

ОТ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ К ОПТИКЕ И
СПЕКТРОСКОПИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ И
РАДИАЦИОННОЙ ПЛАЗМОДИНАМИКЕ

Л. Я. МИНЬКО

*Институт молекулярной и атомной физики Академии наук Беларуси,
пр.-т Ф. Скорины, 70, Минск, 220072 Беларусь*

Представление о оптических свойствах ядерного взрыва как "взрывной" низкотемпературной плазмы были сформированы М. А. Ельшиным совместно с А.С.Компанейцем и Ю. П. Райзером в 1955-1956 гг. в отчете "Огненный шар атомного взрыва". На основании высокоскоростных фотографических исследований были установлены следующие стадии образования и развития огненного шара: начальной вспышки, первой фазы свечения, когда поверхность свечения шара совпадает с фронтом ударной волны, минимума свечения вследствие поглощения образовавшихся окислов азота, второй фазы, когда после отрыва ударной волны, светится горячий воздух. Вот как об этом пишет сам Михаил Александрович: "Огненный шар представляет собой низкотемпературную плазму, оптические свойства которой требовали изучения, чем потом я и занялся в Минске... В Институте физики и математики АН БССР, в котором я стал работать с 1956 г., я сначала заведовал организованной мной лабораторией радиоспектроскопии, но очень скоро серьезно занялся оптикой и спектроскопией низкотемпературной плазмы, как продолжением моих работ по световому излучению ядерных взрывов".

В эти годы наряду с широким размахом в Советском Союзе работ по физике высокотемпературной плазмы в связи с проблемой управляемого термоядерного синтеза, исследования по которой были начаты в начале 50-х годов по инициативе И. В. Курчатова, большое внимание уделяется исследованиям по физике низкотемпературной плазмы в связи с запросами новой техники: разработкой и созданием плазменных

двигателей, входом космических аппаратов и баллистических целей в плотные слои атмосферы, созданием и применением лазеров в плазмодинамических исследованиях.

В конце 50-х - начале 60-х годов под руководством и непосредственным участием академика АНБ М. А. Ельяшевича в Институте физики АНБ были развернуты систематические исследования в области высокотемпературной оптики, в основном посвященные спектроскопии низкотемпературной плазмы и разработке оптико-спектроскопических способов ее диагностики.

Результаты исследований не заставили себя ждать. Уже в 1965 году на международном симпозиуме по свойствам и применению низкотемпературной плазмы при XX Международном конгрессе по теоретической химии (г. Москва, 1965 г.) были доложены результаты по разработке и применению спектроскопических методов для диагностики низкотемпературной плазмы (Ельяшевич и др., 1965 г.). Доклад был посвящен методам определения концентрации заряженных частиц по измерениям уширения спектральных линий, обусловленного квадратичным эффектом Штарка, по измерениям интенсивностей запрещенных, а также автоионизационных спектральных линий.

Основные результаты первого периода (до 1969 года) деятельности лаборатории высокотемпературной оптики, созданной академиком АНБ М. А. Ельяшевичем в 1961 г. (Федоров, 1968). На основании физических и газодинамических исследований дуговых и сильноточных импульсных разрядов получены высокостабильные осесимметричные плазменные образования в интервале давлений от 0,01 до 1000 атм и температур от 3000 до 100000 К. Впервые экспериментально определены спектральные коэффициенты поглощения высоконагретого воздуха при температурах, недостижимых на современных газодинамических ударных трубах (до 14000 К) (Л.И.Киселевский, В.Д.Шиманович и др.). Исследования электрических разрядов в газовых потоках позволили разработать

металлов и газов (Л.И.Киселевский, Д.И.Гранькова). Изучено уширение спектральных линий при квадратичном эффекте Штарка. Разработаны конкретные способы определения концентрации заряженных частиц. Проведен расчет постоянных Штарка для ряда спектральных линий атомов лития, натрия, калия, цезия, бария, меди, магния, алюминия и углерода. Измерены концентрации заряженных частиц в условиях дуговых разрядов и плазменной струи импульсного генератора (М.А.Ельяшевич, Л.И.Гречихин, Л.Я.Минько, Г.И.Баканович, Е.С.Тюнина, Д.К.Скутов). Обнаружено, что при воздействии лазерного излучения на поглощающие материалы образуется плазменная струя, которая истекает со сверхзвуковой скоростью. Установлена полная аналогия как процессов разрушения вещества при воздействии мощных потоков лазерного излучения, так и механизма образования и истечения сверхзвуковых плазменных струй в обоих случаях. Струйное истечение имеет дискретный характер, это значит плазменная струя состоит из отдельных струек (Л.Я.Минько, Л.И.Гречихин, Г.И.Баканович).

В последующие годы (Киселевский, 1979) в лаборатории неравновесных процессов выполнены исследования плазмодинамических процессов и распространения сверхзвуковых плазменных струй в различных ускорительных устройствах. Развита оптические методы исследования таких струй. Рассмотрены закономерности взаимодействия мощных потоков лазерного излучения как с отдельно созданной плазмой, так и с собственной эрозионной плазмой, образующейся при воздействии лазерного излучения на твердые мишени. Выполнены систематические исследования оптических и газодинамических свойств эрозионной лазерной плазмы и ее влияния на прохождение индуцирующей плазму лазерного излучения с плотностью потока световой энергии до 10^9 Вт/см².

Естественным развитием наших исследований по физике низкотемпературной плазмы в середине 70-х годов явилось новое научное направление - радиационная плазмодинамика (РПД), зародившаяся

вначале как лазерная плазмодинамика и трансформировавшаяся впоследствии в радиационную лазерную плазмодинамику и динамику компрессионных квазистационарных плазменных потоков.

Радиационная плазмодинамика исследует динамику плазменных потоков, когда существенную роль в их энергетике играют радиационные процессы. Основные этапы исследований по РПД: динамика лазерных плазмодинамических процессов - лазерная плазмодинамика; динамика компрессионных плазменных потоков, генерируемых одноступенчатыми коаксиальными плазменными ускорителями; динамика лазерных радиационно-плазмодинамических процессов - радиационная лазерная плазмодинамика; лазерное взаимодействие со сложными плазменными образованиями; динамика формирования, структура и свойства крупномасштабных компрессионных плазменных потоков; динамика и свойства низкопороговых приповерхностных оптических разрядов.

В настоящее время тематика наших исследований входит, можно сказать, разделом в РПД: радиационная плазмодинамика импульсных источников плазменных потоков на основе оптических и электрических разрядов.

Литература

- Ельяшевич, М.А., Гречихин, Л.И., Киселевский, Л.И.: 1965. Доклад "Применение спектроскопических методов для диагностики низкотемпературной плазмы", Москва.
- Киселевский, Л.И.: 1979. "Физика плазмы". Изд. "Наука и техника", Минск, 243.
- Федоров, Ф.И.: 1968, "Даследаванні па фізіцы у Акадэміі навук БССР". Выд. "Навука і тэхніка", Мінск, 353.