

## ОТЗЫВ

*официального оппонента на диссертационную работу **Алексеевой Софьи Александровны** на соискание ученой степени «кандидат физико-математических наук» по специальности «01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия» (отрасль наук: «физико-математические») на тему **«Определение содержания углерода и натрия у звезд спектральных классов В-К с учетом отклонений от локального термодинамического равновесия»***

Возможность получать спектры большого количества звезд разных типов с высоким спектральным разрешением и отношением сигнал/шум свыше 100 требует применения адекватного теоретического аппарата для их анализа и интерпретации. Речь идет о не-ЛТР моделях звездных атмосфер, которые имеют преимущества над ЛТР-моделями только в том случае, когда в них используются модели соответствующих атомов с достаточно большим количеством уровней и надежные атомные данные. В основе диссертации С.А. Алексеевой, посвященной определению обилия углерода и натрия в атмосферах звезд спектрального классов от В до К, лежат созданные ею модели атомов C I — C II и Na I.

Модель атома углерода, состоящая из нейтрального атома и его первого иона, содержит около 300 уровней и свыше 2000 переходов между ними, а модель атома натрия – 17 уровней и около 70 переходов. Критическая компиляция соответствующих данных и тестирование моделей атомов, несомненно, потребовали от автора большой и кропотливой работы. Вызывает уважение и большое количество звезд (более 130), спектры которых были проанализированы в диссертации для определения обилия углерода и натрия. На основе этого материала, с привлечением данных об обилии циркония и некоторых других элементов Алексеевой был получен ряд ограничений на модели химической эволюции нашей Галактике. Кроме того диссертантом был объяснен механизм формирования эмиссионных линий C I в атмосферах карликов спектрального типа В, а также сделан вывод о возможности использования молекулярных линий CN для определения обилия углерода в звездах с низкой металличностью.

В целом, материал в диссертации изложен хорошо: убедительно продемонстрировано совпадение расчетных спектров с наблюдениями и необходимость использовать не-ЛТР подход, пояснен физический смысл полученных результатов. Достаточно полно проведено и сравнение полученных результатов с результатами других авторов, и при наличии расхождений предложены убедительные объяснения. Несомненное достоинство диссертации – исследование того, насколько оценки обилия углерода и натрия зависят от точности используемых атомных данных. Рисунки и таблицы хорошо иллюстрируют излагаемый в тексте материал.

У меня нет замечаний по научному содержанию диссертации. Единственный вопрос к автору связан с реакцией перезарядки  $\text{Na}^0 + \text{H}^0$ , в которой рассматривалось взаимодействие натрия с атомом H в основном состоянии (см. стр.78), но не учитывалась перезарядка с возбужденных уровней водорода. Эти процессы менее эффективны в рассматриваемых условиях, или они просто не принимались во внимание?

К сожалению, можно предъявить ряд претензий к оформлению диссертации. Я заметил более двух десятков синтаксических и грамматических ошибок-опечаток, перечислять которые не вижу смысла. Ссылки на Рис.5 и 7,8 идут после ссылок на Рис. 6 и 9 соответственно. Смысл сокращенного обозначения моделей (типа 10400/3.5/0.0), который впервые встречается на стр. 29, объясняется лишь на

стр.78. На стр.23 сила осциллятора  $\Omega=1$  должна соответствовать, не разрешенным, а запрещенным переходам. В разделе 1.2 вначале утверждается, что теоретические спектры вычислялись с помощью программы SYNTHV-NLTE, а чуть позже – BINMAG3. Неверно указаны электронные конфигурации C I в первом предложении раздела 2.1.

На диаграммах Гротриана Рис. 1-2 энергия уровней указана в  $\text{см}^{-1}$ , а в тексте – в эВ (например, стр.35). На той же странице размерности величин написаны по-английски. Вряд ли стоило везде в диссертации использовать для обозначения десятичного логарифма символ «log» вместо принятого в отечественной литературе «lg». Наличие диаграммы Гротриана для Na I существенно облегчило бы понимание текста Главы 4. Очень коряво написан кусок текста, посвященный описанию данных по скоростям возбуждения электронным ударом: начиная с последнего предложения на стр.40 плюс 5 строк на стр.41. Не ясно, о какой «аппроксимационной» формуле идет речь в 7 строке стр.41. На стр.72 и 77 вместо используемой везде системы ссылок на литературу в квадратных скобках использованы буквенные ссылки. Во второй строке на стр.77 должно быть Na II вместо Na I. В последнем предложении стр.89 непонятно, откуда взято значение -0.5. Несколько раз в диссертации используется слово «образец» вместо «набор» или «совокупность» – см., например, последний абзац стр.111.

Наконец, считаю, что положения, выносимые на защиту (стр. 17-18), следовало бы переформулировать, так, чтобы это были именно положения, а не информация о том, что сделано. Например, в первом положении, для этого следует убрать слова «Разработана» и «проведен».

Еще раз отмечу, что все отмеченные погрешности относятся к оформлению диссертации и никоим образом не влияют на общее положительное впечатление от ее научного содержания. В тексте каждой главы автор весьма скрупулезно выделяет, какие результаты получены им лично, а какие соавторами. Все вынесенные автором на защиту положения являются новыми, достаточно обоснованными и нетривиальными. Они хорошо известны специалистам: неоднократно докладывались на семинарах и международных конференциях, а также опубликованы в 6 статьях рецензируемых журналов из списка ВАК, пять из которых относятся к категории ТОП-25.

Полученные в диссертации результаты, несомненно, имеют большое прикладное значение и могут быть использованы в российских (ГАИШ МГУ, ИНАСАН, КрАО, КазФУ, САО РАН, ГАО РАН и др.) и зарубежных институтах, университетах и обсерваториях для исследований, так или иначе связанных с физикой звездных атмосфер, эволюцией звезд и химической эволюции Галактики.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация С.А. Алексеевой удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присвоения искомой степени. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ  
(119991, Москва, Университетский проспект, 13)  
доктор физ.-мат. наук

С.А.Ламзин

Подпись вед.н.с. ГАИШ МГУ С.А.Ламзина заверяю

Директор ГАИШ МГУ  
академик РАН, профессор

А.М.Черепашук