

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Закускина А.С. «Лабораторное моделирование и диагностика газоплазменных сред, представляющих астрофизический интерес», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Актуальность диссертационной работы Закускина А.С. обусловлена быстрым и многообещающим развитием наших знаний в области астрофизики, связанной как с изучением взаимодействия метеоритов и спускаемых космических аппаратов с плотными слоями земной атмосферы, так и с исследованиями таких удаленных космических объектов, как экзопланеты. Автор представленной работы получил экспериментальные результаты, которые открывают путь к пониманию механизмов и адекватному описанию процесса разрушения космических тел и объектов искусственного происхождения при их вхождении в атмосферу планеты. Возможно именно исследования динамики разрушения космических объектов, вторгающихся в атмосферу Земли, выполненные методами диагностики плазмы, которые развивает автор данной диссертационной работы, позволят создать эффективные технологии защиты человечества от астероидной опасности.

Явление флуоресценции, используемое автором представленной работы, в частности, для диагностики свойств метеоритной плазмы, наблюдается у большинства земных растений и некоторых живых организмов. Часто биофлуоресценция служит представителям флоры и фауны в качестве механизма защиты от деструктивного воздействия ультрафиолета. Переизлучая часть энергии жесткого излучения в оптическом диапазоне в виде безвредного света, они тем самым предотвращают серьезное повреждение клеток. В ходе лабораторных испытаний была показана возможность дистанционного обнаружения органических веществ в образцах горных пород и почвы, например, при осуществлении соответствующих миссий на Марсе. Ученые подозревают, что внеземные формы жизни, если они существуют, могли развить адаптацию к ультрафиолету, подобную земным формам. Это наиболее вероятно для экзопланет в обитаемой зоне красных карликов типа М – маленьких звезд, для которых характерны частые вспышки на их поверхности. Астрономы полагают, что вспышки приводят к резкому возрастанию потока испускаемого ультрафиолета. Указанный тип звезд распространен в окрестностях нашей солнечной системы и большинство планет земной группы в обитаемой зоне вращается вокруг таких активных карликовых звезд, находящихся «по соседству». В настоящее время в Чили строится экстремально большой телескоп, который, как полагают ученые, окажется способен зафиксировать явление биофлуоресценции на экзопланетах.

Научная новизна исследований, выполненных Закускиным А.С., определяется следующими достижениями. Впервые реализована схема нерезонансной атомной и молекулярной флуоресценции, которая может использоваться для измерений с пространственным разрешением в плазменных источниках. Выбранная схема флуоресценции позволяет добиться высокого коэффициента усиления сигнала по сравнению с сигналом атомной спонтанной эмиссии, что обеспечивает высокую чувствительность при зондировании периферийных областей плазмы с невысокой концентрацией атомов. Впервые удалось наблюдать одновременно лазерно-индуцированную флуоресценцию атомов кальция и железа, а также молекул оксидов кальция и железа. Ранее по флуоресценции удавалось отслеживать только один элемент. Впервые создана модель машинного обучения для предсказания параметров штарковского уширения и сдвига атомных и ионных переходов с

точностью, сопоставимой с точностью экспериментально измеренных параметров, использованных для обучения модели.

Практическая значимость представленной диссертационной работы определяется уникальными свойствами созданного экспериментального стенда; результатами разработки моделей для предсказания штарковских параметров и интерпретации экспериментальных данных по томсоновскому рассеянию; результатами использования созданных алгоритмов предобработки спектров флуоресценции; демонстрацией перспектив применения аналитического метода, основанного на сопоставлении спектров лазерно-индуцированной и метеоритной плазмы.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов обеспечена сравнительным анализом результатов экспериментальных исследований, выполненных с использованием различных апробированных методик - регистрация спектров спонтанной эмиссии лазерно-индуцированной плазмы, регистрация спектров томсоновского рассеяния и лазерно-индуцированной нерезонансной флуоресценции. Высокая степень достоверности результатов выполненных исследований подтверждается публикациями в ведущих рецензируемых научных международных журналах, включая журналы, находящиеся в первом квартале баз данных Scopus, Web of Science.

Публикации - Основное содержание представленной работы изложено в достаточном количестве (7) публикаций в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, RSCI и рекомендованных диссертационным советом МГУ по специальности 1.4.4. – Физическая химия.

Автореферат раскрывает суть проведённых исследований.

Проведенные Закускиным А.С. исследования по своей актуальности, научной новизне, объему и практической значимости полученных результатов соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова».

Считаю, что диссертация Закускина А.С. является завершенной научно-квалификационной работой, которая по своему содержанию и уровню компетенции автора несомненно заслуживает самой высокой оценки, а её автор достоин присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.08 (1.3.9) - Физика плазмы,
ведущий научный сотрудник ВНИИА им. Н.Л. Духова

Долгов Александр Николаевич
127055 Москва, ул. Сущёвская, д. 22

Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова(ВНИИА)

30.05.2025

Подпись доктора физико-математических наук,
ведущего научного сотрудника ВНИИА им. Н.Л. Духова
Долгова Александра Николаевича

ЗАВЕРЯЮ