

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

Высокотемпературная плазма, формирующаяся при фокусировке интенсивного лазерного излучения, стала объектом исследования практически с момента изобретения мощных твердотельных лазеров, т.е. с конца 60-х годов прошлого века. За прошедшие десятилетия накоплен громадный экспериментальный материал и выполнены серьезные теоретические исследования нестационарной плазмы, формирующейся при фокусировке лазерного излучения на поверхность твердой, жидкой или газообразной мишени. Эта область лазерной физики успешно развивается и в экспериментальном, и в теоретическом аспекте. Лазерная плазма успешно применяется в самых различных областях от обработки твердых материалов до определения качественного и количественного состава материалов. Одним из основных методов исследования процессов в нестационарной лазерной плазме является метод лазерно-индуцированной эмиссионной спектроскопии (ЛИЭС). Этот метод успешно разрабатывается на протяжении многих лет в научной группе, возглавляемой профессором Н. Б. Зоровым. Сотрудниками группы проведен большой объем исследований как процессов формирования и эволюции лазерной плазмы, так и применению метода ЛИЭС для задач аналитической спектроскопии. Использование метода ЛИЭС для задач астрофизики стало новым направлением исследований группы.

Диссертация А.С. Закускина посвящена изучению возможности исследования плазмы метеоритов путем моделирования характеристик метеоритной плазмы лабораторной плазмой лазерной искры. Сразу отмечу основную трудность подобного моделирования – очевидное несоответствие динамики эволюции метеоритной плазмы (секунды) и лазерной плазмы (микро-, миллисекунды). Эта проблема обсуждается автором диссертации, однако, несмотря на приведенные доводы и ссылки на многочисленные публикации других авторов, определенные сомнения остаются у читателя, не занимающегося профессионально проблемой моделирования метеоритной плазмы лабораторной лазерной плазмой.

Следует отметить исключительно большой объем исследований, выполненных диссертантом. Конечно, экспериментальная установка создавалась несколькими поколениями студентов и аспирантов группы, но и модернизация ее, разработка

специализированных узлов, методик измерения и алгоритмов обработки экспериментальных результатов потребовала больших усилий А.С. Закусина.

Из основных результатов Диссертации я бы отметил цикл экспериментов по разработке методов машинного обучения для повышения точности определения штарковских уширений и сдвига методом Томсоновского рассеяния. Для решения этой задачи диссертант обработал исключительно большой объем литературных данных и проверил эффективность нескольких моделей обучения. Найден оптимальный ансамбль моделей (№1), который обеспечил среднюю относительную ошибку предсказания порядка 20%, что лучше среднего разброса литературных данных, на которых была обучена модель (примерно 34%). Использование машинного обучения для обработки сложных многопараметрических спектров нестационарной плазмы является достаточно новым подходом в методе ЛИЭС.

Следует отметить, также, достижение высокой точности определения положения максимума и ширины сателлита электронной компоненты в спектрах Томсоновского рассеяния, не превышающую 1.5%. Разработанный алгоритм обработки экспериментальных спектров позволил одновременно определять температуру и электронную плотность с погрешностью не более 7%. Для диагностики нестационарной плазмы это достаточно впечатляющий результат.

Как любой научный труд текст Диссертации имеет ряд недостатков:

1. Вывод 2 содержит тривиальные утверждения. Распространение испаренного материала за границы области свечения априори известно. Не очень понятно, как этот, заранее известный результат, влияет на общие выводы и чем он полезен для диагностики лазерной и метеорной плазмы. Многочисленные эксперименты по определению зон флуоресценции Са и СаО дают качественно понятные результаты, но не обеспечивают новую количественную информацию о динамике процесса развития нестационарной плазмы.
2. По тексту Автореферата непонятно, с какими спектрами метеорной плазмы сравниваются спектры лазерной искры. К сожалению, в Автореферате не указаны источники метеорных спектров на различных высотах. Возможно, такая информация приведена в Диссертации.
3. В тексте Автореферата внезапно появляется метеорит Чуг Чуг 023, который, оказывается, являлся мишенью в ряде экспериментов по лазерной абляции. Возможно, в

тексте Диссертации появление этой мишени как-то объяснено. Почему важно наблюдать одновременно флуоресценцию Fe и CaO также не вполне понятно.

4. Вывод о надежности сопоставления условий в метеорной и лазерной плазме делается на основе утверждения «... *вариация параметров плазмы сопоставима с погрешностями их определения* ...». На чем основано это утверждение из текста Автореферата не понятно, никаких числовых данных о величинах вариаций параметров плазм не приведено.

Сделанные замечания не меняют общую положительную оценку диссертационной работы. Подводя итог можно утверждать, что А.С. Закусин продемонстрировал высокую научную квалификацию, как при экспериментальном исследовании лазерной плазмы, так и теоретической интерпретации результатов. Использование машинного обучения для обработки сложных многопараметрических спектров нестационарной плазмы является достаточно новым подходом в методе ЛИЭС и несомненным достижением автора. Представленная диссертация по объему и полученным результатам значительно превосходит типичные квалификационные работы на звание кандидата физмат наук. По актуальности темы, новизне, объему выполненных исследований, практической и теоретической значимости полученных результатов представленная диссертационная работа несомненно соответствует критериям, определенным пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова», а ее автор, Закусин Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.4. - Физическая химия.

Большов Михаил Александрович, д.ф.-м.н.
зав. лабораторией аналитической спектроскопии
ФГБУН Институт спектроскопии РАН (ИСАН)
108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, 5

«_27_» мая 2025 г.

Подпись гл.н.с., зав. Лабораторией аналитической спектроскопии Большова М.А. заверяю,
Ученый секретарь ИСАН к.ф.м.н. Р. Кильдиярова