



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
астрономии Российской академии наук
чл. корр. РАН, д.ф.-м.н. Шустов Б.М.
"12" декабря 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, в которой выполнена диссертация

Выписка из протокола Объединенного семинара Института астрономии Российской академии наук (ИНАСАН) от 12 декабря 2014 г. Присутствовали 25 научных сотрудников, в том числе:

к.ф.-м.н. В. В. Акимкин,
д.ф.-м.н. А. В. Багров,
д.ф.-м.н. Д. Д. Бисикало,
д.ф.-м.н. Д. З. Вибе,
к.ф.-м.н. О. Б. Длужневская,
д.ф.-м.н. А. Г. Жилкин,
к.ф.-м.н. Д. Э. Ионов,
к.ф.-м.н. П. В. Кайгородов,
к.ф.-м.н. Д. А. Кононов,
к.ф.-м.н. Е. П. Курбатов,
д.ф.-м.н. О. Ю. Малков,
д.ф.-м.н. Л. И. Машонкина,
к.ф.-м.н. Ю.В. Пахомов,
д.ф.-м.н. Е. В. Поляченко,
д.ф.-м.н. Т. А. Рябчикова,
д.ф.-м.н. И. С. Саванов,
д.ф.-м.н. Н. Н. Самусь,
к.ф.-м.н. М. А. Ибрагимов,
к.ф.-м.н. А. Ю. Сытов,
д.ф.-м.н. А. В. Тутуков,
д.ф.-м.н. Ю. А. Фадеев,
к.ф.-м.н. А. М. Фатеева,
д.ф.-м.н. Н. Н. Чугай,
д.ф.-м.н. В. И. Шематович,
д.ф.-м.н. Б. М. Шустов.

Слушали: доклад Я. Н. Павлюченкова о диссертации «Излучение молекул и пыли в дозвездных и протозвездных объектах», представляемой на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.03 – астрофизика и звездная астрономия.

Павлюченков Ярослав Николаевич, род. 13.06.1978, в 2001 г. с отличием окончил Челябинский государственный университет по направлению «Физика» и получил степень магистра физики. В период 2001 – 2004 гг. учился в аспирантуре ИНАСАН. 14 февраля 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию «Химико-динамическая диагностика протозвездных объектов» по специальности 01.03.02 – «астрофизика и радиоастрономия». Работает в ИНАСАН в отделе программного обеспечения и вычислительной техники с 2001 г. до настоящего времени. В период 2005 – 2008 г. проходил стажировку в Институте астрономии им. Макса Планка в г. Гейдельберг, Германия. В период подготовки докторской диссертации работал в ИНАСАН в должности научного сотрудника и старшего научного сотрудника. Научным консультантом является чл. корр. РАН, д.ф.-м.н. Шустов Борис Михайлович, директор ИНАСАН.

По итогам обсуждения диссертации «Излучение молекул и пыли в дозвездных и протозвездных объектах» принято следующее заключение:

Актуальность исследований.

Эволюция межзвездного вещества, образование звезд и планетных систем являются одними из ключевых областей астрофизики. Прогресс в этой области во многом связан с развитием наблюдательной астрономии. Появление современных радиоинтерферометров с высокой чувствительностью и хорошим угловым разрешением, таких как SMA, NOEMA и ALMA, позволяет напрямую исследовать распределение холодной пыли и содержание молекул в ядрах протозвездных облаков, в протопланетных дисках и в других протозвездных объектах, а профили линий излучения молекул предоставляют возможность исследовать их кинематическую структуру. В последние годы благодаря работе космических телескопов «Спитцер» и «Гершель» стало возможным проводить исследования и в инфракрасном диапазоне, недоступном с поверхности Земли. Инфракрасное излучение несет информацию о распределении более теплого газа и пыли в областях звездообразования, в окрестностях молодых звезд и в целом по Галактике. В совокупности, все эти наблюдательные данные привели к наступлению нового этапа в изучении структуры и физических процессов в межзвездной среде. Однако интерпретация инфракрасных и радионаблюдений чрезвычайно сложна и становится все более тесно связанной с эволюционными физическими моделями дозвездных и протозвездных объектов. В рамках таких моделей необходимо самосогласованно рассматривать динамическую, химическую и пылевую структуру, а также перенос теплового и молекулярного излучения в газопылевой среде. Благодаря этому становится возможным не только исследовать роль различных физических процессов в эволюции протозвездного объектов, но и напрямую сравнивать результаты теоретических моделей с наблюдениями. Данная диссертация посвящена разработке именно таких моделей и их непосредственному применению. Поэтому актуальность темы диссертации не вызывает никаких сомнений.

Новизна полученных результатов.

Ключевой особенностью диссертации является создание и использование самосогласованных химико-динамических моделей исследуемых объектов. Все описанные модели являются оригинальными. Сравнение моделей с наблюдениями проводится на самом высоком уровне детализации: учитываются спектральные

карты в оптически-тонких и оптически-толстых линиях различных молекул, распределения интенсивности излучения пыли на разных длинах волн и т. д. Разработанные соискателем методы расчета переноса излучения оптимизированы для численного моделирования протозвездных объектов. Они включают в себя алгоритмы ускорения существующих подходов, а также уникальные модификации приближенных методов, позволяющие в десятки раз ускорить вычисления при сохранении точности. С помощью разработанных моделей и методов получены новые результаты о физической структуре объектов различной природы: дозвездных ядер, протопланетных дисков, областей ионизованного водорода. Важными новыми результатами являются детальное восстановление химических и кинематических свойств дозвездного ядра в глобуле CB 17, предсказания морфологических особенностей спектральных карт протопланетных дисков, подтвержденные при наблюдениях на ALMA, открытие широкого протяженного истечения у протопланетного диска CB 26, количественное воспроизведение и объяснение наблюдательных распределений ИК- и мм-излучения в области ионизованного водорода RCW 120.

Личный вклад.

В большинстве совместных работ роль автора является либо ведущей, либо равной вкладу других соавторов. В список положений, выносимых на защиту, включены лишь те результаты и выводы, в которых вклад автора является основным. Форма ссылок позволяет отличать результаты, полученные лично соискателем, от результатов, полученных другими авторами.

Научная и практическая ценность.

Автором диссертации проведен системный анализ формирования молекулярного и пылевого излучения в объектах, связанных с процессом звездообразования: молекулярных облаках, газопылевых дисках и областях ионизованного водорода у молодых звезд. Данный анализ выявляет все основные факторы, влияющие на формирование выходящего излучения, которые необходимо учитывать при интерпретации наблюдений и теоретическом моделировании. Основательность, оригинальность и детальность данного анализа делает его отличным руководством к решению задач, связанных как с теорией звездообразования, так и с наблюдениями. Результаты исследования индивидуальных протозвездных объектов – дозвездного ядра CB 17, протопланетного диска в системе CB 26, области ионизованного водорода RCW 120 – существенно расширили наши представления о структуре и наблюдательных проявлениях объектов этих классов. Предложенные методы исследования протозвездных объектов имеют универсальный характер и могут быть использованы для восстановления параметров других источников. Разработанные методы расчета переноса излучения используются несколькими международными группами для моделирования излучения молекул и пыли в протопланетных дисках (в институте астрономии им. Макса Планка в г. Гейдельберг, в Институте теоретической физики и астрофизики в г. Киль, в Южном федеральном университете в г. Ростов).

Степень достоверности полученных результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечена их публикацией в ведущих рецензируемых отечественных и международных астрономических журналах, таких

как *Астрономический журнал*, *The Astrophysical Journal*, *Astronomy & Astrophysics*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Разработанные методы моделирования были тщательно протестированы на задачах с известными решениями, а результаты исследований сопоставляются с результатами других авторов.

Важным свидетельством достоверности полученных результатов является их апробация на семинарах, российских и зарубежных конференциях. Диссертант неоднократно был победителем конкурса молодых ученых, ежегодно проводимых в ИНАСАН, а также неоднократно выступал на зарубежных конференциях в качестве приглашенного докладчика, что свидетельствует о международном признании его работ. Диссертант активно сотрудничает с другими учеными и посещает ведущие российские и европейские астрофизические институты, такие как Институт астрономии Общества им. Макса Планка (Гейдельберг, Германия), Институт теоретической физики и астрофизики (г. Киль, Германия), Университет г. Вена, Австрия, Уральский федеральный университет (г. Екатеринбург, Россия), Челябинский государственный университет (г. Челябинск, Россия).

Все положения, выносимые на защиту, тщательно аргументированы и полностью изложены в 29 работах соискателя, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК.

По докладу автора на семинаре ИНАСАН были заданы следующие вопросы.

Д.В. Бисикало – как учитываются не-ЛТР эффекты при расчете профилей спектральных линий, каким получается распределение скорости для дозвездного ядра CB 17, всегда ли выполняется закон сохранения углового момента локально, учитываются ли внутренние источники тепла в протопланетных дисках, каково характерное время химических реакций и его соотношение с динамическими временами, чему равна турбулентная скорость и оптическая толщина в протопланетных дисках, можно ли получить одинаковую температуру пыли и газа в протозвездном облаке варьированием параметров модели?

Н. Н. Чугай – что такое “стандартное” межзвездное поле и почему для объяснения химической структуры дозвездных ядер вы берете в 10 раз меньшее значение, может ли магнитное поле существенно изменить картину сжатия протозвездного облака, может ли давление излучения вымести пыль из области RCW120, чему равно время диффузии излучения в модели протозвездного ядра?

В. В. Акимкин – почему при сравнении теоретических и наблюдаемых спектральных карт используется предложенный вами критерий, а не стандартный хи-квадрат, учитывается ли в модели протозвездного облака нагрев вследствие образования молекулярного водорода?

А. В. Тутуков – можно ли по наблюдениям дозвездных и протозвездных объектов предсказать возможность образования двойных звезд и планетных систем?

О. Б. Длужневская – какой эффект дает наличие центральной звезды в модели темного инфракрасного облака?

Докладчик исчерпывающе ответил на все поставленные вопросы.

В выступлениях Н. Н. Чугай отметил, что название диссертации слишком скромное, Т. А. Рябчикова предложила сократить количество положений, выносимых на защиту, Н. Н. Самусь высоко оценил сравнение моделей с наблюдениями и предложил явно отметить это сравнение в пунктах, выносимых на защиту. А. В. Тутуков высказался о высоком уровне диссертации и предложил рекомендовать диссертацию к защите.

Участники Объединенного семинара ИНАСАН считают, что представленная диссертация является завершенной научно-исследовательской работой, уровень которой полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация Павлюченкова Ярослава Николаевича «Излучение молекул и пыли в дозвездных и протозвездных объектах» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Заключение принято на заседании Объединенного семинара Института астрономии РАН 12 декабря 2014 г. Присутствовало на заседании 25 чел. Результаты голосования: «за» – 25 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №2 от 12 декабря 2014 г.

Секретарь Объединенного семинара ИНАСАН  к.ф.-м.н. В. В. Акимкин

Подпись В. В. Акимкина заверяю

