

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 002.113.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук, 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул. д. 84/32, по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, аттестационное дело № _____ решение диссертационного совета от 22 декабря 2017 г. протокол № 2 о присуждении Медведеву Павлу Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Физические процессы в горячей астрофизической плазме: диффузия элементов в межгалактической и межзвездной среде, рентгеновское излучение джетов микрокварзаров» в виде рукописи по специальности 01.03.02 — Астрофизика и звездная астрономия принята к защите 30 мая 2017г. (№ протокола 1) диссертационным советом Д 002.113.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук, 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул. д. 84/32, номер приказа Минобрнауки 75/нк от 15.02.2013г.

Соискатель Медведев Павел Сергеевич, гражданин РФ, 1989г. рождения, в 2012г. окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), с 2012 по 2016 г. обучался в аспирантуре ИКИ РАН. Медведев П. С. работает в должности младшего научного сотрудника отдела Астрофизики высоких энергий в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

Диссертация выполнена в отделе Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН.

Научные руководители – доктор физико-математических наук, профессор РАН Сазонов Сергей Юрьевич, заведующий лабораторией Экспериментальной астрофизики отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН и доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, профессор Гильфанов Марат Равильевич, ведущий научный сотрудник отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. Марат Равильевич Гильфанов осуществлял руководство работами по расчетам диффузии в условиях межгалактического газа в скоплениях галактик и межзвездного газа в эллиптических галактиках. Сергей Юрьевич Сазонов руководил расчетами наблюдательных проявлений диффузии в рентгеновском и микроволновом диапазонах и моделированием излучения релятивистских барионных джетов. Работы по седиментации элементов в ранней Вселенной проводились под совместным руководством М.Р.Гильфанова (аспекты, связанные с теорией диффузии) и С.Ю.Сазонова (теория коллапса сферических возмущений).

Официальные оппоненты:

Быков Андрей Михайлович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией астрофизики высоких энергий Физико-технического института им. Иоффе РАН и

Догель Владимир Александрович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН) в своём положительном заключении, подготовленном заведующим отделом астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН, член-корр. РАН, д.ф.-м.н. В.В. Кочаровским и старшим научным сотрудником отдела астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН к.ф.-м.н. Е.В. Деришевым, подписанном и.о. директора ИПФ РАН член-корр. РАН Г. Г. Денисовым, указывает, что диссертация Медведева П.С. соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 Астрофизика и Звездная Астрономия, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы в рецензируемых научных журналах, в 3 из которых является первым автором. В работах представлены все основные положения диссертации, общий объём работ 6,8 печатных листов:

1. Medvedev P., Gilfanov M., Sazonov S., Shtykovskiy P., Impact of thermal diffusion and other abundance anomalies on cosmological uses of galaxy clusters // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS), 2014, v. 440, pp. 2464
2. Khabibullin I., Medvedev P., Sazonov S., Thermal X-ray emission from a baryonic jet: a self-consistent multicolour spectral model // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS), 2016, v. 455, pp. 1414
3. Medvedev P., Sazonov, S., Gilfanov, M., Helium diffusion during formation of the first galaxies // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS), 2016, v. 459, pp. 431
4. Медведев П.С., Сазонов С.Ю., Гильфанов М.Р., Диффузия элементов в межзвездной среде в галактиках раннего типа // Письма в Астрономический Журнал, 2017, Т. 43, 5 с. 285 (Medvedev, P., Sazonov, S., Gilfanov, M., Astronomy Letters, 2017, v.43, 5, p. 285)

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в данной области науки и наличием публикаций в соответствующей сфере исследований.

Ведущая организация была выбрана на основании широкой известности ее достижений в рассматриваемой области науки, которая показывает безусловную способность определения данной организацией научной ценности диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Показано, что эффект термодиффузии в наиболее горячих скоплениях галактик с холодными ядрами может принципиально изменить картину гравитационного оседания элементов в

межгалактическом газе. Термодиффузия в межгалактической плазме приводит к движению элементов тяжелее водорода в направлении градиентов температуры, поэтому в холодных ядрах скоплений термодиффузия противодействует гравитационной седиментации, а во внешних частях, наоборот, усиливает ее эффект. Для скопления Abell 2029 показано, что термодиффузия может полностью удалить элементы тяжелее водорода из холодного ядра скопления за 5-7 миллиардов лет.

Показано, что возможное отклонение обилия гелия в межгалактической среде от его солнечного значения должно приводить к ошибкам определения параметров скоплений по рентгеновским наблюдениям и наблюдениям эффекта Сюняева-Зельдовича меры эмиссии, химического состава и температуры газа, а также угломерного расстояния до скопления. Показано, что из-за перераспределения гелия под действием диффузии в скоплении Abell 2029 обилие металлов в нем может быть недооценено на 30%, а угломерное расстояние -- на 10-25%

Показано, что в результате действия процессов термодиффузии и гравитационной седиментации на периферии массивных скоплений галактик среднее по объему скопления обилие гелия должно возрастать с течением времени. Показано, что в скоплении Abell 2029 интегральное обилие гелия внутри радиуса 1.5 Мпк растет с темпом 5% за один миллиард лет.

Исследована роль диффузии элементов в межзвездной среде эллиптических галактик. Показано, что эффект диффузии элементов в межзвездном газе должен быть больше в маломассивных галактиках с разреженным окружением, чем в гигантских галактиках, окруженных горячей межгалактической средой.

На основе выборки из 11 эллиптических галактик, для которых имеются рентгеновские данные обсерваторий Chandra и XMM-Newton высокого качества, показано, что в результате гравитационной седиментации обилие гелия может возрастать внутри эффективного радиуса галактики в среднем на 60% за 1 миллиард лет.

Показано, что диффузия элементов в холодном и практически нейтральном первичном газе могла привести к увеличению содержания гелия и дейтерия по отношению к водороду на уровне $dX/X \sim 10^{-4}$ внутри минигало с массами 10^5 - 10^6 масс солнца на заре эпохи космологической реионизации ($z \sim 10$).

Показано, что умеренный и ожидаемый прогрев газа во Вселенной на начальной стадии ее реионизации мог привести к усилению эффекта диффузии примерно в 4 раза, на уровне $dX/X \sim 4 \cdot 10^{-4}$ для гало с массами $\sim 10^6$ масс солнца. Степень увеличения обилия первичных элементов зависит от температуры и степени ионизации газа и, следовательно, потенциально может дать уникальную информацию о первых этапах реионизации Вселенной.

Разработана спектральная модель теплового рентгеновского излучения умеренно релятивистских ($\beta=v/c \sim 0.03$ - 0.3) барионных джетов в рентгеновских двойных системах. Показано, что такая модель позволяет описать спектр высокого разрешения микроквазара SS 433, полученный с помощью телескопа Chandra во время прецессионной фазы системы, близкой к кроссоверу, когда

вклад несвязанных с излучением джетов компонент в энергетический спектр ожидается минимальным.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

- представлены расчеты темпа гравитационного оседания и термодиффузии в скоплениях с холодными ядрами на основе наблюдательных данных;
- представлены расчеты амплитуды гравитационного оседания элементов в эллиптических галактиках;
- произведены оценки роли диффузии первичных химических элементов в течение роста возмущений плотности в ранней Вселенной после эпохи рекомбинации;
- рассчитана спектральная модель излучения релятивистских газовых струй (джетов) в рентгеновских двойных системах;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- обнаружение эффектов диффузии (или их отсутствие) и сопоставление наблюдательных данных с представленными теоретическими расчетами дадут важную информацию о степени подавления коэффициентов диффузии в турбулентной замагниченной плазме скоплений галактик;
- представленная спектральная модель может быть использована как для анализа данных рентгеновской спектроскопии высокого разрешения SS 433, так и для поиска компонент, связанных с излучением барионных джетов в спектрах других рентгеновских двойных систем.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что:

Результаты работы были представлены на более чем 10 российских и 4 международных конференциях, опубликованы в 4 статьях в высокорейтинговых реферируемых журналах, а также представлены в открытом доступе на сайте электронных препринтов arxiv.org. Некоторые результаты были подтверждены в более поздних работах соискателя, а также в схожих исследованиях других групп.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

Все результаты, представленные в диссертации, были получены лично автором диссертации при поддержке научного руководителя и других соавторов публикаций. Автор диссертации участвовал непосредственно в постановке решаемых в диссертации задач, разработке методов их решения на основе численного моделирования, а также интерпретации данных наблюдений. Диссертация отвечает на вопросы поставленных научных задач и проблем и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана, общего подхода к задачам и взаимосвязи полученных выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, и принял решение присудить Медведеву Павлу Сергеевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 12 докторов наук по специальности диссертации 01.03.02, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: « за » присуждение учёной степени 19, «против» присуждения учёной степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

академик



Сюняев Рашид Алиевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

к.ф.-м.н.

Ткаченко Алексей Юрьевич