

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П. Н. ЛЕБЕДЕВА**

**СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.023.01**

23 мая 2017 года

*Защита диссертации
Алексеевой Софьи Александровны
на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02
(астрофизика и звездная астрономия)
«Определение содержания углерода и натрия у звезд спектральных классов
В-К с учетом отклонений от локального термодинамического равновесия»*

Присутствовали члены диссертационного совета:

1. Новиков И.Д., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, физ.-мат. науки, заместитель председателя
2. Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки, ученый секретарь
3. Бурдюжа В.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
4. Дагкесаманский Р.Д., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
5. Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
6. Каленский С.В. д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
7. Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, техн. науки
8. Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
9. Лукаш В.Н., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
10. Новиков Д.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
11. Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
12. Чашей И.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
13. Шишов В.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
14. Щекинов Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Председательствующим на данном заседании является доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, заместитель председателя диссертационного совета И.Д. Новиков.

Секретарь заседания – ученый секретарь диссертационного совета д.ф.-м.н. Ю. А. Ковалев.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Разрешите открыть наше заседание диссертационного совета. Мы сегодня будем заслушивать защиту диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Алексеева Софья Александровна. Диссертация называется «Определение содержания углерода и натрия у звезд спектральных классов В-К с учетом отклонений от локального термодинамического равновесия». Научный руководитель -- Машонкина Людмила Ивановна. Официальные оппоненты – Ламзин Сергей Анатольевич и Коротин Сергей Анатольевич. Ведущая организация – Казанский (Приволжский) Университет, город Казань. Слово – секретарю.

СЕКРЕТАРЬ: Кратко докладывает об основном содержании представленных соискателем документов и их соответствии установленным требованиям.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Слово для доклада предоставляется соискателю.

ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

СОИСКАТЕЛЬ:

(В докладе демонстрирует слайды 1-27, распечатки которых даны в Приложении к стенограмме, а к электронному файлу стенограммы приложен электронный файл слайдов).

Слайд 1. Моя работа посвящена исследованию звезд по спектрам высокого разрешения. Речь пойдет об обычных звездах, модели атмосфер которых одномерные, плоскопараллельные, с гидростатическим равновесием и без учета магнитного поля. Стремительное улучшение инструментов для анализа спектров звезд привело к тому, что сейчас мы можем получать спектры очень высокого качества. В связи с этим возникла необходимость улучшать теоретические методы спектрального анализа. Отличительной особенностью моей работы является то, что здесь рассматривается формирование спектральных линий в условии отклонения от локального термодинамического равновесия (ЛТР). Сокращенно мы называем это не-ЛТР подход.

Слайд 2. Зачем нужно использовать этот подход в звездах? Самый яркий пример того, что в атмосферах звезд не соблюдается ЛТР, является обнаружение эмиссионных линий металлов. В частности, линии нейтрального углерода в ближней ИК области в атмосферах В-звезд главной последовательности. Вторая причина заключается в том, что когда мы анализируем спектры звезд и пытаемся получить содержание химических элементов, то мы видим, что по разным линиям получается очень большой разброс в содержании. И только применяя не-ЛТР подход, этот разброс можно уменьшить или убрать, и получить содержание элементов с большей точностью.

Слайд 3. В этой работе можно обозначить 2 цели. Первая – это изучение формирования линий C I - C II и Na I при отказе от локального термодинамического равновесия в широком диапазоне звездных параметров. Вторая – использование теоретических не-ЛТР методов анализа линий C I, Na I, Zr II для определения содержания элементов с целью решения задач химической эволюции Галактики.

Слайд 4. Когда мы предполагаем ЛТР, то населенности энергетических уровней атомов рассчитываются по формулам Больцмана и Саха. Однако в области формирования линий ЛТР не соблюдается, поэтому возникает необходимость решения не-ЛТР задачи, что и решается в этой диссертации. Что такое не-ЛТР задача? Реальный атом описывается моделью атома с заданным числом энергетических уровней и населенности этих уровней определяются из решения системы уравнений статистического равновесия и уравнения переноса излучения. Здесь необходимо учитывать все радиативные и ударные процессы, влияющие на опустошение и заселение каждого энергетического уровня.

Слайд 5. Первая глава посвящена анализу линий C I и C II в атмосферах А и В звезд. И здесь решаются 2 проблемы. Первая проблема – объяснить, почему возникает эмиссия в линиях C I в атмосферах В звезд главной последовательности. Вторая - определить

содержание углерода в звездах спектральных классов А-В наиболее точным образом. Для того, чтобы устранить разброс в содержании элементов по разным линиям.

Слайд 6. В работе была построена многоуровневая модель атома С I и С II. Под словами «построение модели атома» мы подразумеваем следующее. Собираем все необходимые данные для расчета статистического равновесия. Прежде всего, это уровни энергии, вероятности переходов, сечения фотоионизации и все необходимые квантово-механические расчеты для учета столкновений с электронами, а если это холодные звезды, то еще и столкновения с нейтральными атомами водорода.

Слайд 7. Отклонения от ЛТР характеризуются величиной, которая носит название б-фактор или коэффициент отклонения. И коэффициентами отклонения является отношение населенностей при не-ЛТР к ЛТР. Иными словами их еще называют б-факторами. Здесь показаны отдельно для С I и для С II коэффициенты отклонения в атмосфере звезды с такими параметрами. При таких физических условиях С II – основная стадия ионизации, основное состояние С II и низковозбужденные уровни С II не подвержены отклонениям от ЛТР и сохраняют свои равновесные населенности. Нижние уровни С I опустошаются за счет сверхионизации. Уровни С II перезаселены относительно ЛТР благодаря радиативной накачке в УФ переходах.

Слайд 8. Здесь показаны наблюдения звезды 21 Пегаса. Черные точки это спектры звезды, красные линии это не-ЛТР профили, синие – ЛТР профили при том же самом содержании. Эта звезда очень хороший пример. У нее линии делятся на три группы. Для первой группы линий не-ЛТР приводит к тому, что линия при не-ЛТР усиливается. Для второй группы линий функция источников, наоборот, больше функции Планка и линия ослабевает при не-ЛТР. И, наконец, для двух линий наблюдается эмиссия, которая воспроизводится посредством наших не-ЛТР вычислений. Механизм возникновения эмиссии в атмосферах В-звезд: сверхионизация С I, приводящая к большему опустошению нижних по сравнению с верхними уровнями исследуемых переходов, и опустошение нижнего уровня при спонтанных переходах на низковозбужденные уровни и основное состояние в слоях, где среда становится оптически тонкой в соответствующих УФ линиях.

Слайд 9. Здесь приведен пример другой звезды, у нее температура 17500 и у нее все линии нейтрального углерода в эмиссии. Красным цветом показаны наши теоретические не-ЛТР профили линий. А также, у нее уже наблюдаются линии С II в виде линий поглощения.

Слайд 10. Для семи АВ звезд определено содержание углерода по линиям С I - С II в условиях отклонения от ЛТР. У четырех из них наблюдаются линии двух стадий ионизации, включая эмиссионные линии С I, и по всем линиям получено согласие при определении содержания углерода. Для примера здесь показана звезда 21 Пегаса. Тот слайд, который я уже показывала. Все результаты по этой Главе опубликованы в работе 1.

Слайд 11. На защиту выносятся. Разработана методика расчета статистического равновесия С I и С II, проведен анализ формирования спектральных линий в условиях отклонения от ЛТР. Объяснен механизм формирования эмиссионных линий в атмосферах В-звезд главной последовательности. И определено содержание углерода по линиям С I и С II в условиях отклонения от ЛТР для семи звезд по спектрам высокого разрешения. У четырех из них наблюдаются линии двух стадий ионизации, включая, эмиссионные. И по всем линиям получено согласие при определении содержания углерода.

Слайд 12. Глава 2 посвящена холодным звездам, спектральных классов F, G и K. Основной вопрос, на который здесь надо было ответить, не возникает ли систематических сдвигов в содержании углерода, полученного по разным индикаторам. У звезд различной металличности имеются разные индикаторы определения содержания углерода: это атомарные линии С I и молекулярные линии СН. На этот счет в литературе была работа, в которой было показано, что содержание по атомарным линиям в 2,5 раза выше, чем по молекулярным. В этой главе мы исследовали, действительно ли такая разница и с чем она связана.

Слайд 13. Здесь продемонстрированы спектры (черные точки) для примера, чтобы показать, как выглядят молекулярные полосы CN у этой звезды и то, как уже при металличности -1.5 ослабевают атомарные линии C I в видимой области спектра.

Слайд 14. В итоге для 47 звезд спектральных классов F, G и K с надежно определенными параметрами по спектрам высокого разрешения было определено содержание углерода по атомарным и молекулярным линиям. И среднее значение C I-CN составляет -0.02 плюс-минус 0.1 . Это то среднее значение, которое получается из разницы содержания по атомарным и молекулярным линиям. Это говорит о том, что мы можем использовать молекулярные линии для определения содержания углерода, используя одномерные, плоскопараллельные модели атмосфер в звездах с низкой металличностью, где атомарные линии (в видимой области спектра) могут отсутствовать. Результаты опубликованы в двух работах.

Слайд 15. На защиту выносятся. Показано, что содержание углерода, полученное на основе различных индикаторов, а именно, атомарных линий C I и молекулярных линий CN у 47 FGK-карликов, хорошо согласуется. Это позволяет сделать важный вывод о возможности использования молекулярных линий CN в рамках плоско-параллельных моделей атмосфер для определения содержания углерода, в том числе, для звезд с низкой металличностью. Где атомарные линии отсутствуют.

Слайд 16. Третья глава посвящена натрию. В этой главе основной вопрос, который здесь решается, это посмотреть, есть ли различие в содержании натрия у звезд толстого и тонкого дисков Галактики. В работе Пахомова 2013 года был продемонстрирован такой рисунок, где видно, что у звезд тонкого диска (это черные кружочки) виден некий намек на избытки в содержании натрия, в отличие от звезд толстого диска (это открытые символы, кружки и квадратики). В этой работе Пахомова линии натрия анализировались в предположении о локальном термодинамическом равновесии.

Моя задача заключалась в том, чтобы построить модель атома натрия и определить содержание натрия у этих красных гигантов и посмотреть, как это отразится на результатах. Действительно ли есть избытки или их нет.

Слайд 17. Модель атома натрия достаточно простая. Также как и для углерода, здесь были собраны все необходимые атомные данные, квантово-механические расчеты из литературы.

Слайд 18. Для 78 красных гигантов, спектры которых были получены Юрием Пахомовым на различных инструментах, было определено содержание натрия. Эти звезды были разделены на группы: это тонкий диск (красные символы), толстый диск (черные кружочки) и здесь есть объекты, которые не удалось приписать ни к толстому, ни к тонкому диску. В результате что получается. Если мы рассматриваем содержание натрия в предположении ЛТР, то, действительно, есть некий намек на избыточное содержание натрия. Применяя же более точную методику определения содержания натрия, рассматривая формирование линий в условиях отклонений от ЛТР, эта разница исчезает, разброс значительно уменьшается. Результаты опубликованы в работе 4.

Слайд 20. На защиту выносятся. Разработана модель атома натрия с использованием современных атомных данных. По спектрам высокого разрешения определено содержание натрия у 78 красных гигантов, благодаря учету не-ЛТР эффектов удалось показать, что отношение Na/Fe у звезд толстого и тонкого дисков совпадает и близко к солнечному.

Слайд 21. Глава 4 наблюдательные ограничения на модели химической эволюции Галактики. Эта глава есть часть большого проекта, в рамках которого необходимо было определить содержание 17 химических элементов в условиях отклонения от ЛТР. Я занималась тремя элементами: углерод, натрий и цирконий. В результате для углерода у звезд в широком диапазоне металличности мы получили такое синусоидальное поведение. И видим, что наблюдается разброс в содержании углерода у звезд гало, которые обозначены здесь синими звездочками. Если же мы рассматривает отношение углерода к кислороду, то разброс значительно уменьшается и на металличности -1.5 наблюдается

локальный минимум. Что касается натрия, то, также как и в главе 3 для красных гигантов было показано. Что нет разницы в содержании натрия между звездами тонкого и толстого дисков галактики, так и здесь у карликов мы видим, что разницы нет и содержание натрия близко к солнечному. У звезд гало мы наблюдаем разброс.

Слайд 21. Эти результаты мы сравнили с моделью химической эволюции Кобаяши. Это самая современная на сегодня модель, где наиболее точным образом учитываются все источники обогащения межзвездной среды химическими элементами. Видим, что качественно эти модели описывают наблюдения, однако все равно придется еще работать над этими моделями и улучшать их, потому что (вот здесь, например) согласие не очень хорошее. То есть наши результаты будут использоваться как наблюдательные ограничения на модели химической эволюции Галактики.

Слайд 22. Для этой же выборки звезд было определено содержание циркония в условиях отклонения от ЛТР. У звезд тонкого диска содержание циркония близко к солнечному и наблюдается подъем в сторону низких металличностей.

Слайд 23. Цирконий интересно сравнить с другим химическим элементом, стронцием, поскольку Zr и Sr оба являются легкими элементами нейтронных захватов. Как предполагается, они должны синтезироваться в одних и тех типах звезд и в одних и тех же реакциях. Мы видим, что если у звезд тонкого диска отношение Zr к Sr близко к солнечному, то в сторону дефицита металлов мы видим такой резкий подъем. С чем это связано, на сегодня не совсем понятно. Не понятно, почему в ранней Галактике циркония синтезировалось больше, чем стронция. Если полагаться на эмпирические данные Травалье, то величина отношения циркония к стронцию должна быть 0.1. Это если предполагать, что эти два элемента синтезировались только в r-процессе. На это вопрос еще предстоит найти ответ. Результаты опубликованы в работе 6.

Слайд 24. На защиту выносятся. У выборки звезд, включающей 51 FGK-карлик в диапазоне металличности от -2.6 до 0.2 определено содержание C, Na, Zr с учетом отклонения от ЛТР. Полученные результаты будут полезны как наблюдательные ограничения на модели химической эволюции.

Слайд 25. По теме диссертации опубликовано 6 статей в изданиях из списка ВАК. На этом слайде 4 статьи.

Слайд 26. И две статьи на этом слайде.

Слайд 27. Все результаты докладывались на российских и международных конференциях. Все. Спасибо за внимание.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Прежде чем мы перейдем к вопросам, я вынужден объявить технический перерыв на несколько минут.

Объявлен технический перерыв на 5 минут.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Объявляется конец технического перерыва. Итак, переходим к вопросам. Пожалуйста, у кого есть вопросы к соискателю.

ВОПРОСЫ К СОИСКАТЕЛЮ

Щекинов Ю.А.: Правильно ли я понимаю, что учет не-ЛТР приближения необходим и, тем более он существеннее, чем более поздние классы Вы рассматриваете, и чем меньше металличность?

СОИСКАТЕЛЬ: Это не всегда так. Например, для углерода с понижением металличности эффекты уменьшаются, потому что область формирования линии сдвигается в более глубокие слои, где эффекты становятся меньше.

Щекинов Ю.А.: То есть это определяется непрозрачностью?

СОИСКАТЕЛЬ: Да.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще вопросы!

Бурдюжа В.В: Скажите, в самом начале у вас был такой термин сверхионизация. Это как?

СОИСКАТЕЛЬ: Если Вы запомнили, как выглядит структура уровней для углерода, то пороги ионизации для низковозбужденных уровней лежат в далекой ультрафиолетовой области, где доминируют процессы фотоионизации за счет того, что среднее интенсивность там выше функции Планка и это приводит к тому, что за счет фотоионизации уровни опустошаются.

Бурдюжа В.В: Сверхионизация, это когда что?

СОИСКАТЕЛЬ: Это такой термин.

Бурдюжа В.В: Это не Ваш термин?

СОИСКАТЕЛЬ: Это не мой термин.

Каленский С.В.: Скажите, методику расчета Вы сами разрабатывали?

СОИСКАТЕЛЬ: Для расчета статистического равновесия использовался код DETAIL, разработанный Батлером и Гиддингсом. В этом коде совместно решается уравнение статистического равновесия и уравнение переноса излучения, которое решается методом ускоренной лямбда-итерацией (в варианте Райбики и Хаммера).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще вопросы!

Ларионов М.Г.: Скажите, учет соударения с нейтральными атомами водорода, наверное, имеет смысл рассматривать только для поздних спектральных классов? В самом начале Вы говорили, что, когда углерод ионизован, то там учет соударений не играет роли?

СОИСКАТЕЛЬ: Да, когда мы работаем с горячими звездами, то там это не важно.

Соударение с нейтральными атомами водорода важно учитывать, когда мы работаем со звездами поздних спектральных классов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Какие вопросы еще? Не вижу. Нет больше вопросов. Хорошо, тогда мы переходим к следующему пункту и слово предоставляется научному руководителю. Людмила Ивановна, пожалуйста.

ОТЗЫВЫ И ОТВЕТЫ НА ЗАМЕЧАНИЯ

Машонкина Л. И. (научный руководитель) *Выступает (отзыв прилагается).*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Юрий Андреевич, пожалуйста, какие документы еще имеются?

СЕКРЕТАРЬ зачитывает заключение организации, где выполнялась работа - Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук и отзыв ведущей организации - Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет». (Заключение и Отзыв положительные, документы прилагаются). Других отзывов нет.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Софья Александровна, пожалуйста.

СОИСКАТЕЛЬ: Да (*показывает слайд 28*), мы, действительно, не рассматривали изотопный состав углерода. Измерения изотопного состава углерода показывает, что C-13 составляет 1 % и изотопический сдвиг для углерода значительно меньше, чем доплеровская тепловая полуширина линии. Поэтому линии C-12 и C-13 должны формироваться в одних и тех же слоях. Следовательно, C-13 никак не может влиять на не-ЛТР эффекты для линий C-12. Здесь приведена ссылка. Второе (*показывает слайд 29*), 1 больше трех это уровни с электронной конфигурацией $f+g+h$. Они объединялись. Рассмотрим уровень $5fg$, который состоит из двух уровней, $5f+5g$. У нас есть разрешенные переходы с $5f$ на $3d$, $4d$, $5d$, и с уровня $5g$ на $5f$. Объединя уровни $5f+5g$, у нас по-прежнему учитываются все переходы. Аналогично с уровнем $6fgh$. Следовательно, объединя все эти уровни, переходы все равно все учитываются, и это никак не может привести к уменьшению эффективности спонтанных переходов. Следующий вопрос, это не подтверждена достаточность 17-уровневой модели атома. Тестовые расчеты, в которых

мы увеличивали количество уровней, были сделаны еще до опубликования этих результатов и они показывают, что разницы между новой и старой моделью атома нет. По поводу слабых линий (*показывает слайд 30*), содержание по которым оказывается на 0.6 выше, чем по сильным линиям. Во-первых, линия 5148 вообще не использовалась нигде. Это никак не может привести к искусственным сдвигам, потому что мы используем дифференциальный подход. В чем он заключается? Допустим, мы получаем содержание натрия у звезды по этой линии и вычитаем его из содержания, полученного на солнце по этой же самой линии. Следовательно, если есть какая-то неопределенность в атомных данных, как, например, нет точных констант ван-дер-ваальсовского уширения, то этот дифференциальный подход путем вычитания позволяет обойти эту проблему.

В диссертации не выполнено сравнение результатов с литературными данными (*показывает слайд 31*). Модель атома натрия, которая была построена в диссертации близка к единственной работой это Линд 2011 год. Именно в нашей модели и в этой работе учитывались столкновения в нейтральными атомами водорода. В других работах это нигде не учитывалось, потому что не было еще расчетов для столкновений с атомами водорода. Приведено сравнение в диссертации Таблица 16, страница 80. Там показано, что для самых сильных линий, где возможны самые сильные отклонения от ЛТР, наши результаты согласуются. У Линд в этой статье выполнено очень много сравнений с другими авторами из других работ.

Кобаяши представили свои данные относительно того содержания а Солнце, которое сейчас реально наблюдается на Солнце (*показывает слайд 32*). И мы тоже определяли содержание химических элементов на Солнце и наши значения согласуются с Лоддерс. Оппонент предлагает нормировать модель на то значение содержания натрия, которое получается в модели. Но это будет неправильно.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Переходим теперь к выступлению оппонентов. Пожалуйста, Ламзин Сергей Анатольевич.

Ламзин С.А. (официальный оппонент): *Выступает (отзыв прилагается).*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Второй оппонент, пожалуйста, Коротин Сергей Анатольевич.

Коротин С.А.: (официальный оппонент): *Выступает (отзыв прилагается).*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, Ваши ответы.

Ответ СОИСКАТЕЛЯ на замечания официального оппонента Коротина С.А.

СОИСКАТЕЛЬ: (*показывает слайд 33*). В третьей главе мы рассматривали звезды холодные, спектральных классов F-G-K и мы использовали квантово-механические данные Рейда. А во второй главе анализировались горячие звезды и там выборка данных Рейда была дополнена другой выборкой Зацаринного. т.е. столкновения с электронами учитывались наилучшим образом. Вопрос. Как повлияет это дополнение данных столкновений с электронами Зацаринного на холодные звезды. На примере Солнца я взяла линию 9405, у которой самые сильные эффекты отклонения от ЛТР и разница получается 0.03 dex. То есть эффекты очень маленькие. Но это и понятно. У горячих звезд роль столкновений с электронами велика, по сравнению с холодными звездами.

Ответ СОИСКАТЕЛЯ на замечания официального оппонента Ламзина С.А.

И вопрос первого оппонента (*показывает слайд 34*). Для учета столкновений с нейтральными атомами водорода мы использовали квантово-механические сечения из работы Барклема. Данных для столкновений с возбужденными атомами водорода нет. Никто это не считает. И понятно почему так, потому что доля возбужденных атомов водорода 10^{-4} в минус четвертой степени в тех звездах, которые мы рассматриваем. И расчетов таких нет. Если даже такие расчеты есть, а я про них не знаю, то все равно эффекты будут малы.

Ламзин С.А.: Можно вмешиваться?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Она должна закончить.

СОИСКАТЕЛЬ: Я уже закончила.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Это все замечания?

СОИСКАТЕЛЬ: Да. С остальными замечаниями я согласна. Спасибо за внимательное рассмотрение моей диссертации.

ДИСКУССИЯ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Теперь диссертация открыта для обсуждения. Пожалуйста, кто хочет выступить?

Ламзин С.А.: Значит, я хотел бы сказать, что с возбужденного состояния есть перезарядка и есть квантово-механические расчеты, есть и классические расчеты. Да, действительно, обилие там меньше на 4 порядка, но, может, сечения там гораздо больше. Я сейчас поясню. Есть такие А-звезда, это звезды Хербига, у которых наблюдаются затмения пылевыми фрагментами и Гринин обнаружил, что во время этих затмений линии натрия сдвинуты в красную сторону где-то на 200-300 км/с. Это значит, что облако затмевающее падает на звезду и оно близко. Возникает вопрос, а откуда там натрий? Откуда натрий у А-звезд? И специальные были работы, где рассматривалось все с учетом перезарядки, и я говорю, что такое возможно, в принципе.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: У Вас все? Пожалуйста, Вы хотите сразу ответить?

СОИСКАТЕЛЬ: Я уже ответила.

Ламзин С.А.: Да, все понятно.

Машонкина Л. И.: Сергей Анатольевич, можно мне пояснить? Вы имеете в виду перезарядку на протонах, а здесь речь идет об отрицательных ионах водорода.

Ламзин С.А.: Я понимаю.

Машонкина Л. И.: А там, о чем Вы говорите, там с протонами. А у нас протонов мало очень.

Ламзин С.А.: Тогда другой разговор.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Кто еще хочет выступить?

Щекинов Ю.А.: Я бы хотел сказать по поводу актуальности именно тех результатов, о которых здесь шла речь. Лет 10 или 15 назад в нашей Галактике обнаружили звезды с экстремально низкой металличностью. У них металличность на 4 - 5 порядков меньше, чем солнечная. В этой группе звезд очень активно обсуждается проблема избытка углерода.

ВОПРОС ИЗ ЗАЛА: Каких спектральных классов?

Щекинов Ю.А.: холодных. Это те звезды, которые родились сразу после звезд населения III. И эти звезды переобогащены углеродом на несколько порядков, то есть они вылетают туда за все графики. Я сегодня просматривал еще раз автореферат Алексеевой и обнаружил, что учет не-ЛТР процессов приводит к тому, что оценка в содержании углерода уменьшается на полтора порядка. И это может, если не объяснить проблему обогащения углерода у этой последовательности, то смягчить ее. В этом смысле она действительно актуальна с точки зрения эволюции нашей Галактики, особенно в смысле эпизодов начального звездообразования.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Пожалуйста.

Рябчикова Т.А. (д.ф.-м.н., ИНАСАН): Я бы хотела сказать по поводу эмиссионных линий, которые наблюдаются в звездах. Дело в том, что наличие эмиссионных линий, когда они были обнаружены, приписывали к тому, что звезда имеет оболочку. Потому что эмиссионные линии, как правило, связаны с какими-то оболочечными явлениями. Поэтому в данном случае это очень важно, потому что объяснение эмиссионных линий в диссертации отменяет всякие другие интерпретации. Придумывать ничего не надо. Обычная звезда. Такая же, как Солнце, только горячая.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Кто еще хочет выступить? Замечания? Нет. Тогда будем считать дискуссию закрытой. Пожалуйста, соискателю заключительное слово.

СОИСКАТЕЛЬ: Демонстрирует слайд с персональными благодарностями коллегам и своей семье. Благодарит оппонентов, сотрудников Ведущей организации и всех присутствующих.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Нам надо приступить к выбору счетной комиссии и голосованию. (Состав комиссии обсуждается и утверждается. Объявляется перерыв для проведения тайного голосования).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ (после перерыва): Технический перерыв считается оконченным. Пожалуйста, объявите решение счетной комиссии.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СЧЕТНОЙ КОМИССИИ

Зачитывает протокол счетной комиссии по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук Алексеевой Софье Александровне.

Состав счетной комиссии: И.Д. Новиков, И.В. Чашей, Ю.А. Щекинов.

Состав совета: 21 чел.

Присутствовало на заседании по защите — 14 членов совета,

в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации — 14, роздано бюллетеней — 14,

осталось не розданных бюллетеней — 7,

оказалось в урне бюллетеней — 14,

по результатам голосования проголосовали:

«за» — 13,

«против» — 0,

недействительных бюллетеней — 1.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Надо теперь утвердить. Кто за то, чтобы утвердить протокол счетной комиссии? Единогласно. Теперь мы от всей души поздравляем соискателя! (*Аплодисменты*). Переходим к принятию заключения. Есть какие-нибудь поправки, пожелания? (*Текст обсуждается и редактируется*). Кто за то, чтобы принять заключение? Единогласно. Принято положительное заключение диссертационного совета и окончательно поздравляем соискателя! (*Аплодисменты*). Спасибо, на этом заседание объявляется закрытым.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН

Н.С. Кардашев

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.ф.-м.н.
23 мая 2017 г.

Ю.А. Ковалев