

Отзыв официального оппонента о диссертации Анастасии Валерьевны Моисеевой «**Фундаментальные параметры выборки CP звезд по результатам спектроскопии на 6-м телескопе**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

Представленная к защите диссертационная работа А.В.Моисеевой была проведена в рамках большой программы исследований звездного магнетизма, начатой в САО РАН уже более 40 лет назад. Эти исследования связаны с решением глобальной астрофизической задачи – уточнения общей картины эволюции звезд различных масс с учетом эволюции их магнитных полей. В этом направлении осталось еще много нерешенных вопросов. На основе имеющихся данных разрабатывались различные, зачастую альтернативные эволюционные сценарии, выбор между которыми еще предстоит сделать. Можно сказать, что общее исследование пока остается на стадии накопления новых данных, относящихся как к измерению величин магнитных полей и уточнению их конфигурации у отдельных звезд, так и к точному определению их фундаментальных параметров, без знания которых невозможно построение эволюционных моделей. В этом смысле **актуальность** данного направления исследований невозможно переоценить.

Объектами изучения в настоящей диссертации были химически пекулярные Ар/Вр звезды (CP2 и CP4 по классификации Престона). Именно среди этих объектов часто встречаются звезды с большими магнитными полями, удобными для изучения. Среди них были выделены две подгруппы: а) Ар/Вр звезды, не входящие в ассоциации (так называемые звезды поля) и демонстрирующие сильные фотометрические депрессии и б) химически пекулярные звезды из 4-х различных областей (А, В, С, D) ассоциации Orion OB1.

Диссертация состоит из Введения, 4-х глав, Заключения и 3-х Приложений (А, Б, В).

В диссертации присутствует очень большая по объему и развернутая по содержанию обзорно-методическая часть. Она занимает две первые главы диссертации, а в остальных двух главах, где собственно и содержится описание самих исследований, первые разделы также носят обзорный и методический характер. Круг вопросов, рассмотренных в **Главе 1**, весьма обширен. Он посвящен звездному магнетизму и истории его исследования: от описания эффекта Зеемана в астрофизических условиях и обзора существующих методов регистрации магнитных полей до теорий формирования этих полей на звездах. В этой же главе представлен обзор всех имеющихся сведений о химически пекулярных звездах, об их классификации, а также описание их магнитных свойств.

Во второй главе кратко перечисляются существующие спектрополяриметры, установленные на телескопах различных обсерваторий, на которых в настоящее время измеряются звездные магнитные поля. При этом весьма детально описан Основной звездный спектрограф (ОЗСП+БТА) САО РАН, с использованием которого и была выполнена вся работа, представленная в диссертации. Ему посвящено несколько разделов, подробно изложена методика проведения наблюдений и процедура обработки полученного материала. В итоге даже приведена программа компьютерной обработки данных в системе ESO MIDAS (см. **Приложение А**).

В целом можно сказать, что данная диссертация может использоваться, как весьма информативный справочник по вопросам исследования звездного магнетизма.

Весь объем работ, результаты которых обсуждаются в диссертации, можно разделить на несколько этапов: а) участие в спектрополяриметрических наблюдениях объектов программы, б) обработка материала, полученного при наблюдениях, как собственных, так и проведенных ранее другими участниками рабочей группы, в) измерение эффективного продольного магнитного поля (B_e) объектов программы с использованием различных методов, описанных в первой главе, г) магнитное моделирование отдельных объектов, а именно, восстановление конфигурации и ориентации магнитного поля на основе фазовых диаграмм величин B_e , построенных для периода вращения звезды, полученного независимо из данных фотометрии, д) определение фундаментальных параметров объектов исследования (T_{eff} , $\log g$, L , M , R) а также V_R и $V \sin i$ с использованием спектроскопических методов, описанных в главе 4, е) статистические исследования особенностей магнитных химически пекулярных звезд, построение распределений их параметров, сравнивая при этом объекты различных подгрупп, а также обычные звезды тех же спектральных классов.

Автор диссертации принимала активное участие на всех вышеперечисленных этапах исследования. Результаты измерений магнитных полей большой выборки химически пекулярных звезд с использованием трех различных методов были описаны в **Главе 3** и собраны в специальный каталог (**Приложение Б**). В этой же главе представлены результаты магнитного моделирования нескольких звезд программы и проводится анализ их свойств в сравнении с особенностями других объектов того же типа. Результаты определения фундаментальных параметров химически пекулярных звезд представлены в **Главе 4**, в каталоге Приложения Б и, в более расширенном виде, в **Приложении В** для объектов из ассоциации Orion OB1. В этой же Главе 4 дан сравнительный анализ распределений фундаментальных параметров различных групп химически пекулярных звезд из разных областей,

как из ассоциации Orion OB1 и звезд поля, так и обычных звезд тех же спектральных классов, не относящихся к пекулярным.

Все результаты, полученные в диссертации, перечислены и обобщены в **Заключении**. Они были получены с использованием традиционных, хорошо проверенных методов, и поэтому нет сомнений в их **достоверности**. Результаты измерений магнитного поля и фундаментальных параметров для многих объектов были выполнены **впервые**, что и подчеркнуто в Автореферате в разделе «Новизна». Проведенный автором анализ результатов исследования и их интерпретация вполне корректен, и все сделанные в диссертации выводы представляются хорошо **обоснованными**. Автор проявила большую эрудицию при подготовке обзорной части диссертации и высокую научную квалификацию при работе со спектрополяриметрическим материалом.

Тем не менее, я хотел бы сделать некоторые **замечания**:

1. Название диссертации не вполне отражает ее содержание, в нем ни слова не говорится об измерении магнитных полей, а это – важная часть работы.

Замечания к обзорно-методической части:

2. К описанию LSD-метода, где измерения магнитного поля производятся с использованием особого усредненного профиля атмосферной линии, построенного на основе нескольких сот индивидуальных профилей, хотелось бы добавить подобный, но более современный SVD-метод (Singular Value Decomposition), подробно описанный в работе Carroll et al., 2012, A&A, 548, A95.

3. На стр.62 упомянут метод определения величин V_e по линии H β со ссылкой на работу Кудрявцева и др. (2012). Но сам метод не описан. Его описание, хотя бы краткое, было бы желательно, тем более, что величины V_e , определенные по этому методу, как правило, резко отличаются от результатов измерений с использованием других методов (интегральный и дифференциальный).

4. В нескольких формулах, где присутствуют численные коэффициенты (формулы 1.2 – 1.4, 4.3, 4.4) не указаны единицы измерения остальных величин, входящих в формулу. Из-за этого непонятно, как такой формулой пользоваться.

5. В п. 1.3.2 (стр.152) в подзаголовке А стоит название «Магнитные поля протозвезд», хотя имеются в виду Ae/Be звезды Хербига, которые протозвездами не являются. Согласно современной терминологии, протозвезды – это объекты на более ранней стадии эволюции, когда звезда еще полностью окружена газопылевым коконом и видна только в ИК.

Замечания по содержанию работы.

6. Каталог в Приложении Б называется «Результаты измерений магнитных полей и фундаментальных параметров МАГНИТНЫХ химически

пекулярных звезд». Но далеко не у всех объектов из каталога было обнаружено магнитное поле даже по нескольким измерениям в разные даты (объекты HD 11529, HD33256, HD36313 и др.). Вправе ли мы называть эти звезды МАГНИТНЫМИ?

7. Зачастую величины $Ve(z)$ и $Ve(r)$, измеренные разными методами, демонстрируют очень большие различия, существенно превышающие ошибку индивидуального измерения (например, HD35298, HD37776 и др.). Как правило, амплитуда величины $Ve(z)$ систематически больше. А о $Ve(h)$ и говорить не приходится, иногда даже не наблюдается корреляция с величинами, измеренными другими методами (например, HD6757, HD38823 и др.). Можно ли как-то прокомментировать эту ситуацию и предложить ее возможную интерпретацию?

8. Каталоги в приложениях и таблицы в главах составлены таким образом, что одни и те же объекты, наблюдавшиеся в одни и те же даты, попадают одновременно в разные таблицы. Причем их величины, измеренные даже одним методом, зачастую не совпадают. Например: HD35881 (JD2455553.26) – $Ve(r) = -60 \pm 140$ G (Табл.13) и -1130 ± 379 G (каталог Б); HD37058 (JD2455582.30) – $Ve(h) = -1000$ G (Табл.19) и -4300 G (каталог Б). Есть и другие примеры.

9. Подобные несоответствия встречаются и в значениях фундаментальных параметров объектов, приведенных в каталогах Б и В:
HD37479: $R/R_{sun} = 10.4$ (каталог Б) и 3.7 ± 0.7 (каталог В);
HD37776: $R/R_{sun} = 9.7$ (каталог Б) и 3.2 ± 0.7 (каталог В);

Возможно, это просто опечатки.

10. В работе имеются и другие несоответствия. Так, на стр.65 по результатам магнитного моделирования звезды HD5601 был определен угол $i = 20^\circ$. По спектрам была определена величина $Ve \sin i = 21$ км/с. Потом по формуле (4.3) определили величину экваториальной скорости вращения $Ve = 77$ км/с. Но если считать другим путем: $i = 20^\circ$, $\sin i = 0.344$ и $Ve = 21/0.344 = 61$ км/с, а не 77! Такие результаты могут получаться при использовании разных методов, но подобные ситуации следует комментировать.

Замечания по оформлению.

11. В тексте часто делается ссылка на работу Romanuk et al., 2017 (стр.31, 61, 81, 82). Но в библиографии таких работ – 3! Здесь следовало бы воспользоваться дополнительными буквенными обозначениями (a,b,c).

12. Обозначения величин Ve , измеренных разными методами, в тексте весьма разнообразны: интегральный метод: $Ve(z)$, $Ve(gauss)$, $Ve(cog)$, $Ve(gs)$; дифференциальный метод: $Ve(r)$, $Ve(reg)$, $Ve(regres)$. То же происходит и с звездными величинами, взятыми из базы данных HIPPARCOS: H_p , $m...$

Следовало бы выбрать что-нибудь одно.

13. В таблицах каталога Б приводятся величины Ve , измеренные

