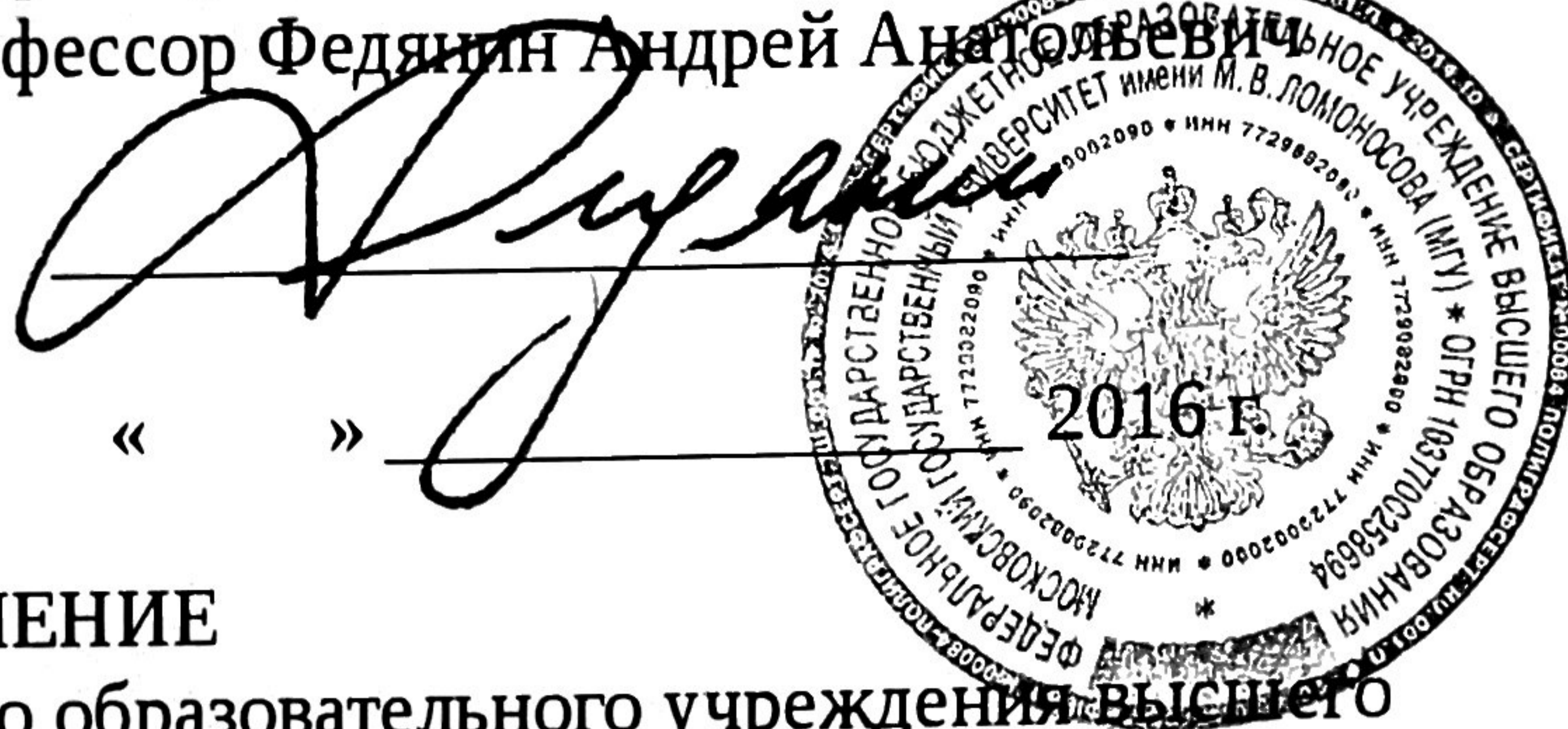


УТВЕРЖДАЮ

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова,
профессор Федянин Андрей Анатольевич



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Диссертация «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К» выполнена на кафедре астрофизики и звёздной астрономии физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

В период подготовки диссертации соискатель Ситнова Татьяна Михайловна училась в аспирантуре физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» на кафедре астрофизики и звёздной астрономии.

В 2012 году окончила астрономическое отделение физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «Астрономия».

В 2016 году окончила очную аспирантуру физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности 01.03.02, Астрофизика и звёздная астрономия.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 году Физическим факультетом Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — доктор ф.-м. н. Машонкина Людмила Ивановна, заведующая отделом нестационарных звёзд и звёздной спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт астрономии Российской академии наук», а также академик РАН Черепашук Анатолий Михайлович, директор Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

По результатам рассмотрения диссертации «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К» принято следующее заключение:

Диссертационная работа «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К» является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявленным ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, и соответствует специальности 01.03.02, Астрофизика и звёздная астрономия.

Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые получены следующие результаты:

Для выборки звезд в диапазоне металличности $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$ определены параметры атмосфер на основе не-ЛТР анализа линий Fe I и Fe II. Показано, что при использовании параметров атмосферы, полученных независимыми от спектроскопического методами (метод инфракрасного потока для Тэфф и $\log g$, вычисленный по тригонометрическому параллаксу со спутника Hipparcos) ионизационное равновесие Fe I/Fe II выполняется в не-ЛТР.

Построена многоуровневая модель атома Ti I-II с учетом всех как лабораторных, так и теоретически предсказанных уровней и с применением квантово-механических сечений фотоионизации для Ti I и Ti II. Проведены расчёты статистического равновесия Ti I-II в атмосферах АВ звёзд. Показано, что не-ЛТР подход позволяет согласовать содержания по двум стадиям ионизации у АВ звёзд и уменьшить разброс содержания по разным линиям

внутри каждой стадии ионизации.

Усовершенствование модели атома O I путём включения квантово-механических сечений столкновений с электронами позволило получить согласие содержания по линиям O I в видимом и инфракрасном диапазоне у звёзд спектрального класса A.

Проведен детальный анализ содержания 22 элементов нейтронных захватов от Sr до Yb у звезды гало HD 29907 с $[Fe/H] = -1.55$. Показано, что происхождение Ba-Yb у этой звезды связано с r-процессом, а вклад звезд асимптотической ветви гигантов в обогащение межзвездной среды тяжелыми элементами в эпоху с $[Fe/H] = -1.55$ если и был, то был незначительным, на уровне ошибки определения содержания.

Определено не-ЛТР содержание титана у выборки звёзд с $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$.

Получено содержание кислорода у выборки звёзд с $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$ с помощью усовершенствованной не-ЛТР методики для O I.

Результаты диссертации являются обоснованными и достоверными, они опубликованы в рецензируемых журналах и доложены на международных конференциях и семинарах.

Практическая значимость работы:

Полученные параметры атмосфер уже применены для определения содержания 17 элементов у выборки звёзд в рамках российско-китайского проекта «Систематическое не-ЛТР исследование содержания элементов от Li до Eu у близких звёзд-карликов». Преимущество наших результатов в однородности выборки звёзд, параметрах, определённых единым методом, а также содержании, полученном с учётом отклонений от ЛТР с использованием самых современных атомных данных, что в конечном итоге ведёт к более точным элементным соотношениям и меньшему разбросу содержания элементов у звёзд с близкой металличностью по сравнению с данными из литературы.

Выборка FG-карликов с хорошо определёнными параметрами может применяться для тестирования автоматических методов определения параметров атмосфер и химического состава.

В работе показано, что разработанные не-ЛТР методы определения содержания по линиям O I, Ti I и Ti II работают для звёзд в широком диапазоне параметров от поздних V до K и могут быть использованы для решения разных задач.

Точное содержание титана и кислорода у FG-звёзд с $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$ подходит для сравнения с предсказаниями моделей химической эволюции Галактики.

Содержание кислорода в атмосферах звезд является важной величиной не только для сценариев химической эволюции Галактики, но и теории строения и эволюции звезд. Полученное нами содержание кислорода в атмосфере Солнца на 0.09 dex превышает значение, полученное Асплундом и др. (2009), но на 0.08 dex меньше того, которое нужно для согласования теоретических и наблюдаемых профилей плотности и скорости звука.

Линии нейтрального и ионизованного титана наблюдаются у звезд в широком диапазоне спектральных классов, от поздних V до K, и могут служить для определения параметров звездных атмосфер спектроскопическим методом.

Результаты диссертации, выносимые на защиту, отражены в следующих публикациях:

1. Sitnova, T., Zhao, G., Mashonkina, L., Chen, Y., Liu, F., Pakhomov, Yu., Tan, K., Bolte, M., Alexeeva, S., Grupp, F., Shi, J.-R., Zhang, H.-W., Systematic Non-LTE Study of the $-2.6 < [Fe/H] < 0.2$ F and G dwarfs in the Solar Neighborhood. I. Stellar Atmosphere Parameters, *The Astrophysical Journal*, Volume 808, Issue 2, article id. 148, 17 pp., (2015).

2. Sitnova, T., Mashonkina L., Ryabchikova, T., A non-LTE line formation for neutral and singly ionised titanium in model atmospheres of the reference A-K stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, в печати, (2016).

3. Ryabchikova, T., Piskunov, N., Pakhomov, Yu., Tsymbal, V., Titarenko, A., Sitnova, T., Alexeeva, S., Fossati, L., Mashonkina, L., Accuracy of atmospheric parameters of FGK dwarfs determined by spectrum fitting, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 456 (2): 1221-1234, (2015).

4. Ситнова Т. М., Машонкина Л. И., Рябчикова Т. А., Влияние отклонений от ЛТР на определение содержания кислорода в атмосферах звезд спектральных классов А-К, Письма

в *Астрономический Журнал*, 39, 2, с.126-140, (2013).

5. Ситнова Т. М., Машонкина Л. И., Вклад g- и s-процессов в содержание тяжёлых элементов у звезды гало HD 29907, *Письма в Астрономический Журнал*, том 37, No 7, с. 525–544, (2011).

6. Ситнова Т. М., Эволюция содержания титана и кислорода по наблюдениям FGK карликов в широком диапазоне металличности, *Письма в Астрономический Журнал*, том 42, в печати, (2016).

7. Машонкина Л. И., Ситнова Т. М., Пахомов Ю. В., Влияние отклонений от ЛТР на определение содержания кальция, титана и железа у холодных гигантов разной металличности, *Письма в Астрономический Журнал*, том 42, в печати, (2016).

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают результаты, полученные соискателем. В работе 1 соискателем проведены не-ЛТР расчёты для Fe I-II, измерение и анализ содержания по линиям железа, выбор параметров моделей атмосфер и их проверка с помощью эволюционных треков. В работе 3 соискателем проведены не-ЛТР расчёты для Ti I-II и рассчитаны не-ЛТР поправки к содержанию титана по отдельным линиям для звёзд выборки. В работе 5 содержание всех элементов, кроме свинца определено соискателем. В работах 2, 4, 6 соискателем получены результаты и написан текст. В работе 7 соискателем рассчитаны не-ЛТР поправки к содержанию для линий титана.

Диссертация «Разработка не-ЛТР методов определения фундаментальных параметров и химического состава атмосфер звёзд спектральных классов от В до К» Ситновой Татьяны Михайловны рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02, Астрофизика и звёздная астрономия.

Заключение принято на основании заседания кафедры астрофизики и звёздной астрономии 10 февраля 2016 года. На заседании присутствовали сотрудники ГАИШ, в том числе зав. кафедрой академик РАН А.М. Черепашук, проф. А.В. Засов, зав. каф. проф. А.С. Расторгуев, проф. К.А. Постнов, доц. В.Г. Корнилов, доц. С.А. Потанин, д.ф.-м. н. Л.И. Машонкина, д.ф.-м.н., доц. О.К. Сильченко, проф. Н.Н. Самусь, вед. программист Л.Н. Петроченко, к.ф.-м.н. Н.А. Горыня, асп. К.Е. Атапин, асп. М.В. Корнилов.

Заведующий кафедрой астрофизики и звёздной астрономии
Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор

А.М. Черепашук

Куратор аспирантов астрономического отделения
Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
вед. программист

Л.Н. Петроченко