

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.203.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК.

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

**решение диссертационного совета от 16 октября 2015 г. № 92**

О присуждении Васильеву Евгению Олеговичу, Российская Федерация, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Процессы энерго- и массообмена между галактиками и окологалактической средой» по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия" принята к защите 26 июня 2015, протокол № 90 диссертационным советом Д002.203.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной Астрофизической Обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель Васильев Евгений Олегович, 1977 года рождения. В 2000 году соискатель окончил Ростовский государственный университет с присуждением степени магистра физики по направлению «Физика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук защитил 15 апреля 2004 г. в совете Д002.203.01, созданном при Специальной Астрофизической обсерватории Российской Академии Наук.

Диссертация выполнена в отделе радиофизики и космических исследований Научно-исследовательского института физики и на кафедре физики космоса факультета физики Южного федерального университета.

Научный консультант – Щекинов Юрий Андреевич, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», физический факультет, кафедра физики космоса, д.ф.-м., профессор, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Гнедин Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, заведующий астрофизическим отделом, зам. директора ГАО РАН.
  2. Иванчик Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, ведущий научный сотрудник сектора теоретической астрофизики.
  3. Чернин Артур Давидович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, отдел внегалактической астрономии ГАИШ МГУ.
- дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Астрокосмический центр Физического института им. П.Н.Лебедева РАН, г. Москва, в своем положительном заключении, (составленном доктором физико-математических наук П.Б. Ивановым) подписанном Н.Н. Колачевским, директором ФИ им. П.Н. Лебедева РАН, член-корреспондентом РАН, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия", а ее автор Е.О. Васильев заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 43 опубликованные работы по теме диссертации (общим объемом 341 страница), среди которых 24 напечатаны в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Пять статей опубликованы без соавторов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Shchekinov Y. A., Vasiliev E. O. Primordial star formation triggered by UV photons from UHECR // Astron. and Astrophys. 2004. Vol. 419. P. 19–23
2. Васильев Е.О., Щекинов Ю.А. Вклад молекул HD в охлаждение первичного газа // Астрофиз. 2005. Т. 48. С. 585–601

3. Васильев Е.О., Щекинов Ю.А. Влияние космических лучей сверхвысоких энергий на звездообразование в ранней Вселенной // *Астрон. журн.* 2006. Т. 83. С. 872–879
4. Shchekinov Y. A., Vasiliev E. O. Formation of HD molecules in merging dark matter haloes // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2006. Vol. 368. P. 454–460.
5. Shchekinov Y. A., Vasiliev E. O. Particle decay in the early Universe: predictions for 21 cm // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2007. Vol. 379. P. 1003–1010.
6. Vasiliev E. O., Shchekinov Y. A. Low-temperature primordial gas in merging halos // *Astronomische Nachrichten.* 2008. Vol. 329. P. 625–631.
7. Vasiliev E. O., Vorobyov E. I., Shchekinov Y. A. First supernovae in dwarf protogalaxies // *Astron. and Astrophys.* 2008. Vol. 489. P. 505–515.
8. Васильев Е.О., Дедиков С.Ю., Щекинов Ю.А. Химическая неоднородность постреионизационной Вселенной // *Астрофиз. Бюлл.* 2009. Т. 64. С. 333–340.
9. Васильев Е.О., Воробьев Э.И., Щекинов Ю.А. Охлаждение вращающихся протогалактик // *Астрон. журн.* 2010. Т. 87. С. 967–978.
10. Vasiliev E. O., Sethi S. K., Nath B. B. Carbon Ionization States and the Cosmic Far-UV Background with He II Absorption // *Astrophys. J.* 2010. Vol. 719. P. 1343–1349.
11. Vasiliev E. O. Non-equilibrium ionization states and cooling rates of photoionized enriched gas // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2011. Vol. 414. P. 3145–3157.
12. Vasiliev E. O., Sethi S. K., Nath B. B. Nonequilibrium carbon ionization states and the extragalactic far-UV background with HeII absorption // *Astron. Space Sci.* 2011. Vol. 335. P. 211–215.
13. Vasiliev E. O. Thermal instability in a collisionally cooled gas // *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 2012. Vol. 419. P. 3641–3648.
14. Васильев Е.О., Щекинов Ю.А. Наблюдательные проявления первых протогалактик в линии 21 см // *Астрон. журн.* 2012. Т. 89. С. 99–106.
15. Васильев Е.О., Воробьев Э.И., Разумов А.О., Щекинов Ю.А. Неустойчи

ности в зонах ионизации вокруг первых звезд // Астрон. журн. 2012. Т. 89. С. 624–632.

16. Васильев Е.О., Воробьев Э.И., Матвиенко Е.Е. и др. Эволюция первых сверхновых в протогалактиках: динамика перемешивания тяжелых элементов // Астрон. журн. 2012. Т. 89. С. 987–1007.
17. Vasiliev E. O. Non-equilibrium cooling rate for a collisionally cooled metal-enriched gas // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 2013. Vol. 431. P. 638–647.
18. Vasiliev E. O., Shchekinov Y. A. The Signatures of Particle Decay in 21 cm Absorption from the First Minihalos // Astrophys. J. 2013. Vol. 777. P. 8-17.
19. Vasiliev E. O., Sethi S. K. H I Absorption from the Epoch of Reionization and Primordial Magnetic Fields // Astrophys. J. 2014. Vol. 786. P. 142-149.
20. Васильев Е.О., Щекинов Ю.А. Выброс пыли из гало темной материи при больших красных смещениях // Астрон. журн. 2014. Т. 91. С. 583–591.
21. Васильев Е.О. Ионы тяжелых элементов в эпоху реионизации гелия // Астрон. журн. 2014. Т. 91. С. 1069–1082.
22. Vasiliev E. O., Nath B. B., Shchekinov Y. Evolution of multiple supernova remnants // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 2015. Vol. 446. P. 1703–1715.
23. Vasiliev E. O., Ryabova M. V., Shchekinov Y. A. Extended O VI haloes of star-forming galaxies // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 2015. Vol. 446. P. 3078–3088.
24. Королев В.В., Васильев Е.О., Коваленко И.Г., Щекинов Ю.А. Динамика оболочки сверхновой в облачной межзвездной среде // Астрон. журн. 2015. Т. 92. С. 559–577.

На автореферат поступили отзывы:

1. Вибе Дмитрий Зигфридович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики и эволюции звезд Института астрономии РАН
2. Вошинников Николай Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры астрофизики Санкт-Петербургского государственного

университета.

3. Зинченко Игорь Иванович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом Института прикладной физики РАН
4. Сулейманов Валерий Фиалович, доктор физико-математических наук, инженер-проектировщик кафедры астрономии и геодезии Казанского (Приволжского) федерального университета.

Все отзывы положительны.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- указано на увеличение эффективности перемешивания тяжелых элементов в первых протогалактиках при схлопывании остатка сверхновой и на возможность образования звезд следующего поколения с металличностью выше значения "критической металличности";
- определены условия для появления высокой концентрации иона кислорода OVI в газе под действием галактического и внегалактического ионизирующего излучения;
- указано, что при учете эффектов развивающихся гидродинамических неустойчивостей в оболочке сверхновой тепловая энергия падает значительно эффективней, чем следует из привычных представлений, основанных на одномерных сферически симметричных расчетах;
- найдено масштабное соотношение между эффективностью нагрева газа сверхновыми до рентгеновских температур, темпом вспышек сверхновых и плотностью окружающего газа;
- предсказана временная задержка между началом вспышки звездообразования и активацией галактического ветра, возникающего в

результате коллективного действия вспышек сверхновых.

Предложены новые подходы к исследованию процессов обмена между галактиками и окологалактической средой. Показана необходимость использования не стационарных моделей химической кинетики как для газа с первичным химическим составом, так и обогащенного тяжелыми элементами.

Теоретическая значимость исследования обоснована использованием не стационарного подхода к изучению процессов в межзвездной и межгалактической средах. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы численные методы решения уравнений химической кинетики и газовой динамики. Разработаны компьютерные программы для расчета: (а) термохимической эволюции первичного газа, (б) неравновесного ионного состава обогащенного фотоионизованного газа, (в) переноса в линии 21 см атомарного водорода, (г) динамики газа и тяжелых элементов. Получены условия применимости равновесных функций охлаждения в фотоионизованном обогащенном тяжелыми элементами газе. Изучено влияние развивающихся гидродинамических неустойчивостей в оболочке сверхновой на эффективность потерь энергии в одномерных и многомерных газодинамических расчетах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что созданные комплексы компьютерных программ для расчета неравновесного ионного состава обогащенного фотоионизованного газа использованы при анализе наблюдений абсорбционных систем линий металлов в спектрах квазаров, функций охлаждения и нагрева в численном моделировании динамики газа за фронтами ударных волн (в Южном и Уральском федеральных университетах, Волгоградском государственном университете, Институте астрономии РАН, Исследовательском институте им. Рамана, Миланском университете). Проведенные расчеты глобального фонового сигнала и флуктуаций яркостной температуры в линии 21 см атомарного водорода в эпоху вторичной ионизации водорода позволят получить ограничения на параметры незвездных

источников ионизации и нагрева, планировать наблюдения в метровом диапазоне с помощью существующих и проектируемых радиоинтерферометров, например, LOFAR, MWA, SKA. Показана необходимость использования неравновесных фотоионизационных моделей для адекватной интерпретации наблюдательных данных абсорбционных систем в около- и межгалактической средах. Рассчитанные неравновесные функции охлаждения для столкновительного газа в широком интервале температуры и металличности могут использоваться для исследования динамики газа за фронтами сильных ударных волн. Заключение о более эффективных потерях энергии при взаимодействии оболочек сверхновых с неоднородной средой имеет важное значение для интерпретации наблюдений остатков сверхновых и галактических ветров. Полученные данные и разработанные программы могут быть использованы и в образовательном процессе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты расчетов термохимической эволюции газа с первичным химическим составом многократно воспроизводились и подтверждены другими авторами;
- разработанные программные комплексы для моделирования ионизационной и тепловой эволюции газа, обогащенного тяжелыми элементами и находящегося в поле фонового излучения, тестировались путем сравнения с предыдущими результатами и подтверждены в последующих работах других авторов;
- программные пакеты для моделирования эволюции барионов в протогалактиках, движения радиационных и ударных фронтов, динамики остатков сверхновых успешно прошли все основные тесты для газодинамических течений;
- результаты диссертации апробированы на международных и российских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач и написании основного текста большинства статей, проведении численных расчетов, участии

основного текста большинства статей, проведении численных расчетов, участии в интерпретации результатов. Стоит отметить, что пять работ написано без соавторов.

На заседании 16 октября 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Васильеву Евгению Олеговичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



Клочкова В.Г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Ollo".

Шолухова О.Н.