

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
имени Н. В. Пушкова РАН, д.ф.-м.н.

В. Д. Кузнецов
_____ 2022 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн имени Н. В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН) на диссертационную работу **Балюкина Игоря Игоревича «Особенности распределения нейтральных компонент в гелиосфере и экзосфере Земли»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.03.03 – «Физика Солнца» и 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа посвящена исследованию распределения межзвездных атомов кислорода в гелиосфере и их потоков, регистрируемых на орбите Земли прибором IBEX-Lo на космическом аппарате IBEX (Interstellar Boundary Explorer). В работе также изучаются потоки энергичных нейтральных атомов (ЭНА) водорода, измеренных прибором IBEX-Hi. Диссертантом разработана кинетическая модель, с помощью которой исследовалось распределение захваченных протонов в гелиосфере (в частности, в окрестности гелиосферной ударной волны). Кроме этого в работе изучается распределение атомов водорода в экзосфере Земли на основе данных наблюдений прибора Solar Wind Anisotropies (SWAN) на космическом аппарате Solar and Heliospheric Observatory (SOHO), который позволил измерить рассеянное солнечное Лайман-альфа излучение от водородной составляющей экзосферы (геокороны).

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 182 страницы, включая 47 рисунков. Список литературы содержит 149 ссылок.

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели работы, обоснованы научная новизна результатов, их достоверность и практическая значимость, перечислены положения, выносимые на защиту, и дано краткое изложение структуры диссертации. В **первой главе** диссертации описано исследование особенностей распределения межзвездных атомов кислорода в гелиосфере, а также их потоков, регистрируемых прибором IBEX-Lo, на основе разработанной автором кинетической модели. Во **второй главе** диссертации проводится анализ потоков ЭНА водорода из области внутреннего ударного слоя, измеряемых при помощи прибора IBEX-Hi. В рамках разработанной автором численной модели исследовалось распределение захваченных протонов в гелиосфере и, в частности, распределение их энергичной компоненты по скоростям за гелиосферной ударной волной. В

третьей главе приведены результаты исследования распределения атомов водорода в экзосфере Земли. В этой главе представлены результаты моделирования рассеянного солнечного Лайман- α излучения от геокороны и проведено сравнение с экспериментальными данными прибора SWAN на КА SOHO. В **заключении** перечислены основные научные результаты и сделаны выводы диссертационной работы.

К основным результатам диссертационной работы, определяющим ее научную новизну, а также научную и практическую значимость, относятся следующие:

1. Впервые дано теоретическое объяснение наблюдаемой в данных IBEX-Lo особенности в карте потоков атомов кислорода. Показано, что эта особенность формируется из-за наличия вторичной компоненты межзвездного кислорода, образующейся на границе гелиосферы вследствие процесса перезарядки.
2. Показано, что потоки ЭНА из внутреннего ударного слоя чувствительны к виду функции распределения захваченных протонов по скоростям. Получены количественные оценки на параметры функции распределения энергичной компоненты захваченных протонов по скоростям за гелиосферной ударной волной для различных направлений.
3. Показано, что геокорона простирается до расстояний порядка 100 радиусов Земли, что значительно превышает предыдущие оценки и охватывает орбиту Луны. Были восстановлены профили концентрации атомов водорода в экзосфере и показано, что концентрация атомов водорода в экзосфере с удалением убывает пропорционально кубу расстояния до центра Земли.

Все вышеперечисленные результаты являются оригинальными и получены впервые.

Результаты данного исследования и разработанные автором диссертации модели могут найти применение при планировании будущих космических миссий, таких как Interstellar Mapping and Acceleration Probe (IMAP), Interstellar Probe, Interstellar Express, «Нуклон», что подтверждает ее актуальность. Третья глава диссертации заслуживают особого внимания в свете растущего в научном сообществе интереса к исследованию экзопланет. Полученные в этой главе оценки протяженности геокороны будут полезными при планировании экспериментов по наблюдению дальнего УФ-излучения будущими миссиями.

Положения, выносимые на защиту, достоверны и обоснованы. Результаты диссертационного исследования опубликованы в престижных зарубежных журналах, индексируемых в международных системах цитирования, а также апробированы на крупных российских и международных конференциях. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

Диссертация отличается широким охватом научного исследования и глубоким пониманием физики изучаемых процессов. Работа качественно оформлена,

логично построена и содержит большое количество иллюстративного материала. Некоторым недочетом можно признать то, что текст диссертации грешит множеством шероховатостей, характерных для молодых ученых. Однако этот недостаток не умаляет научной значимости полученных результатов, и, очевидно, будет исправлен в будущем. В целом диссертационная работа И. И. Балюкина представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, заведомо достаточном для подтверждения квалификации кандидата физико-математических наук.

Рассматриваемая диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор – Балюкин Игорь Игоревич, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.03.03 – «Физика Солнца» и 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Результаты работы И. И. Балюкина могут быть использованы в ИЗМИРАН, ИНАСАН, МГУ, НИИЯФ, ФИАН, МФТИ, ИФЗ, СПбГУ и других российских и зарубежных научных организациях, специализирующихся в области физики космической плазмы, а также изучающих механику жидкости и газа.

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником отдела Физики Солнца и солнечно-земных связей ИЗМИРАН, к.ф.-м.н. О. В. Хабаровой, и одобрен на заседании Ученого совета ИЗМИРАН «24» мая 2022 г.

Ведущий научный сотрудник ИЗМИРАН, к.ф.-м.н.

О. В. Хабарова

Адрес: 108840, Москва, г. Троицк,
Калужское шоссе, д. 4, ИЗМИРАН,
Телефон: +7 (495) 851-01-20
e-mail: izmiran@izmiran.ru

Подпись О.В. Хабаровой удостоверяю.

Директор ИЗМИРАН, д.ф.-м.н.



В. Д. Кузнецов