



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
iyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 52-57
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРАХ МАГНИТНЫХ СР – ЗВЕЗД, С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ПЯТНОСТИ

АЛИЕВ С.Г.

ШАО НАН Азербайджан

Установление наличия линий элементов г-процесса в спектрах магнитных звезд на примере магнитной звезды HR8911.

На основании большого количества спектрограмм с высокими разрешениями были проведены поиски линии элементов г-процесса ($Z \geq 74$) в спектрах магнитных СР – звезд. При этом учитывавании неоднородности (пятнистости) поверхности этих звезд. Выявлено, что линии тяжелых элементов в основном образуются в области пятен на поверхности магнитных звезд, где имеет место аномалии химического состава и сильного магнитного поля. Было выявлено, что характер изменения интенсивности линий обычных и тяжелых элементов не одинаково и это служило как дополнительный аргумент при идентификации спектральных линий.

Как известно, проблема аномалии химического состава звезд, в том числе магнитных, является одной из актуальных задач современной астрофизики. Для объяснения причины аномалии химического состава у магнитных звезд были предположены ядерные и неядерные механизмы [1]. В связи с этим изучение в спектрах магнитных звезд линии тяжелых элементов, которые являются продуктом ядерного синтеза представляет особый интерес. Поэтому полученные данные о присутствии линий тяжелых ($Z \geq 74$) и сверхтяжелых ($Z \geq 82$) элементов в спектрах магнитных СР-звезд открывают новые возможности для объяснения происхождения химических аномалий в их атмосферах. Известно, что тяжелые и сверхтяжелые элементы образуются вследствие медленного (s-процесс) и быстрого (г-процесс) захвата нейтронов. Для этих процессов требуется высокая температура $T=10^9\text{K}$ и высокая концентрация нейтронов ($N=10^{25}\text{см}^{-3}$), что возможно только при взрывах сверхновых звезд. Проблема обилия этих элементов в магнитных СР-звездах исследовалась во многих работах [2, 3, 4].

К сожалению, результаты поисков разными авторами линий элементов г-процесса часто противоречивы. В работе [5] проводились поиски линии элементов г-процесса в спектрах магнитной звезды HR8911 с дисперсией 4,5 и 10 $\text{\AA}/\text{мм}$, где несколько

десятков линий были идентифицированы как линии элементов г-процесса, в том числе и урана. Однако, Cowley и др. [2] по двум спектрам этой же звезды с дисперсией 2,4 $\text{\AA}/\text{мм}$ провели поиски линий в основном урана и теория, но ни одной линии этих элементов ими не было обнаружено. Подобные противоречия были получены и для магнитной СР-звезды HR465: Aller и др. [6] отождествили около 40 линий $P_{\text{m}}\text{II}$ в спектре HR465, а поиски линий протетия в спектре этой звезды [7] не привели к положительному результату. Авторы этих работ много дискутировали между собой, но к единому мнению так и не пришли. Поэтому было бы интересно подтвердить или опровергнуть наличие тяжелых элементов у магнитных СР-звезд, на основе большого наблюдательного материала с высоким спектральным разрешением (4 $\text{\AA}/\text{мм}$).

Задача данного исследования заключается в установлении наличия линий элементов г-процесса в спектрах магнитных звезд на примере магнитной звезды HR8911.

С этой целью были использованы около 30 спектрограмм этой звезды с дисперсией 4 $\text{\AA}/\text{мм}$, полученные на двухметровом телескопе ШАО. Поскольку плотности всех спектрограмм одинаковы, то для них и амплитуда шумовой дорожки примерно одинакова и, в среднем, составляет 2% от уровня непрерывного спектра. Наиболее слабая линия, которая уверенно выделяется из шумов, имеет эквивалентную ширину $W_{\lambda} > 6-7\text{m}\text{\AA}$ и считалась достоверной если она обнаруживается не менее чем на 3-4 регистрограммах.

Отождествления линий были проведены с помощью классического метода согласно (8), но при этом учитывались пятнистость исследуемой звезды и характер изменения линий различных элементов в зависимости от фазы. При отождествлении линий в качестве лабораторных источников использовались таблицы [9,10,11] и результаты работ [1, 2, 5].

В процессе отождествления были выявлены несколько десятков линий (относительно слабых), которые в фазах усиления линий обычно

репрезентативных химических элементов (характерных для нормальных звезд данного спектрального класса) становятся очень слабыми или вообще отсутствуют, т.е. большинство из них не наблюдаются во всех фазах. После тщательного анализа оказалось, что некоторые из них соответствуют линиями осмия и урана.

Для дальнейшего исследования были выбраны из этих линий те, которые являются относительно сильными и видны во всех фазах. Из них более подходящими оказались 3 линии U II ($\lambda 3881.46$; $\lambda 3859.6$ и $\lambda 3781.8$) и две линии OsI ($\lambda 4420.47$ и $\lambda 4260.85$). К сожалению, из-за большой ширины нам не удалось полностью выделить линию U II $\lambda 3859.6$, т.к. она частично блендирована линией FeI $\lambda 3859.3$. Были измерены эквивалентные ширины выбранных линий и построены графики зависимости от фазы. В качестве примера на рис.1. показаны изменения эквивалентных ширин линий с фазой для U II $\lambda 3881$ и OsI $\lambda 4420$. Для сравнения на нижней части рис.1. показаны фазовые кривые для FeI $\lambda 4405$ и P II $\lambda 4613$, которые являются обычными для данных спектральных классов. Интенсивности линий большинства (обычных) элементов для $z > 57$ одинаково (синхронно) меняются с фазой. Иногда обнаруживаются небольшие фазовые сдвиги, почти в пределах точности измерений ($\Delta\phi = \pm 0,05$), максимумов изменения эквивалентных ширин линий (элементов группы железа и линий некоторых редкоземельных элементов Eu II, Nd II). Однако фаза главного максимума интенсивности для этих и всех других обычных элементов совпадают и соответствуют $\phi = 0,5-0,6$. На рис.1. видно, что эквивалентные ширины линий урана и осмия также изменяются синхронно. Однако фазовые кривые эквивалентных ширин линий урана, осмия и линий обычных элементов неодинаковы, причем в фазе основного максимума обычных элементов ($\phi = 0,5-0,6$) изменения происходят в антифазе. Это доказывает, что линии принимаемые за линии урана и осмия, не могут принадлежать обычному элементу.

Поскольку максимум интенсивности элементов г-процесса соответствует фазе $\phi = 0,3-0,4$, отождествление линий для этих элементов были произведены в основном по регистрограммам этих фаз. Подавляющее большинство линий тяжелых элементов в фазах максимума обычных элементов $\phi = 0,5-0,6$ становятся ненаблюдаемыми или находятся в пределах шумов записи. Поэтому при отождествлении линий тяжелых элементов были использованы регистрограммы в фазах экстремумов для этих элементов, которые позволили нам оценить блендирование и как можно лучше исключить ошибочные отождествления.

Несмотря на то, что в фазах минимума указанных линий урана и осмия эквивалентные ширины доходят до $12 \text{ m}\AA^0$, что слегка превышает ошибки измерения, все тонкие детали на кривых (рис.1.) повторяются. Поэтому, на рис.1. кривая проведена через все точки без каких либо усреднений. Эти наблюдаемые флуктуации на кривых изменения интенсивности линий с фазой для различных элементов связаны, по видимому, с пульсацией у исследуемой звезды.

Таким образом, характер изменения интенсивности линии с фазой для различных элементов служил в качестве дополнительного аргумента для отождествления линий провидимых классическим способом. Поскольку большинство линий элементов г-процесса слабые и не наблюдаются во всех фазах, в

качеств интенсивности измерены центральные глубины R_0 всех линий в фазах ($\phi = 0,28-0,36$) максимума.

Результаты отождествления (см. табл.1.) были опубликованы в работах [8] и [12], которые в дальнейшем подтвердились внеатмосферными наблюдениями, проводимыми с борта орбитальной станции "Астрон".

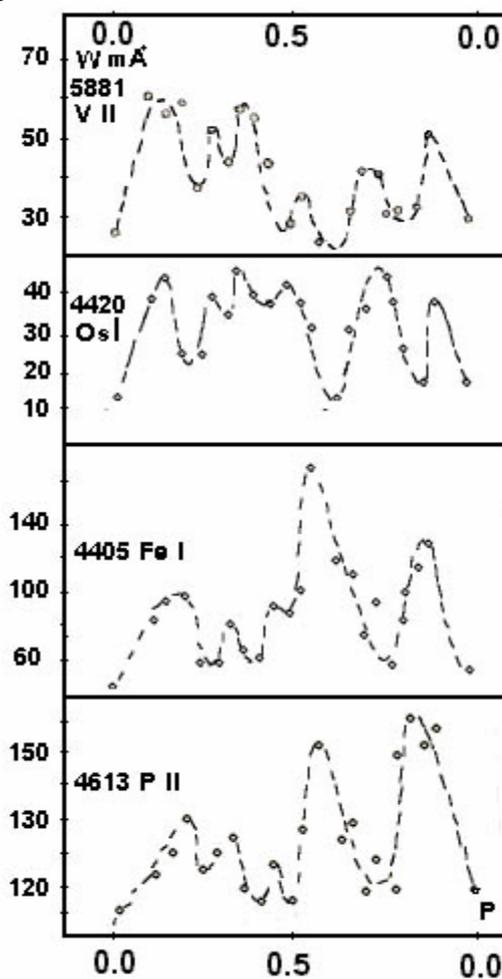


Рис. 1.

Сравнение кривых изменений интенсивностей линий с фазой для тяжелых (U, Os) и обычных элементов (Fe, P).

Судя по характеру изменений интенсивности линий с фазой, а также по поведению наблюдаемых линий соответствующего мультиплета, были исключены, по возможности, ошибочные отождествления. В [12] представлены линии не только отождествленные с большой степенью достоверности, но ещё и ряд таких линий, которые были обнаружены в спектрах других магнитных звезд [1, 2 5]. В спектре HR8911 их невозможно идентифицировать с высокой точностью из-за следующих причин:

С одной стороны, некоторые из них сильно блендированы, вследствие чего нам не удалось четко проследить за поведением этих линий в зависимости от фазы. С другой стороны, мы не располагали необходимыми полными сведениями об атомных данных, особенно для редкоземельных и других тяжелых элементов второй стадии ионизации. Далее, для некоторых случаев отсутствуют данные о

лабораторных интенсивностях, а также о распределении интенсивностей внутри данного мультиплета.

Такие случаи будут отмечены специально и к ним надо относиться осторожно.

Окончательные результаты отождествления линий элементов г-процесса (табл. 1) можно разделить на три основные группы: 1) лантаниды; 2) элементы пика $A=195$ (Os-Pt-Hg), 3) трансактиноиды.

1. В спектре звезды HR8911 наблюдается большое количество относительно сильных и неблендированных линий лантанидов, таких как Nd, Sm и Eu. Были определены эквивалентные ширины хорошо известных линий этих элементов и построены фазовые кривые интенсивности. По ним было выявлено поведение линий исследуемых элементов в зависимости от фазы, благодаря чему нам удалось уточнить идентификацию остальных наблюдаемых линий исследуемых элементов. С большой

уверенностью были идентифицированы довольно сильные линии Ce, Nd, Sm, Eu и Gd ($W_{\lambda} \geq 100 m\text{\AA}$), за исключением Gd. Среди лантанидов особый интерес представляет изучение P_m и Ho, так как все изотопы этих элементов, особенно прометий, нестабильны. Согласно [5] время жизни для наиболее долгоживущих изотопов ¹⁴⁵P_m и ¹⁴⁶P_m составляет T_{1/2}=17,7 и 5,5 года соответственно. Многие исследователи [2, 3, 4] выдвинули гипотезу о том, что аномалии лантанодов, в том числе и P_m, связаны с распадом трансурановых ядер до образования этих элементов в начальной фазе быстрых захвата нейтронов (β-распад). Поэтому наличие линий прометия в спектрах магнитных звезд (если оно реально) становится ещё более интересной задачей с точки зрения происхождения аномалий химического состава у этих звезд.

Таблица 1

Z	элемент	наличие	примечание	Z	элемент	наличие	примечание
58	Ce	есть		76	Os	есть	см. текст
59	Pr	есть		77	Jr	есть	
60	Nd	есть		78	Pt	есть	
61	Pm	есть	см. текст	79	Au	?	4084.09; 4241.8
62	Sm	есть		80	Hg	?	4358.3; 4046.6+3PtII
63	Eu	есть		81	Tl	нет	
64	Gd	есть		82	Pb	нет	
65	Tb	?	4278.51	83	Bi	?	
66	Dy	нет		84	Po	?	4415.58; 4170.45+CrII?
67	Ho	есть		85	At	нет	?
68	Er	нет		86	Rn	нет	
69	Tm	есть		87	Fr	нет	
70	Yb	нет		88	Ra	нет	
71	Lu	есть		89	Ac	?	4168.4; 4387.4; 4413.17
72	Hf	есть		90	Th	возможно есть	3741.2; 4019.1; 4094.7
73	Ta	?	4061.40	91	Pa	нет	
74	W	есть		92	U	есть	см. текст
75	Re	?	4348.12; 4513.30				

Результаты опубликованных работ по этому поводу [4-7] противоречат друг другу и нуждаются в дальнейшем исследовании. Поэтому мы решили провести поиски линии с большой осторожностью в спектрах изучаемой звезды. При этом нами были использованы результаты опубликованных работ, которые посвящены отождествлению линий прометия. Поиски были произведены по 30 линиям с интенсивностью больше 400 [10]. Из них нам удалось обнаружить 8 почти неблендированных линий в фазах $\phi=0,28-0,36$. Среди них 5 линий, в том числе и $\lambda 3936,5$ P_m II, которая была обнаружена и в [5, 6], больше всех соответствуют P_m II. Поскольку вопрос о наличии линий прометия в спектрах пекулярных звезд до сих пор оставался спорным, мы решили представить полный список линий, которые соответствуют линиям P_m в спектре HR8911 [12]. Большинство линий указанные в табл.1. наблюдаются только в фазах 0,28-0,36. Отсутствие точных сведений

о времени наблюдений не позволяет сравнить результаты, полученные нами и в работе [5], в которой была обнаружена только одна неблендированная линия $\lambda 3936,5$ P_m II. По-видимому причины разногласий для различных работ, связаны не только с качеством использованных материалов, а скорее с тем, что большинство линий прометия и других элементов г-процесса не наблюдаются во всех фазах у рассматриваемых звезд.

В отличие от прометия линии Ho II отождествляются более уверенно, так как большинство линий с интенсивностью больше 100 [10] наблюдаются в фазах 0,28-0,36 в спектре HR8911 (табл.1). Среди них имеются около 6 неблендированных линий Ho II, которые четко выделяются в спектре данной звезды.

Поиски линий других редкоземельных элементов $Z > 67$ (Er, Tm, Yb и Lu) в различных фазах в спектрах

HR8911 привело к отрицательному результату - не удалось обнаружить ни одну линию этих элементов.

2. Элементы A~195 (или Os-Pt-Hg пик элементы). В отличие от лантанидов все элементы, которые относятся элементам Os-Pt-Hg пика ($z > 71$), являющиеся продукцией только γ -процесса. Следовательно, содержание этих элементов зависит от скорости нейтронного захвата, а также от содержания исходных ядер ($z \leq 71$) для γ -процесса, т.е. в данном случае зависит от содержания лантанидов. Поскольку линии большинства лантанидов намного усилены в спектре HR8911, можно ожидать, что линии A~195 пик элементов также имеются в спектрах данной звезды. Исходя из этого, нами были проведены поиски линий указанных элементов от Hf ($z=72$) до Bi ($z=83$), находящиеся в нейтральном и ионизированном состоянии. На основании анализа результатов отождествления с большой уверенностью можно сказать, что в спектре исследуемой звезды имеются линии Hf II, и, возможно Pt. Среди пяти более уверенно отождествленных линий Hf II $\lambda 3918,10$ особенно четко выделяется в фазах 0,28-0,36. Около 15 почти неблендированных линий с высокой точностью отождествляются как линии Os I. Из них две линии $\lambda 4260,85$ и $\lambda 4420,47$ относительно сильные и наблюдаются во всех фазах. Эквивалентные ширины этих линий изменяются с периодом вращения звезды (рис.1). По-видимому, это связано с неравномерным распределением Os на поверхности HR8911.

Обнаружены две относительно сильные линии $\lambda 4399,27$ и $\lambda 4608,77$, которые хорошо соответствуют линиям Os II. Атомные данные для линий Os II брались из [1].

В спектре исследуемой звезды хорошо видны три неблендированные линии Pt I и четыре линии Pt II. Эти линии, так же как и линии Hf и Os, в фазах 0,28-0,36 становятся сильными. Среди всех отождествленных линий самая сильная линия $\lambda 4608,77$ Pt II слегка блендирована $\lambda 4046,46$ Fe II.

Было найдено несколько (8) линий, которые по длине волны соответствуют линиям WI. Однако, большинство этих линий, в том числе и сильная линия $\lambda 3817,50$ WI, находятся в бленде. Нам не удалось найти хотя бы более двух неблендированных линий для других элементов этой группы, таких как Ir, Au, Hg.

Несмотря на это надо отметить, что некоторые сильные линии $\lambda 3800,12$ Ir $\lambda 4241,80$ Au I, $\lambda 3938,96$ Hg II, $\lambda 4057,81$ Pb I наблюдаются в спектре данной звезды. Но это еще не дает нам основания подтвердить или опровергнуть наличие указанных элементов в атмосфере исследуемой звезды.

Поиски элементов с $z > 76$ (за осмия) проведены в спектрах четырех холодных Ar-звезд по ультрафиолетовым спектрам в области $\lambda 2000-3000 \text{ \AA}$ [4]. В результате была отождествлена только одна линия Pb II $\lambda 2203,53$ в спектрах двух звезд HD188041, γ Equ и указывается на избыток этого элемента.

3. Трансактиноидные элементы - элементы $z \geq 89$ (Ac).

Нами были проведены поиски линий для элементов от Ac ($z=89$) до Cf ($z=98$), находящихся в первой стадии ионизации. Это связано с тем, что для этой звезды $T_{\text{эф}}=10000 \text{ } ^\circ\text{K}$, а первый потенциал

ионизации указанных элементов составляет 5,5-7,5 eV, вследствие чего все они должны быть ионизованными ($N^+/N_0 > 1$). Были обнаружены пять неблендированных линий, которые согласно измеренным значениям длин волн хорошо соответствуют линиям ThII. Все эти линии становятся относительно сильными в фазах 0,28-0,40, как это имеет место для других элементов γ -процесса.

Однако, значения наблюдаемых и лабораторных интенсивностей этих линий плохо согласуются, из-за чего невозможно было твердо установить наличие линий тория в спектре данной звезды. Самая сильная линия $\lambda 4019,14$ Th II наблюдается во всех фазах, но наблюдаемая интенсивность этой линии сравнима с интенсивностью других средних линий тория. Несмотря на указанные неопределенности, мы представляли [12] полный список отождествленных линий Th II с интенсивностью более 50 [9]. Среди всех элементов данной группы ($z > 89$) с большей уверенностью можно сказать, что линии урана (U II) наблюдаются в спектрах магнитной звезды HD2208,25. Из всех отождествленных линий U II девять являются неблендированными. Из них четыре линии наблюдаются во всех фазах и изменяются почти в антифазе с линиями обычных элементов.

В спектрах данной звезды также были обнаружены несколько линий, которые по измеренным значениям $\lambda_{\text{н}}$ хорошо соответствуют элементами $A_{\text{м}}$ I и $A_{\text{м}}$ II. Некоторые из этих линий были обнаружены также в [5]. К сожалению, мы не имели полные атомные данные как для $A_{\text{м}}$ так и для других элементов, входящих в рассматриваемые группы. Поэтому, вопрос о присутствии других актинидов, таких как Np, Pu и Am, в атмосфере данной звезды, остается открытым.

Были проведены сравнения полученных данных с результатами других авторов, как для звезды HD220825, так и для других магнитных звезд. Сравнения показывают, что результаты отождествления для всех трех групп элементов γ -процесса, полученные нами и в [5] для HD220825, в целом хорошо согласуются.

Однако, эти результаты не совпадают с результатами [2], полученными также для звезды HD220825.

По-видимому это связано с тем, что в [2] при отождествлении линий не учтена пятнистость данной звезды, вследствие чего большинство линий тяжелых элементов не наблюдаются во всех фазах. В [2], при поиске линий осмия и урана, были использованы только две спектрограммы с относительно низкой дисперсией ($10 \text{ \AA}^0/\text{мм}$), относящиеся к фазе максимума интенсивности линии Eu, а в этих фазах, как было показано выше, большинство линий элементов γ -процесса становятся очень слабыми или вообще не наблюдаются.

Обнаружение урана в видимой спектральной области во всех имеющихся работах основывается, главным образом, на отождествлении линий U II $\lambda 3859,58$ и оно было подробно изучено во многих работах [1, 2, 12]. С целью установления блендирования согласно [1] авторы этой работы совместно с другими специалистами звездной спектроскопии, детально изучили наблюдаемые контуры этой линии на нескольких (5) спектрограммах магнитной звезды β CrB, с дисперсией $2,4 \text{ \AA}^0/\text{мм}$. Они сделали попытку отождествления

обоих наблюдаемых компонент для изотопов ^{235}U II и ^{238}U II. Поскольку изотопические сдвиги для этих изотопов урана составляет всего лишь $\Delta\lambda=0,018\text{A}^0$, который на много меньше, чем точность определения длины волны $\Delta\lambda=0,10\text{A}^0$, результат указанной работы оказался безуспешным.

Нами были сделаны попытки установить наличие линии для изотопа ^{235}U II на спектрограммах звезды HD220825 с помощью наблюдаемых двух линий $\lambda 4116,10$ ^{238}U II и $\lambda 4244,37$ ^{238}U II. Изотопические сдвиги этих линий для ^{235}U II больше, чем для линии $\lambda 3859,58$ U II, и составляет примерно $\Delta\lambda=0,20\text{A}^0$. Подробное изучение показывает, что наблюдаемые формы профилей, а также интенсивности и длины волн отдельных компонентов, изменяются с фазой, причем усиление одного компонента сопровождается ослаблением другого. Эти наблюдаемые факты лучше объясняются пятнистостью поверхности звезды, чем эффектом изотопических сдвигов. Это не означает, что рассматриваемые изотопы урана отсутствуют в атмосфере исследуемой звезды.

Особый интерес представляет изучение линий элементов г-процесса в ультрафиолетовых областях спектра, где наблюдаются довольно сильные линии этих элементов.

Прошло три года, после того как наша первая работа по данному вопросу опубликована [8, 3]. За это время был запущен ультрафиолетовый телескоп (УФТ) на борту космической станции "Астрон" [102]. Одной из задач, поставленных при запуске "УФТ", был поиск тяжелых элементов в ультрафиолетовом спектре магнитных CP-звезд. С этой целью на спектрометре "УФТ" проводилась запись спектральных участков, в частности интервалов $\lambda 2201-2206 \text{A}^0$ и $\lambda 2553-2560 \text{A}^0$, содержащих линии Pb II $\lambda 2203,53$ и U II $\lambda 2556,19$ и W II $\lambda 2204,48$. Результаты отождествления УФ-спектров показали, что все указанные линии Pb II, U II и W II с большой уверенностью обнаруживаются в спектрах магнитных звезд HR465, 73Dra X Snc.

Эти неоспоримые наблюдательные факты ещё раз подтвердили в целом правильность результатов отождествления линий изученных нами элементов г-процесса.

После УФ наблюдений (на борту космической станции "Астрон") большинство исследователей интенсивно проводили поиски линий тяжелых элементов и в видимой области спектра [14]. Вслед за УФ наблюдениями [13], были проведены поиски линий всех лантоинидов в спектрах магнитных пекулярных звезд разных температур [14], [15] и др.

К настоящему времени отождествлены линии вторых ионов практически всех лантанидов, от легких La ($z=57$) до самых тяжелых Lu ($z=71$) элементов в спектрах разных магнитных звезд: γEqu , HD51418, HD200311, HD192913 [16].

За последние годы проведен поиск линий элементов Os-Pt-Hg, как в ультрафиолетовой, так и в

видимой областях спектра у различных магнитных CP-звезд [16], [17].

Наше отождествление линий Os и Pt в дальнейшем было подтверждено в ультрафиолетовой и видимой областях спектра у ряда магнитных звезд. В ультрафиолетовых спектрах трёх Hg-Mn и двух Ar-звезд HR465 и HD112413 [17], отождествлены линии Pt II, Au II и Hg II, хотя отождествление Au II не является уверенным. Отождествление линии Pt и Bi в спектре HR465 также было подтверждено с помощью УФ наблюдений [17]. Линии висмута до этого были обнаружены в спектре Hg-Mn звезды HR7575 [15]. В ультрафиолетовой области спектра кремниевой звезды HD213018 были обнаружены линии Hg II [18].

Все вышеуказанные наблюдаемые факты ещё раз доказывают правильность результатов отождествления линии, в том числе и элементов г-процесса, которые ранее проведены нами для магнитной звезды HD220825.

Анализ результатов идентификации спектральных линий в спектрах магнитной CP-звезды HR8911 позволяет нам сделать следующие выводы:

1. В спектре исследуемой звезды, характер изменения линий различных элементов в зависимости от фазы различен, и является как дополнительным аргументом к классическому методу отождествления спектральных линий.

2. Большинство линий для всех рассматриваемых трех групп элементов г-процесса не наблюдаются во всех фазах периода вращения данной звезды.

3. Практически все химические элементы (кроме водорода) распределены неравномерно и сконцентрированы в отдельных пятнах на поверхности звезды HD220825. При этом центры тяжести пятен для обычных и тяжелых элементов не совпадают, что часто приводит к разногласию результатов отождествления, особенно для линий элементов г-процесса.

После установления наличия элементов г-процесса в атмосферах магнитных CP-звезд основное внимание было уделено количественному определению химического состава этих элементов.

К сожалению, во многих случаях [19, 20] при анализе химического состава не учитывалась пятнистость поверхности магнитных CP-звезд. По-видимому, это является одной из основных причин разногласия результатов идентификации линий и анализа химического состава этих звезд. Из-за пятнистости магнитных CP-звезд интенсивность линий сильно меняется с фазой периода вращения звезды. Поэтому содержания элементов определенных даже одним и тем же методом в разные фазы получаются различными. В связи с этим перед определением химического состава магнитных звезд первым долгом необходимо выявить пятнистую структуры атмосферы у этих звезд.

[1]. Guthrie B.N.G. Nuclear and non Nuclear processes in the production of peculiar A- stars // Astrophys. and space sci. 1971. vol. 13 № 1. P.168 – 179
 [2]. Cowley C. R. et. el. A survey of peculiar and metallic – lined A – stars for the actinides // Astrophys. 1976. vol. 206 № 1. Part.1. P. 196 – 200

[3]. Cowley C. R. Rare – earth sistemation in Ap and Am – stellar spectra are new theoreticae developments required ? // Vistas in Astronomy.1980. vol. 24 P. 245 – 257

- [4]. Cowley C. R. Cluster analysis of rare – earths in stellar spectra. // *statical metods in astronomy ESA Sp–201*. Paris. 1983. P. 153 – 156.
- [5]. Galeotti P. Evidence for r – process elements in HR 8911. // *Astron. and space science*. 1974. vol.31. №1. P.193 – 201.
- [6]. Aller M. F. , Cowley C. R. Comments on the paper “ Is there prometium in HR 465?”.// *Astron. Astrophys*. 1972. vol.19. № 2. P. 286 – 287.
- [7]. Wolff S.C., Marrison N.D. About the identification lines promethium in the spectrum HR 465.// . *Astrophys*. 1972. vol.175. . № 2. Part 1. P. 473 – 475.
- [8]. Алиев С.Г. Линии тяжелых элементов в спектрах магнитно – переменной. Ap – звезды HD 220825. // *Астроном. Жур.* 1981. Т.58. вып. 2. с.355 – 360
- [9]. Meggers W. S. et. el. *NBS Monograph*. 1975. № 145. P.345.
- [10]. Зайдель А.Н. и др. // *Таблица спектральных линий*. Гостех – издат. М., 1969. 782 с.
- [11]. Moore C.E. A mult table of *Astrophysinterest*. *Contrib. Prinietion. Univ.Observ.* 1945.№ 20.200 P
- [12]. Алиев С.Г. Исследование линии элементов г-процесса в спектрах Ap-звезд HR 8911. // *Циркуляр ШАО* 1986. №76. с 22 – 33.
- [13]. Северный А.Б., Любимков Л. С. Об аномалии свинца и урана в Ap-звездах о наблюдениях ультрафиолетовых спектров на станции « Астрон ». // *Магнитные звезды. Тез. докладов*. Саласпилс, 1984, с.41 – 42.
- [14]. Magazzu A., Cowley C. R. Lantanide abundances in three cool CP – stars. // *Astrophys*. 1986. vol.306. P.254 – 259
- [15]. Guthrie B.N.G. Abundances of elements in the atmosphere of sharp – lined Hg – Mn stars.// *Mont. Not. R.A.S.* 1984. vol.206. P. 85 – 107.
- [16]. Ryabchikova T.A. et.el. Spectrum variability of the Silison Ap – star HD 192913. // *Publ. Sos. Pacif*.1990, vol.102. P.581 – 585.
- [17]. Fhurman K. The IUE spectrum of CP 2 stars HR 465 // *Astron. Astrophys. Suppl* . 1989.vol .80. P.399 – 431.
- [18]. Severny A.B., Lyubimkov L.S. A search for heary- elements in the Utaviolet spectra of Ap stars. // *Upper sequence stars with anomalous.Derdrieth D.Reide publ. comp.*,1986.P.327-340.
- [20]. Muthcom H.Cowley C.R. Asanalysis of HD 168733. // *Astron. Astrophys*. 1984, Vol. 130. P.348-352
- [21]. Balkal C. , Kocer D. , Duzgelen A: A model atmosphere analises of HD 25823. // *Astrophys.Space Sci*. 1987, Vol . 139. P. 295 - 304