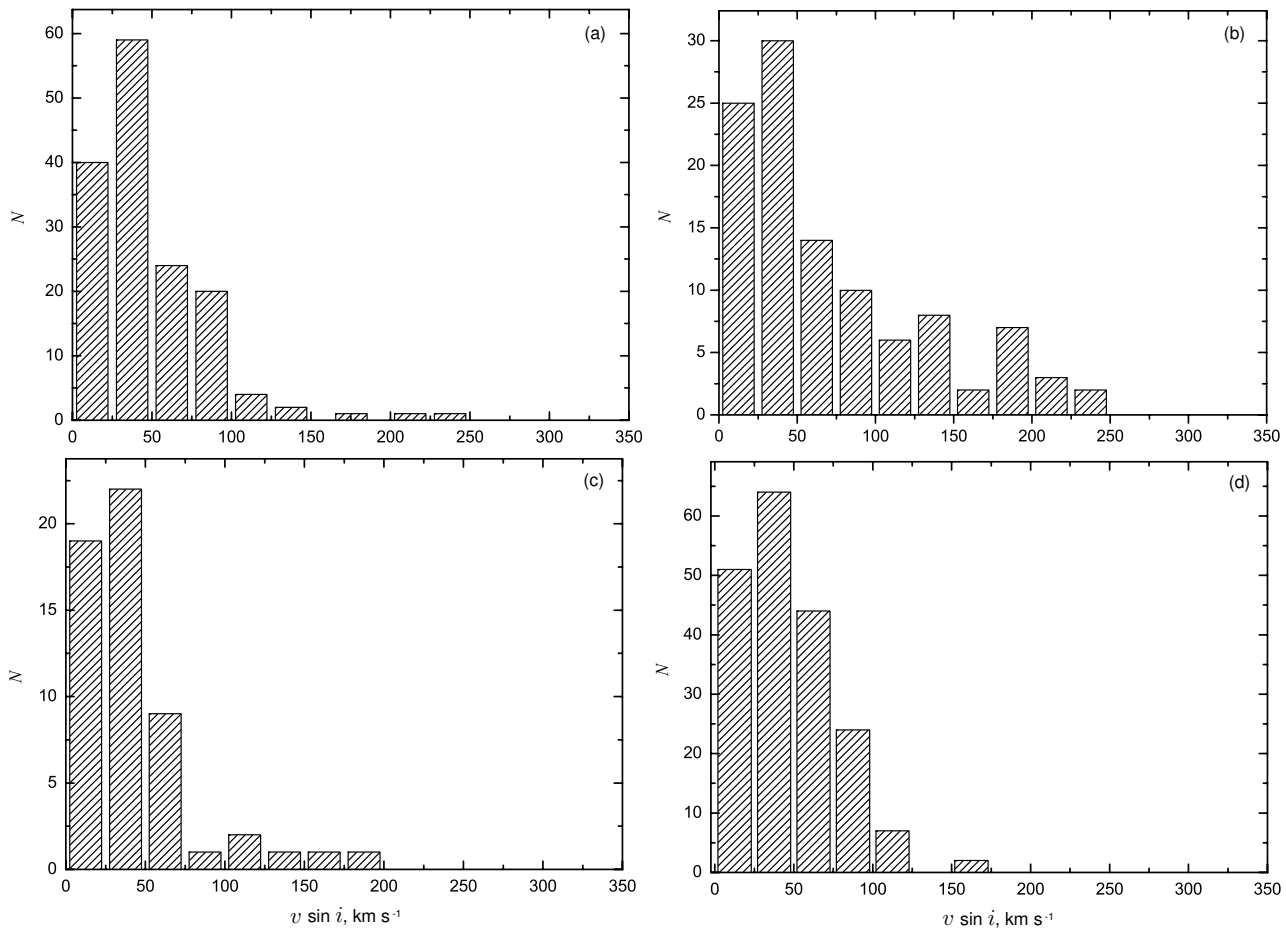


Рис. 1. Распределение химически peculiarных звезд по скоростям вращения: (a) — SrCrEu-звезды, (b) — He-r+He-w-звезды, (c) — HgMn-звезды, (d) — Am-звезды.

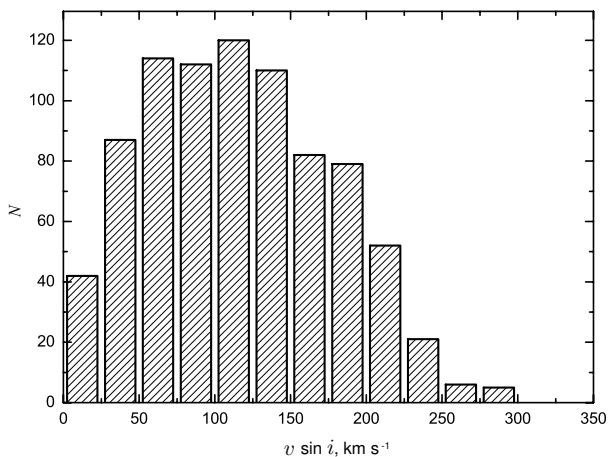


Рис. 2. Распределение нормальных звезд по скоростям вращения.

систем [17]. Основной результат состоит в том, что, если удельный угловой момент протозвездного облака $l > 10^{20} (M/M_{\odot})^{23} \text{ см с}^{-1}$, то центральная часть разделится, возникнет два ядра.

И в зависимости от величины l сформируются тесные или широкие пары. Вероятно, и замедление Am-протозвезд происходит до нестабильной фазы Хаяши. Механизм разделения един, так как граница разделения практически одинакова для всех типов CP-звезд, как это видно при сравнении формы распределений $N - v \sin i$ (рис. 1a–1d). Достаточно надежно установлено [3], что магнитные звезды приобрели малые скорости вращения еще на стадии коллапса протозвездных облаков из-за торможения магнитным полем. Am-звезды тормозятся из-за приливных взаимодействий с тесным компонентом, и не совсем ясно, на какой стадии эволюции это происходит. Однако, учитывая, что граница $\lg P \approx 0$ [d] такая же, как для Ap-звезд, можно предположить, что и стадия та же, т.е. промежуток времени от начала гравитационного коллапса до нестационарной фазы Хаяши. Можно заключить, что, в отличие от Ap- и Am-, HgMn-звезды должны формироваться из самых медленных ротаторов распределения. Из тех же соображений и момент разделения, по-видимому, такой же, как у Ap- и Am-звезд.

5. ЗАМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ 2

Рисунки 1a–1d и рис. 2 построены по данным из таблицы 2, куда включено большое количество новых оценок $v \sin i$, по сравнению с работой [11], поэтому зависимости стали более четкими. Для $v \sin i \approx 0 - 10 \text{ км с}^{-1}$ измерения, как правило, неуверенные. Список далеко не полный, но достаточный для выполнения нашей задачи. В первом столбце таблицы 2 указан номер звезды, во втором — тип пекулярности, в третьем — оценки величин $v \sin i$, взятые из разных источников, приведенных в пятом столбце, а в четвертом даны средние величины $v \sin i$.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принимая во внимание все вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Медленное вращение магнитных и немагнитных протозвезд, из которых формируются CP-звезды, является необходимым условием отделения от них нормальных быстровращающихся протозвезд. Магнитные и немагнитные протозвезды, из которых сформировались CP-звезды, — это те объекты, которые имели скорости вращения родительского облака V меньше критической

величины V_c ($V < V_c$). При V больше критической в протозвездном коллапсирующем облаке возникает дифференциальное вращение, закручивающее магнитные силовые линии в тороидальную форму и нарушающее стабильность атмосферы.

2. Процесс разделения протозвезд происходит, скорее всего, до нестабильной фазы Хаяши, потому что в нестабильной стадии, а также в стадии молодой лучистой звезды вряд ли это возможно.

3. Одним из самых важных факторов, определяющих происхождение и эволюцию магнитных и немагнитных CP-звезд, является действие механизма потери их момента вращения. У магнитных протозвезд это происходит вследствие магнитного торможения, у металлических протозвезд причиной потери момента вращения являются приливные взаимодействия с тесным компонентом. Что касается HgMn-звезд, то можно предположить, что они не подвергались влиянию какого-либо механизма торможения, а возникли из самых медленных протозвездных ротаторов.

4. Граница V_c , на которой возникает дифференциальное вращение, не является резкой. Чем медленнее вращается протозвезда, тем больше вероятность прекращения дифференциального вращения.

Таблица 2.

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
315	Si	70, 70	70	[18, 19]
358	HgMn	52, 50, 53	52	[20–22]
952	Si	65	65	[19]
965	SrCrEu	90	90	[20]
1048	Si	65, 20	42:	[19, 23]
2453	SrCrEu	0	0	[19]
3322	HgMn	15, 25	20	[19, 21]
3326	SrCrEu	98	98	[19]
3360	He-r	17, 22, 10, 16	16	[18, 20, 21, 24]
3580	Si	90	90	[25]
4058	Am	40, 73, 60	58	[19, 24, 26]
4335	HgMn	15	15	[21]
4778	SrCrEu	33	33	[19]
5128	Am	28	28	[19]
5737	He-w	7, 20, 0	9	[20, 21, 24]
6116	Am	35	35	[19]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6658	Am	73, 84, 103	87	[19, 20, 24]
6668	Am?	70	70	[19]
6783	Si	<30	<30	[25]
6397	SrCrEu	6, <10	8	[18, 20]
7374	HgMn	25, 28	26	[21, 23]
7853	Am	47	47	[19]
8374	Am	33, 70	35	[19, 20]
8783	SrCrEu	<30	<30	[25]
8801	Am	68	68	[19]
9030	Am	75, 75	75	[19, 20]
9298	HgMn	50	50	[21]
9484	Si	15	15	[19]
9531	Si	215:, 150, 175	180	[20, 21, 23]
9996	SrCrEu	23, 50, 20, 21	28	[19–21, 23]
10221	Si+	10, 39, 30, 27, 18	19	[19, 20, 24–26]
10783	Si+	20, 25	22	[27, 28]
10840	Si+	<30	<30	[25]
11291	HgMn	25	25	[21]
11502(1)	Si+	115, 45, 152, 182	123	[18–20, 24]
11503(2)	Si+	185, 51, 100, 60, 62	92	[19–21, 24, 28]
11529	He-w	34, 30, 15, 36, 16	26	[20–22, 24, 28]
11415	He-w	24, 30, 37	30	[20, 21, 28]
11905	HgMn	40	40	[21]
12288	SrCrEu	0	0	[19]
12447	Si+	49, 70, 87, 56	65	[18–20, 23]
12767	Si	35, 87, 45, 61, 60	58	[19–21, 23, 24]
12869	Am	10, 16, 0	9	[19, 20, 24]
13372	Am	15	15	[19]
14171	Si+	20, 30	25	[19, 21]
14392	Am	70, 90, 105:, 88, 91	89	[19, 21–23, 28]
14437	SrCrEu	3.3	3.3	[29]
15089	SrCrEu	40, 51, 43, 17	38	[19, 20, 23, 24]
15144	SrCrEu	23, 18, 20	20	[19, 23, 28]
16004	HgMn	30	30	[21]
16605	Si?	13	13	[28]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
16693	Si	22	22	[28]
16705	He-w	75	75	[28]
16727	HgMn	20	20	[21]
16728	Si	84	84	[28]
16769	Am	30, 35	32	[19, 26]
17471	Si	46	46	[18]
17581	Am?	18	18	[19]
18078	SrCrEu	0.07	0.07	[30]
18296	Si+	10, 5, 25, 14	13	[19–21, 23]
18473	Si	75	75	[26]
18557	Am	15	15	[19]
18769	Am	43	43	[19]
19400	He-w	44	44	[20]
19805	He-w	20, 15	17	[20, 28]
19832	Si	103, 85, 110, 128	106	[18, 19, 21, 23]
20135	Si	35, 27	31	[20, 28]
20210	Am	13	13	[19]
20283	Si?	215:	215:	[19]
20320	Am	71, 68, 70	70	[19, 20, 24]
21699	He-w	59, 35, 52, 37, 40, 35	43	[20, 21, 24, 28, 31, 32]
21877	Am?	60	60	[20]
21912	Am	91, 100	95	[19, 26]
22114	He-w	75	75	[28]
22136	He-w	25, 27	26	[20, 28]
22327	He-w	75	75	[28]
22374	SrCrEu	5	5	[28]
22401	SrCrEu	35, 37	36	[20, 28]
22470	He-w	65, 190, 60, 65, 188	114	[19–21, 23, 24]
22488	SrCrEu	125	125	[25]
22920	He-w	121, 30, 121, 120	98:	[20, 21, 23, 24]
23277	Am	41, 40	40	[19, 24]
23207	SrCrEu	<30	<30	[25]
23387	He-w	23, 27	25	[18, 28]
23408	He-w	38, 30	34	[20, 21]
23850	He-w	182, 212, 170, 180	186	[18, 20, 21, 24]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
23950	He-w	102, 55, 70, 75	75	[20, 21, 24, 28]
23964	He-w	39, 18	25	[18, 28]
24155	Si	47, 35, 52	45	[18, 21, 22]
24188	Si	<30	<30	[25]
24321	He-w	180	180	[28]
24712	SrCrEu	<10	<10	[19]
24769	Si	70, 110, 60	80	[18, 20, 21]
25267	Si	20, 34, 30, 22, 22	26	[19–21, 23, 24]
25425	Am?	40	40	[20]
25823	Si	15, 21, 25, 18, 23	20	[19–21, 23, 28]
26553	Am	<10, 50	<30	[19, 20]
26571	Si	20	20	[21]
26591	Am	25, 45	35	[19, 26]
26961	Si	70, 81, 85, 95	83	[19, 20, 24, 26]
27045	Am	68, 60, 60	63	[19, 20, 24]
27295	HgMn	10, 2, 20, 9, <10	10	[19–21, 28]
27309	Si+	44, 35, 46, 44, 43	42	[18–20, 23, 28]
27376	HgMn	20, 40	30	[21, 24]
27411	Am	18	18	[19]
27463	SrCrEu	40	40	[25]
27628	Am	25, 15	20	[19, 20]
27749	Am	15, <12, <30	<19	[19, 20, 24]
28204	Am?	23	23	[19]
28226	Am	93, 100, 110	101	[19, 20, 24]
28299	Si	<30	<30	[25]
28546	Am	31, 23, 46	33	[19, 20, 24]
28929	HgMn	55	55	[21]
29009	Si	55	55	[21]
29140	Am	28, 25	26	[19, 24]
29305	Si	157, 82, 175	138	[20, 23, 24]
29479	Am	53, 75	64	[19, 24]
29573	Am	31, 43, 40	38	[19, 20, 24]
30121	Am	65, 68, 70	68	[19, 20, 24]
30210	Am	63, 64, 86	71	[19, 20, 24]
30453	Am	15	15	[19]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30612	Si	<30	<30	[25]
31225	SrCrEu	<30	<30	[25]
31592	Am	170	170	[20]
32428	Am	68	68	[19]
32549	Si	34, 30, 36, 33, 29, 43	34	[18–20, 23, 24, 28]
32633	Si+	23, 20	21	[33, 34]
32650	Si	15, 50, 26, 47	34	[19, 20, 23, 24]
33054	Am	35, 52, 56	48	[19, 20, 24]
33204	Am	45, <30	37	[19, 20]
33647	HgMn	32	32	[21]
33641	Am	81, 83, 84	83	[19, 20, 24]
33654	Si	50, 46	48	[19, 20]
33904	HgMn	<10, 0, 0, 21	8	[19, 20, 24, 28]
33959	Am	21, 33	27	[19, 20]
34060	Si+	65	65	[25]
34317	Am	65	65	[19]
34452	Si	40, 44, 65, 46, 57	50	[19, 20, 22–24]
34533	Am	15	15	[19]
34631	Si	<30	<30	[24]
34719	Si	37, 57	47	[18, 28]
34736	Si?	81, 73	77	[27, 28]
34797	He-w	80, 72, 30	61	[20, 23, 24]
34880	HgMn	45	45	[21]
35298	He-w	260?, 57	57	[20, 35]
35456	He-w	55	55	[35]
35497	He-w	68, 60, 62	63	[20, 21, 24]
35502	He-w	80, 290	185:	[18, 20]
35548	HgMn	25	25	[21]
35693	SrCrEu	77	77	[18]
35708	He-r	27, 10, 30	22	[20, 21, 24]
35730	He-w	58, 72	65	[20, 24]
35912	He-r	12, 32, 58	34	[18, 20, 24]
36404	HgMn	30	30	[21]
36430	He-r	25, 15, 38	26	[20, 21, 24]
36485	He-r	32, 85, 35	51	[18, 20, 21]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
36499	Am	85	85	[19]
36629	He-w	5, 30, 11	15	[20, 24, 36]
36881	HgMn	20	20	[21]
36916	He-w	35	35	[24]
36982	He-r	80	80	[18]
37017	He-r	90, 150, 165, 85, 158	130	[18, 20, 21, 23, 24]
37022	O	24, 100	100:	[18, 24]
37043	He-w	122, 119	121	[20, 24]
37058	He-w	25, 5, 30	20	[18, 20, 24]
37098	Si	50	50	[21]
37129	He-w	50, 70	60	[20, 24]
37479	He-r	170, 165	167	[18, 21]
37519	HgMn	195	195	[21]
37742	O9.5 Ib	127, 140	132	[20, 24]
37752	HgMn	35	35	[21]
37776	He-r	95, 145, 155	132	[18, 20, 24]
37808	Si	30, 45	37	[21, 25]
38104	SrCrEu	21, 43, 40, 37	35	[19, 20, 24, 28]
38471	Si	30	30	[25]
38478	HgMn	55	55	[21]
38719	SrCrEu	50	50	[25]
39317	Si+	35, 30, 32	32	[18, 19, 23]
39353	Si	95	95	[25]
39916	He-w	35	35	[25]
40062	Am	85	85	[19]
40312	Si	52, 49	50	[20, 23]
40394	Si+	10	10	[19]
40536	Am	48, 43, 25	39	[19, 20, 24]
40932	Am	18, 23, 15	19	[19, 20, 24]
41269	Si	85, 75	80	[21, 23]
41357	Am	61, 44, 41	49	[19, 20, 24]
42326	SrCrEu	75	75	[25]
42477	Si	220	220	[18]
42509	Si	85, 92	88	[21, 26]
42536	SrCrEu	25, 60	42	[19, 25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
42657	HgMn	65	65	[21]
42695	Si	70	70	[25]
43819	Si	23, 10, 55, 20	27	[18–21]
44293	Si+	<30	<30	[25]
44691	Am	21, 30	26	[19, 26]
44953	He-w	30, <30	30	[21, 26]
45229	Am	0	0	[20]
45439	Si	105	105	[25]
46052a	Am	35, 41, 68	48	[19, 20, 24]
46052b	Am	39	39	[20]
46462	Si	<30	<30	[26]
47116	Si	<30	<30	[25]
47152	SrCrEu	25, 325?	25	[19, 20]
47756	Si+	30	30	[21]
47777	He-r	65	65	[18]
48915	Am	15, 0, 16.2	10	[19, 20, 37]
49606	He-w	20, 35	27	[21, 22]
49333	He-w	65, 65, 60	63	[21, 22, 25]
49976	SrCrEu	23, 23	23	[19, 23]
50204	Si	40	40	[21]
50643	Am	13	13	[19]
51688	He-w	120., 35, 50	>42	[20–22]
52993	Si	145, 145	145	[24, 26]
54118	Si	0	0	[20]
55719	SrCrEu	66	66	[20]
55892	SrCrEu	54	54	[23]
56022	SrCrEu	46, 28	37	[20, 23]
56273	Si	60	60	[25]
56350	SrCrEu	40	40	[25]
56809	SrCrEu	80	80	[25]
56820	Am	28	28	[19]
56907	Si	<30	<30	[25]
57219	He-r, w	124	124	[20]
58260	He-r	12	12	[18]
58292	Si	<30	<30	[25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
58448	Si	65	65	[25]
58661	HgMn	30	30	[21]
56022	Si	46, 42	44	[20, 38]
59256	SrCrEu	75, 95	85	[19, 21]
59435	SrCrEu	0.15	0.15	[35]
60178	Am	20	20	[37]
60179	Am	10, 0, 19	10	[19, 24, 37]
60489	Am	15	15	[19]
60559	Si	<30	<30	[25]
60652	Am	63	63	[19]
60966	Si	65	65	[25]
62140	SrCrEu	18, 23	20	[19, 34]
62317	Si	<30	<30	[25]
62510	Si	100, 110, 90	100	[18–20]
62530	SrCrEu	60	60	[25]
62535	Si+	<30	<30	[25]
62553	SrCrEu	55	55	[25]
62556	SrCrEu	35	35	[25]
62640	Si	45	45	[26]
62714	He-r	<30	<30	[25]
63401	Si	50	50	[25]
63589	Am	31, 40	36	[19, 20]
63975	HgMn	28	28	[37]
64486	Si	35	35	[20]
64784	Si	25	25	[26]
64740	He-r	160, 274, 160	198	[18, 20, 23]
64684	Si	25	25	[26]
65339	SrCrEu	15	15	[19]
65836	SrCrEu	30	30	[25]
66522	He-r	10	10	[18]
66546	Si	160	160	[26]
66698	Si+	<30	<30	[25]
66624	Si	104, 98	101	[20, 24]
67835	Si	30	30	[25]
68292	Si	<30	<30	[26]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
68351	Si+	27, 25, 0, 34, 26	22	[18–20, 22, 23]
68542	SrCrEu	27	27	[28]
68561	Si	<30	<30	[26]
69997	Am	25	25	[19]
70331	Si	16	16	[35]
70340	SrCrEu	25	25	[19]
70507	Si+	30	30	[26]
71491	Si	40	40	[26]
71866	SrCrEu	14	14	[34]
72037	Am	18, 42	30	[19, 20]
72208	HgMn	15, 25	20	[19, 21]
72303	Si	<30	<30	[26]
72359	SrCrEu	19, 20	19	[18, 20]
72881	Si+	<30	<30	[25]
72968	SrCrEu	10	10	[19]
72976	Si	<30	<30	[25]
73709	Am	21.9	21.9	[37]
74067	Si+	50, 0	25	[24, 26]
74168	Si	55	55	[25]
74196	He-w	130	130	[23]
74388	Si	40	40	[25]
74521	SrCrEu	19, 10, 27, 10	16	[18, 19, 28, 37]
74888	Si	60	60	[26]
75333	HgMn	20, 19, 35, 27, 36	27	[19–21, 28, 37]
75445	SrCrEu	95	95	[25]
75737	Am	21	21	[19]
75811	Am	10, 80	45:	[19, 20]
75989	Si	<30	<30	[25]
76360	Am	99	99	[20]
76369	Am	55, 50	52	[19, 20]
76370	Am	13, <25	19	[19, 20]
76483	Am	60, 90	75	[19, 20]
76614	Si	30	30	[25]
76756	Am	65, 73	69	[19, 20]
76897	Si+	35	35	[25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
77350	Si	10, 38, 16, 33, 22, 19	23	[19, 20, 23, 24, 28, 37]
77653	Si	0, 45	22	[20, 26]
78209	Am	33, 38, 38	36	[19, 20, 37]
78316	HgMn	10, 18, 15, <10	13	[19–21]
78362	Am	13, 18, 11.3	14	[19, 20, 37]
78568	Si	50	50	[25]
78676	Am	45	45	[19]
78702	SrCrEu	205:	205:	[19]
79158	He-w	40, 29, 60, 45	43	[19–21, 39]
79447	He-r	0	0	[20]
79752	SrCrEu	245:	245:	[19]
80282	Si	45	45	[26]
80292	Si	45	45	[25]
81009	SrCrEu	10, 85, <5	<10	[19, 25, 34]
81141	Si	155	155	[25]
81188	He-w	31, 10	20	[20, 24]
82093	SrCrEu	45	45	[25]
82567	Si	<30	<30	[26]
82610	Am	155	155	[19]
83368	SrCrEu	33	33	[25]
83373	Si	20	20	[19]
83625	Si	70	70	[25]
83808	Am	24	24	[20]
85040	Am	18	18	[19]
85376	Am	105, 119, 131	118	[19, 20, 24]
85892	Si	45	45	[25]
86199	Si+	<30	<30	[25]
86216	He-w	420	420	[25]
88158	Si	60	60	[26]
88699	Am	58	58	[19]
88182	Am	88	88	[19]
88849	Am	<25	25	[20]
88850	Am	<25	25	[20]
88981	Am	24	24	[20]
89021	Am	50	50	[37]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
89103	Si+	<30	<30	[25]
89192	SrCrEu	80	80	[25]
89822	Si+	10, 17, 13	13	[19, 20, 22]
89911	Am	10	10	[19]
90044	Si+	15, 30, 15	20	[19, 25, 40]
90264	He-w	79	79	[20]
90277	Am	33, 31, 39, 36	35	[19, 20, 24, 37]
90569	SrCrEu	30, <10, 90, 18	37	[18–20, 23]
90763	SrCrEu	30, 65	47	[19, 25]
91089	Si	<30	<30	[26]
91239	SrCrEu	<30	<30	[25]
91590	Si	<30	<30	[25]
92106	SrCrEu	<30	<30	[26]
92379	Si+	80	80	[25]
92664	Si	65, 66	65	[22, 23]
92938	He-r	220	220	[20]
93030	He-r	202, 220	211	[20, 24]
93397	Am	85	85	[19]
93821	Si+	<30	<30	[25]
93903	Am	18	18	[19]
94334	Si	35, 26, 20	27	[19, 20, 24]
94660	Si+	<6, <30	18	[22, 25]
95198	Si	45	45	[25]
95256	Am	53, 50	51	[19, 20]
95418	Am	45	45	[37]
95608	Am	13, 27, 24, 18.3	20	[19, 20, 24, 37]
96097	SrCrEu	25	25	[20]
96451	SrCrEu	80	80	[25]
96528	Am	85	85	[19]
96616	SrCrEu	56	56	[20]
96707	SrCrEu	33, 39	36	[19, 23]
96910	Si+	40	40	[25]
97411	Si	25	25	[19]
97633	Am	23.5	23.5	[37]
97986	Si+	<30	<30	[25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
98088	SrCrEu	31, 28, 33, 33	31	[19, 23, 34, 38]
98340	Si+	110	110	[25]
98457	Si	<30	<30	[25]
98664	Si	61, 67, 60	63	[18, 20, 21]
100518	Am	10	10	[19]
101391	HgMn	50	50	[21]
101410	SrCrEu	85	85	[25]
102660	Am	18	18	[19]
102910	Am	68	68	[19]
102942	Am	41	41	[19]
103192	Si	72, 45	58	[23, 38]
103313	Am	61	61	[19]
103498	SrCrEu	<25	25	[20]
104321	Am	61, 69	65	[19, 20]
104513	Am	78, 98, 106	94	[19, 20, 24]
104810	Si	120	120	[26]
104833	SrCrEu	40	40	[18]
105770	Si	<30	<30	[26]
106112	SrCrEu	78, 69, 98, 78	81	[19, 20, 24, 26]
106251	Am	51	51	[19]
106625	HgMn	30, 20, 37	29	[21, 24, 37]
106661	Si	175, 170	172	[19, 20]
106887	Am	85	85	[19]
107168	Am	15, <12	13	[19, 20]
107612	SrCrEu	37	37	[28]
108483	He-r	231	231	[20]
108642	Am	13, <12, <10	12	[19, 20, 37]
108651	Am	18, <12, 23	18	[19, 20, 37]
108662	SrCrEu	10, 19, 14, 34, 16, 10	17	[19, 20, 23, 24, 28, 37]
108945	SrCrEu	65, 55, 64, 62, 65, 66	63	[19, 20, 23, 28, 37, 38]
109026	He-w	278, 180	229	[20, 39]
109030	SrCrEu	56	56	[20]
109307	Am	13, 8	10	[19, 20]
109485	Am	18.6	18.6	[37]
109860	Si	62, 60, 30	51	[18–20]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
110066	SrCrEu	21, <25	22	[19, 20]
110274	SrCrEu	10	10	[28]
110380	Am	27	27	[37]
110951	Am	28, 90	59	[19, 20]
111133	SrCrEu	10	10	[19]
111702	SrCrEu	55	55	[28]
112185	SrCrEu	25, 35, 32, 34, 25, 35	30	[19, 20, 23, 28, 34]
112412	Am	10, 8, 18	12	[19, 20, 37]
112413	Si+	33, 29, 14, 24, 20	24	[20, 23, 34, 38, 41]
112486	Am	10, 70	40:	[19, 20]
113889	Am	115, 90	102	[19, 20]
114365	Si	76, <30	53	[23, 25]
115271	Am	98	98	[19]
115606	SrCrEu	20	20	[28]
115708	SrCreu	14	14	[42]
115735	He-w	90, 106, 112	103	[19, 20, 24]
116114	SrCrEu	65	65	[25]
116235	Am	18	18	[19]
116303	Am	28	28	[19]
116458	HgMn	<30	<30	[25]
116656	SrCrEu	25	25	[37]
116657	Am	51, 59, 70, 51	58	[19, 20, 24, 37]
116656A	Am	33, 35	34	[24, 43]
118022	SrCrEu	13, 24, 14, 27, 10	18	[19, 20, 23, 28, 34]
118054	SrCrEu	54, 50, 58	54	[18, 19, 28]
118242	Si	93	93	[25]
118473	Si+	150	150	[25]
118816	Si	<30	<30	[25]
118913	SrCrEu	40	40	[25]
119213	SrCrEu	25	25	[19]
119308	SrCrEu	40	40	[25]
119419	Si	35	35	[22]
120198	SrCrEu	45, 20, 55, 41	40	[19–21, 23]
120709	He-w	0, <3	<3	[20, 39]
122208	SrCrEu	105	105	[25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
122532	Si	35	35	[22]
123112	Si+	205	205	[25]
123255	SrCrEu	155	155	[26]
123998	Am	47	47	[20]
124224	Si	115, 112, 119, 130	119	[19, 20, 23, 38]
124915	Am	68	68	[19]
124953	Am	85	85	[19]
125158	Am	0	0	[20]
125248	SrCrEu	12, 10, 59, 17	24	[18–20, 38]
125337	Am	31, 64, <10	35:	[19, 20, 37]
125630	Si+	45	45	[25]
125823	He-w	15, 0, 18	11	[18, 20, 39]
126515		<3	<3	[34]
126661	Am	33, 53, 36	41	[19, 20, 37]
127453	Si	30	30	[25]
127575	Si	<30	<30	[26]
128775	Si	<30	<30	[26]
128898	SrCrEu	0	0	[20]
128974	Si	60	60	[25]
129174	HgMn	25, 0, 16.4	14	[21, 24, 37]
129433	HgMn	165	165	[21]
129750	Si	<30	<30	[26]
129899	Si	40	40	[25]
130158	Si	55, 0, 60	42	[19, 20, 28]
130335	Si	<30	<30	[25]
130557	Si+	55, 50	52	[19, 26]
130559A	SrCrEu	29, 45, 41, 38, 22	35	[18–20, 24, 28]
130559B	SrCrEu	32	32	[26]
130652	Si	33	33	[26]
130841	SrCrEu	90, 84, 111	95	[19, 20, 24]
131120	He-w	95, 130	112	[20, 26]
131919	Si+	70	70	[21]
132058	He-r	130	130	[20]
132322	SrCrEu	85	85	[25]
133029	Si+	30, 25, 20	25	[19, 23, 38]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
133652	Si	70, 69, 40, 33	60	[22, 23, 25, 28]
133792	SrCrEu	<30	<30	[25]
133880	Si	103	103	[35]
134759	Si	51, 45, 72, 58, 56	56	[18–20, 28, 38]
134874	Si	<30	<30	[25]
135415	Si	<30	<30	[25]
137391	Am	85, 84, 90	86	[19–21]
137193	Si	30	30	[25]
137509	He-w	28	28	[22]
137607	Si	40	40	[25]
137909	SrCrEu	18, 32, 28, 3.5, <3	17	[19, 20, 24, 34, 38]
138105	Am	21	21	[19]
138413	Am	41, 50	46	[19, 20]
138497	SrCrEu	75	75	[25]
138758	Si	50	50	[25]
138764	Si	18, 20, 13	17	[20, 24, 26]
138773	Si	50	50	[25]
138160	He-w	15	15	[26]
139160	He-w	22, 50, 64, 15	38	[21–23, 28]
139319	SrCrEu	50	50	[26]
139525	Si	<30	<30	[25]
140160	SrCrEu	64, 66	65	[19, 38]
140232	Am	68	68	[19]
140722	Am	58	58	[19]
140728	Si+	65, 100, 69, 70, 109, 62	79	[19, 20, 22–24, 38]
141556	SrCrEu	0	0	[20]
141675	Am	61, 75, 82, 33	63	[19, 20, 24, 37]
141795	Am	38, 43, 33.5	38	[19, 20, 37]
142096	He-w	175, 207, 155	179	[18, 20, 21]
142250	He-w	34, <50, 15, 27	31	[18, 20, 21, 28]
142301	He-w	69, 90, 58, 50, 66, 80	69	[18, 21, 23, 26, 28, 39]
142884	He-w	135, 200, 130, 100	141	[18, 20, 28, 39]
142990	He-w	200, 125, 150	158	[20, 21, 39]
143473	SrCrEu	25, 30	27	[22, 26]
143699	He-w	180, 225, 210	205	[20, 24, 39]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
143807	HgMn	10, 15, 22, <10	14	[19, 20, 28, 37]
144206	HgMn	<10, 20, 0, 10.5	10	[19, 21, 24, 37]
144218	He-r	84, 65	74	[20, 21]
144231	Si	<30	<30	[25]
144334	He-w	55, 44, 65, 53	54	[21, 23, 28, 39]
144661	He-w	100:, 45, 58	61	[20, 21, 28]
144844	He-w	25, 180?, 20	22:	[19, 20, 28]
145102	Si	71, <50, 84, 90, 20	63	[18, 20, 22, 25, 28]
145389	HgMn	10, 20, 0, 10.9	10	[19, 21, 24]
145501	He-w	70:, 60, 60	62	[20, 21, 28]
145788	Si	10	10	[19]
145792	He-w	26, < 50, 30, 25, 22	31	[18, 20, 21, 26, 28]
146001	He-w	147, 200, 90	146	[18, 20, 21]
146254	Si	140, 137	138	[19, 28]
146998	SrCrEu	25	25	[28]
147010	SrCrEu	26, <50, 28	32	[18, 20, 28]
147105	SrCrEu	50	50	[28]
147550	Si	20	20	[21]
147869	SrCrEu	55	55	[19]
147890	Si	47, <50, 45, 65	52	[18, 20, 25, 28]
148112	SrCrEu	35, 28, 55, 44, 54, 52	45	[19–21, 24, 28, 38]
148199	Si	<50, 40, 15	35	[20, 25, 28]
148321	SrCrEu	55	55	[28]
148367	Am	18, 60	39	[19, 20]
148330	Si+	10, 10.5	10	[19, 37]
148579	He-w	150, 160	155	[20, 28]
148898	SrCrEu	51, 41, 46	46	[19, 20, 23]
149277	He-r	15	15	[18]
149363	He-r	86, 95	90	[20, 24]
149420	SrCrEu	25	25	[26]
149438	B0 V	20, 0, 5, 13	9	[20, 21, 24]
149764	Si	70	70	[26]
149767	Si	70	70	[25]
149822	Si+	55, 65, 85, 70	69	[19, 21–23]
149911	SrCrEu	45	45	[19]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
150035	SrCrEu	75	75	[28]
150366	Am	38	38	[19]
150379	Am	81, 80	81	[19, 20]
150451	Am	65	65	[19]
150486	Si	55	55	[25]
150500	Si	75	75	[25]
150549	Si	56, 75	65	[23, 25]
151199	SrCrEu	48, 110	79:	[19, 20]
151346	He-w	46, <20	33	[28, 39]
151363	Si	105	105	[26]
151525	Si	35, 42, 38	38	[19, 20, 23]
151956	Am	38, 38	38	[19, 20]
151965	Si	105	105	[25]
152107	SrCrEu	35, 50, 22, 24	33	[19, 20, 28, 38]
152273	Si	160	160	[25]
152308	SrCrEu	95, 100	97	[19, 21]
152564	Si	75	75	[26]
152585	Am	81	81	[19]
153201	Si+	45	45	[25]
153882	SrCrEu	15, 30, 20, 25	22	[19, 21, 23, 34]
154418	Am	78	78	[19]
155102	Si	30	37	[19]
155103	Am	71, 82	76	[19, 20]
155379	HgMn	15	15	[19]
155778	Si	65	65	[25]
156853	Si	40	40	[25]
156869	SrCrEu	50	50	[25]
157678	Si	130	130	[25]
157751	Si+	30	30	[25]
157779	Si	65, 81, 70	72	[19–21]
158128	Si	35	35	[25]
158175	Si	<30	<30	[25]
158704	He-w	20, 10	15	[21, 28]
159286	Si+	100	100	[25]
159541	Am	75, 58, 77	70	[19, 20, 24]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
159376	Si	35, 25, 15	25	[19, 21, 28]
159560	Am	58, 56, 47, 42	51	[19, 20, 24, 37]
159846	Si	<30	<30	[25]
159876	Am	45, 30	37	[19, 24]
159877	Am	35	35	[19]
159975	HgMn	95, 135	115	[21, 24]
160468	SrCrEu	100	100	[25]
160839	Am	51	51	[19]
161277	Si+	<30	<30	[25]
161321	Am	38	38	[19]
161701	HgMn	25, 15	20	[21, 28]
162374	He-w	40, 40	40	[23, 39]
162725	Si	34	34	[23]
164258	SrCrEu	50, 53	51	[19, 23]
164429	Si+	85, 200., 95, 142	121	[19–21, 23]
165474	SrCrEu	18, <25	20	[19, 20]
165777	Am	55, 84, 78	72	[19, 20, 24]
166095	Am	25	25	[19]
166427	Si+	35	35	[26]
166469	Si	15	15	[19]
166473	SrCrEu	0	0	[19]
166596	Si	197, 195	196	[23, 24]
166953	Si	30	30	[25]
166960	Am	23	23	[19]
167356	Si	25	25	[19]
167858	SrCrEu	13	13	[19]
168733	SrCrEu	0	0	[20]
168785	He-r	15	15	[44]
168913	Am	23	23	[19]
169467	He-r	0	0	[20]
169594	Si+	60	60	[25]
170000	Si	65, 86, 76, 60, 93	76	[19, 20, 23, 24, 38]
170397	Si	30, 45, 46	40	[19, 21, 22]
170973	Si+	15, 12, 10	12	[20, 23, 28]
171247	Si	65, 55	62	[19, 21]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
171653	Am	101	101	[19]
171856	Am	110	110	[19]
172546	Am	43	43	[19]
172690	Si+	<30	<30	[25]
172883	HgMn	63	63	[19]
173524A	HgMn	35, 32, 20, 16	26	[19, 20, 24, 28]
173524B	Si	10	10	[26]
173648	Am	38, 30	34	[19, 20]
173650	Si+	20, 25	22	[23, 26]
173654A	Am	61, 25	43:	[19, 20]
173654B	Am	25	25	[20]
174115	Am	35	35	[19]
174638	He-w	0, 120	120:	[21, 26]
174779	Si+	45	45	[25]
174933	SrCrEu	20, 20, 23, 16	20	[20, 21, 24, 28]
175132	Si	95, 40	67:	[20, 21]
175156	He-r	20, 11	15	[20, 24]
175191	He-r	213, 165, 225, 150	188	[20, 21, 24, 44]
175362	He-w	35, 0, 28	21	[18, 20, 39]
175744	Si	50	50	[28]
175869	HgMn	105, 140, 145	130	[20, 21, 28]
176196	SrCrEu	<30	<30	[25]
176232	SrCrEu	10, 91	50:	[19, 20]
176582	He-w	105, 65	85:	[18, 21]
177003	He-r	7, 10, 13, 19	12	[20, 21, 23, 24]
177517	Si	90, 245, 85, 95, 100	123	[19–21, 23, 43]
178892	SrCrEu	20,	20	[31]
179527	Si	20, 35, 36	30	[19, 21, 38]
179761	Si	19, 15, 0	11	[20, 21, 24]
181018	Si+	<30	<30	[25]
182255	He-w	52, 25, 40, 40	39	[20, 21, 24, 26]
182308	HgMn	15	15	[21]
182568	He-w	158, 100, 155	138	[20, 21, 24]
183056	Si	20, 32, 35, 34	30	[19–21, 38]
183339	He-w	45, 37	41	[21, 28]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
184471	SrCrEu	20	20	[22]
184552	Am	13, 0	6	[19, 20]
184927	He-r	14, 10, 20	12	[18, 33]
184961	SrCrEu	50, 40, 28	39	[20, 21, 28]
185183	Si	50	50	[25]
185330	He-w	15	15	[21]
186117	SrCrEu	<30	<30	[25]
186205	He-r	5, 10	7	[18, 44]
186957	Am	50	50	[20]
187473	Si+	<30	<30	[25]
187474	Si+	0, 0	0	[19, 20]
187753	Am	51	51	[19]
188041	SrCrEu	40, 21	20	[19, 23]
189849	Am	10, 23, 20	17	[19, 20, 24]
189963	SrCrEu	20	20	[31]
190229	HgMn	61, 20, 10	30	[20, 21, 28]
191110	HgMn	<10, 0	<5	[19, 21]
191507	Si	125	125	[25]
191796	SrCrEu	75	75	[25]
191984	SrCrEu	150, 15	15:	[19, 21]
192342	Am	15	15	[19]
192666	HgMn	100	100	[21]
192674	SrCreu	55	55	[25]
193472	Am	93	93	[19]
193722	Si	250, 35	35:	[20, 21]
193924	He-r	24, 0, 15	13	[20, 24, 44]
195217	Am	63	63	[19]
195479	Am	18, 18	18	[19, 37]
195692	Am	65	65	[19]
195725	Am	51, 59, 56	55	[19, 20, 24]
196178	Si	50, 55	52	[21, 23]
196502	SrCrEu	10, 0	5	[19, 20]
197018	HgMn	55	55	[21]
197226	HgMn	90	90	[21]
197417	SrCrEu	65	65	[25]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
197461	Am	28, 41, 43	37	[19, 20, 24]
197508	Am	65	65	[20]
198513	He-w	100, 175	137	[20, 21]
198743	Am	63, 53, 62	59	[19, 20, 24]
199532	SrCrEu	57, 85, 55	66	[20, 24, 26]
199603	Am	91	91	[19]
199728	Si	60, 55, <30, 57	50	[19, 21, 25, 28]
201671	Am	115	115	[19]
201834	Si	15, 25	20	[19, 21]
202149	HgMn	35	35	[21]
202606	Am	40	40	[19]
202627	SrCrEu	104, 97	100	[20, 24]
202671	He-w	61, 25, 30, 25	35	[20, 21, 24, 39]
203006	SrCrEu	48	48	[20]
203096	Am	10	10	[19]
204018	Am	93, 50	72	[20, 24]
204131	Si+	35, 50	42	[19, 28]
204188	Am	31	31	[19]
204411	Si	15, 32, 21, 11	20	[19, 20, 24, 27]
205087	Si+	15, 30, 25	23	[19, 21, 22]
205116	He-w	32	32	[26]
205471	Am	15	15	[19]
206088	SrCrEu?	34, 31, 30, 26	30	[18–20, 24]
206546	Am	13	13	[19]
206653	Si	<30	<30	[26]
206742	Si	0	0	[20]
207098	SrCrEu?	93, 104, 191, 90	119	[19, 20, 24, 26]
207188	Si	30	30	[25]
207503	Am	73	73	[19]
207840	Si	15	15	[21]
207857	HgMn	20	20	[21]
208108	Am	35	35	[19]
208132	Am	51	51	[19]
208217	SrCrEu	55	55	[25]
209339	He-r	25	25	[21]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
209515	SrCrEu	70, 116, 136, 63, 100	97	[19, 20, 24, 28, 38]
209625	Am	28, 51	40	[19, 20]
209791	Am	36, <25	30	[19, 20]
210071	Si	75	75	[26]
210873	HgMn	37	37	[28]
211838	HgMn	65, 60	62	[21, 24]
212385	SrCrEu	<30	<30	[25]
212432	Si	<30	<30	[25]
212454	He-w	40	40	[21]
213403	Am	70	70	[19]
213464	Am	30	30	[19]
213534	Am	48	48	[19]
214994	Am	<10	<10	[37]
215766	Si	80	80	[18]
215907	Si	120, 60	90	[19, 20]
215966	SrCrEu	60	60	[25]
216494	HgMn	20	20	[21]
216608	Am	46, 50	48	[19, 20]
217477	HgMn	20, 30	25	[19, 21]
217522	SrCrEu	45	45	[25]
217792	Am	0	0	[20]
217833	He-w	30, 35	32	[21, 32]
218753	Am	<10	<10	[19]
219749	Si	65, 70., 90, 74	75	[19, 20, 22, 23]
219815	Am	70, 80	75	[19, 26]
220575	HgMn	20	20	[21]
220825	SrCrEu	30, 47, 36, 35	37	[19, 20, 23, 28]
220885	SrCrEu	120., 75, 55	76	[20, 21, 26]
221006	Si	70., 69	69	[22, 23]
221394	SrCrEu	35	35	[19]
221760	SrCrEu	22	22	[20]
222377	Am	50, 80	65	[19, 20]
223358	SrCrEu	68	68	[19]
223466	Am	60	60	[19]
223640	Si	20, 64, 30, 68	45	[19, 20, 23, 24]

Таблица 2. (Продолжение)

Звезда, HD	Тип	$v \sin i$, км с ⁻¹	$\langle v \sin i \rangle$, км с ⁻¹	Refs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
223967	Si	90	90	[25]
224103	23	25	25	[26]
224801	Si+	25, 70.; 35, 37	42	[19–21, 23]
224906	HgMn	35	35	[21]
224926	He-w	67, 117, 75, 60, 100, 65	81	[18–21, 24, 39]
225289	HgMn	40	40	[21]
231054	Si	20	20	[31]
258686	Si	41	41	[31]
293764	SrCrEu	33	33	[31]
338226	Si	20	20	[31]
343872	Si	35, 18	26	[31, 42]
349321	Si	30	30	[31]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Stępień, *Astron. and Astrophys.* **353**, 227 (2000).
2. K. Stępień and J. D. Landstreet, *Astron. and Astrophys.* **384**, 554 (2002).
3. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysical Bulletin* **72**, 305 (2017).
4. H. A. Abt, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **77**, 367 (1965).
5. H. A. Abt and N. I. Morrell, *Astrophys. J. Suppl.* **99**, 135 (1995).
6. H. A. Abt and M. S. Snowden, *Astrophys. J. Suppl.* **25**, 137 (1973).
7. T. C. Mouschovias and E. V. Paleologou, *Astrophys. J.* **230**, 204 (1979).
8. H. A. Abt, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **77**, 367 (1965).
9. D. L. Moss, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **168**, 61 (1974).
10. D. L. Moss, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **171**, 303 (1975).
11. Y. V. Glagolevskij and E. Gerth, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **55**, 38 (2003).
12. P. A. Sweet, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **110**, 548 (1950).
13. J.-L. Tassoul and M. Tassoul, *Astrophys. J. Suppl.* **49**, 317 (1982).
14. G. Michaud, *Astrophys. J.* **258**, 349 (1982).
15. G. Michaud, D. Tarasick, Y. Charland, and C. Pelletier, *Astrophys. J.* **269**, 239 (1983).
16. A. V. Tutukov, *Pisma Astron. Zh.* **9**, 160 (1983).
17. P. Bodenheimer, *IAU Symp.* **93**, 5 (1981).
18. V. Petit, S. P. Owocki, G. A. Wade, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **429**, 398 (2013).
19. H. A. Abt and N. I. Morrell, *Astrophys. J. Suppl.* **99**, 135 (1995).
20. A. Uesugi and I. Fukuda, *Memoirs Faculty of Sciences University of Kyoto* **33**, 205 (1970).
21. H. A. Abt, H. Levato, and M. Grosso, *Astrophys. J.* **573**, 359 (2002).
22. D. A. Bohlender, J. D. Landstreet, and I. B. Thompson, *Astron. and Astrophys.* **269**, 355 (1993).
23. H. A. Abt, *Astron. J.* **122**, 2008 (2001).
24. M. E. Boyarchuk and I. M. Kopylov, *Izv. Krymskoj Astrofizicheskoj Observatorii* **31**, 44 (1964).
25. H. Levato, S. Malaroda, N. Morrell, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **118**, 231 (1996).
26. E. Paunzen and H. M. Maitzen, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **133**, 1 (1998).
27. Y. Y. Balega, V. V. Dyachenko, A. F. Maksimov, et al., *Astrophysical Bulletin* **67**, 44 (2012).
28. V. G. Klochkova and I. M. Kopylov, *Sov. Astron.* **29**, 549 (1985).
29. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysics* **53**, 536 (2010).
30. Y. V. Glagolevskij and A. F. Nazarenko, *Astrophysical Bulletin* **72**, 2017 (in press).
31. M. R. Molnar, T. C. Stephens, and A. D. Mallama, *Astrophys. J.* **223**, 185 (1978).
32. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysical Bulletin* **66**, 144 (2011).
33. Y. V. Glagolevskij, V. V. Leushin, G. A. Chuntunov, and D. Shulyak, *Astronomy Letters* **32**, 54 (2006).
34. G. A. Wade, J.-F. Donati, J. D. Landstreet, and S. L. S. Shorlin, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **313**, 851 (2000).
35. Y. V. Glagolevskij, *Astrophysical Bulletin* **69**, 305 (2014).
36. M.-F. Nieva, *Astron. and Astrophys.* **550**, A26 (2013).

37. S. L. S. Shorlin, G. A. Wade, J.-F. Donati, et al., *Astron. and Astrophys.* **392**, 637 (2002).
38. E. F. Borra and J. D. Landstreet, *Astrophys. J. Suppl.* **42**, 421 (1980).
39. E. F. Borra, J. D. Landstreet, and I. Thompson, *Astrophys. J. Suppl.* **53**, 151 (1983).
40. G. A. Wade, P. North, G. Mathys, and S. Hubrig, *Astron. and Astrophys.* **314**, 491 (1996).
41. O. Kochukhov, N. Piskunov, I. Ilyin, et al., *Astron. and Astrophys.* **389**, 420 (2002).
42. G. A. Wade, E. Neagu, and J. D. Landstreet, *Astron. and Astrophys.* **307**, 500 (1996).
43. G. Giuricin, F. Mardirossian, and M. Mezzetti, *Astron. and Astrophys.* **135**, 194 (1984).
44. V. V. Leushin, Y. V. Glagolevskij, and P. North, in *Proc. Intern. Conf on Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars, Nizhnij Arkhyz, Russia, 1999*, Ed. by Y. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk (Moscow, 2000), pp. 173–179.

On Mechanisms Separating Stars into Normal and Chemically Peculiar

Yu. V. Glagolevskij

The paper argues in favor of the assumption that magnetic and non-magnetic protostars, from which CP stars were formed, are the objects that had rotation velocities of the parent cloud V smaller than a critical value V_c . At V greater than the critical value, differential rotation emerges in the collapsing protostellar cloud, which twists magnetic lines of force into an 'invisible' toroidal shape and disturbs the stability of the atmosphere. In magnetic protostars, the loss of angular momentum is due to magnetic braking, while in metallic protostars, the loss of rotation momentum occurs due to tidal interactions with a nearby component. HgMn stars are most likely not affected by some braking mechanism, but originated from the slowest protostellar rotators. The boundary of V_c where the differential rotation occurs is not sharp. The slower the protostar rotates, the greater the probability of termination of differential rotation and the more likely the possibility of CP star emergence.

Keywords: *stars: magnetic field—stars: chemically peculiar*