

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Ситновой Татьяны Михайловны «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

Диссертационная работа Ситновой Т. М. посвящена классической проблеме астрофизики – определению структуры фотосферы и химического состава звёзд. Эти проблемы **актуальны** сами по себе, ибо от их решения зависит прогресс во многих других разделах астрофизики. Изучение содержания элементов у звёзд поздних спектральных классов с разным содержанием металлов помогает понять, как происходила химическая эволюция Галактики. Кроме того, современные наблюдательные программы стали включать в себя изучение не отдельных звёзд, а многих тысяч звёзд и даже сотен тысяч объектов. «Обработка спектральных наблюдений, определение параметров атмосфер и химического состава для такого большого количества объектов может быть проведена только автоматическими методами, с помощью весьма сложных программ». Для тестирования получаемых при этом результатов очень **актуальным** явилось проведение тщательного анализа спектров небольшого набора звёзд, но с максимально возможной точностью определения параметров.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Всего в диссертации содержится 26 таблиц и 37 рисунков. Общий объем диссертации составляет 166 страниц. Библиография включает в себя 277 наименований.

Ситнова Т.М. использовала результаты современных наблюдений и программ для их анализа с целью определения с высокой точностью химического состава преимущественно звёзд главной последовательности.

**Сущность полученных результатов.** Перед решением поставленных в диссертации задач в её **первой** главе кратко описаны методы расчёта теоретического спектра звёзд и определения параметров различными методами. **Вторая** глава посвящена определению параметров атмосфер 51 FGK-звезды. Здесь предлагается метод определения параметров атмосфер FG-карликов на основе не-ЛТР анализа линий Fe I и Fe II с применением фотометрических данных, тригонометрических параллаксов, эволюционных треков. В частности, показано, что при использовании параметров атмосферы, полученных независимыми от спектроскопических методов (метод инфракрасного потока для  $T_{\text{eff}}$  и  $\log g$ , вычисленный по тригонометрическому параллаксу со спутника Hipparcos) при расчёте ионизационного равновесия Fe I/FeII необходимо учитывать отклонение от локального термодинамического равновесия (non LTE). Подчеркнём, что такой анализ подходит для определения параметров атмосфер F и G карликов в широком диапазоне металличности. В **третьей** главе описаны методы определения титана и кислорода. Здесь использованы новые данные об атомных параметрах и учтены результаты моделирования, показавшие что для согласования теоретических и наблюдаемых профилей плотности и скорости звука важно не только само содержание кислорода, но и относительное содержание тяжёлых элементов. Эти расчёты проведены для звёзд различного класса светимостей. Интересными представляются результаты **четвёртой** главы, относящиеся к звезде гало HD 29907, где, по нашему мнению,

продолжена интересная дискуссия о наблюдательных ограничениях, относящихся к модели химической эволюции Галактики.

**Научная новизна результатов** Ситновой Т.М. состоит в том, что она продемонстрировала необходимость учёта отклонений от ЛТР и смогла тем самым корректно рассмотреть ионизационное равновесие для нейтрального и ионизованного железа, построить многоуровневую модель атома Ti I-II с использованием новых значений сечений элементарных процессов, с высокой степенью точности определила содержание титана и кислорода у выборки звёзд с металличностью  $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$ .

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность.** Все результаты диссертации, выносимые на защиты, обоснованы. Достоверность полученных результатов, связанная с использованием новейших подходов к анализу данных, неоднократно подтверждалась рецензентами основных астрономических журналов в России и за рубежом. Автору удалось в полной мере продемонстрировать использование современных наблюдательных данных и апробированных методов их анализа для получения надёжных астрофизических выводов. В сопоставимых случаях результаты Ситновой Т.М. подтверждаются выводами серьёзных работ других авторов.

**Замечания по диссертации:** 1. В диссертации речь идёт о величине распространённости элементов с достижимой сегодня высокой точностью и о различии эффективных температур звёзд порядка 10 К. Это уже требует рассмотрения или хотя бы упоминания об эффектах, которые также следовало бы учитывать при таком анализе. Речь идёт о вкладе активности – пятен и факелов - в излучение G-K карликов, роли FIP(первого ионизационного потенциала) – эффекта. Влияние активности учитывается сейчас в работах по поиску экзопланет ( см. например, Herrero, E. et al. *Astronomy & Astrophysics*, **586**, id.A131, 19 pp. и ссылки там).

2. Результаты главы 4 диссертации можно рассматривать как определённое дополнение к очень важной, с моей точки зрения, статье Ситновой Т.М. и др. (ссылка 69 диссертации). В этой статье рассмотрены данные о 51 карлике и субгиганте, а звезда гало HD 29907 по сравнению с ними обладает самой большой силой тяжести. Это необходимо было отметить в тексте диссертации. Разумеется, последнее предложение диссертации показывает, что автор понимает, что без серьёзного включения изучения FG гигантов в широком диапазоне  $[Fe/H]$  серьёзно рассматривать эволюцию химического состава Галактики очень трудно.

3. Работа оформлена хорошо. Однако некоторые рисунки – рис. 2.5 справа и другие- при воспроизведении в черно-белом виде воспринять практически невозможно. Весь список литературы дан в англоязычном варианте, вместо номера статей (Article id.) указано страница(P., см. ссылку 69 и др). Можно отметить несколько опечаток: на стр. 4 пропущен предлог в тексте «в 1142 работах», слово «зря» вместо «для» на стр. 22.

Указанные выше недостатки не снижают общей высокой оценки проведенной работы.

Оценивая диссертацию в целом, укажем, что Ситнова Т.М. проделала огромную работу и успешно справилась с поставленными задачами. Она продемонстрировала каким образом современные наблюдения и их серьёзный анализ даёт возможность очень точно определить химический состав звёздных атмосфер и позволяет продвинуться в изучении химической эволюции Галактики. Это имеет большое научное и практическое значение для развития этой области астрофизических исследований. Все результаты опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию.

**Заключение.** Все вышеизложенное позволяет сделать вывод: диссертация Ситновой Татьяны Михайловны «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К» является законченным самостоятельным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Диссертация удовлетворяет всем критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения степени кандидата наук, а её автор - Ситнова Татьяна Михайловна безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент

Лившиц М.А. докт. – физ-мат. наук

по специальности 01.03.02 -

Главный научный сотрудник ИЗМИРАН

