

В.А. Капитанов, Ю.Н. Пономарев

## IX ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО СПЕКТРОСКОПИИ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

(ЯКУТСК, 28 ИЮНЯ—3 ИЮЛЯ 1989 ГОДА)

С 28 июня по 3 июля 1989 года в г. Якутске состоялся очередной IX Всесоюзный симпозиум по спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения, организованный Научным советом АН СССР по проблеме «Когерентная и нелинейная оптика», Научным советом СО АН СССР по спектроскопии, Институтом оптики атмосферы СО АН СССР. В работе симпозиума приняло участие 180 ученых, представляющих Москву, Ленинград, Томск, Новосибирск, Горький, Минск, Саратов и ряд других научных центров страны, где ведутся работы по молекулярной спектроскопии газовых сред высокого и сверхвысокого разрешения.

На симпозиуме был представлен 101 доклад, в том числе 14 пленарных, 35 устных и 52 стендовых. В ходе симпозиума состоялись очередное заседание рабочей группы по атмосферной спектроскопии при Всесоюзной комиссии по радиации и круглый стол по проблеме «Квантовые явления в оптике и их экспериментальное обнаружение».

На симпозиуме работало 5 секций:

1. Теория спектров молекул и радикалов?
2. Экспериментальные исследования спектров молекул в газовой фазе с высоким разрешением;
3. Спектроскопия межмолекулярных взаимодействий в газовой среде;
4. Спектроскопия флуктуаций интенсивности;
5. Техника спектроскопии высокого разрешения.

В день открытия симпозиума было сделано 3 пленарных доклада. В своем обзорном докладе «Лазерный экологический мониторинг на основе спектроскопических эффектов» директор Института оптики атмосферы акад. В.Е. Зуев сообщил о разработках института в области создания нового поколения аппаратуры для исследований газового состава атмосферы, включая контроль антропогенных загрязнений. В основу создания такой аппаратуры положены результаты комплексных исследований спектров поглощения и комбинационного рассеяния молекул с высоким разрешением и разработка новых методов синтеза лазерных частот в видимом и ИК-диапазонах спектра с использованием нелинейных кристаллов. Продемонстрированы результаты испытаний техники дистанционного и локального газоанализа в лабораторных и природных условиях.

В пленарном докладе д-ра физ.-мат. наук А.И. Надеждинского (ИОФ АН СССР) «Диодная лазерная спектроскопия. Современные тенденции» дан анализ тех направлений исследований, в которых применение методов диодной лазерной спектроскопии наиболее целесообразно. Основными из них являются: высокоточные измерения параметров спектральных линий, диагностика быстропротекающих процессов, высокочувствительный спектральный анализ. Отмечены принципиальные методические достижения: регистрация параметров контура линии с точностью, лучшей 1%, достижение предельной чувствительности на уровне  $10^{-9}\%$  объемной концентрации при регистрации микропримесей, высокий уровень автоматизации измерений.

В третьем пленарном докладе, представленном д-ром физ.-мат. наук С.Д. Твороговым (ИОА СО АН СССР) в соавторстве с А.В. Еньшиным (ТГУ), изложены оригинальные теоретические и экспериментальные результаты по возбуждению высоких вращательных состояний молекул бигармоническим световым полем, приводящему к появлению в спектре остронаправленного рассеянного излучения большого количества частот.

На секции «Теория спектров молекул и радикалов» были заслушаны три пленарных доклада (Б.И. Жилинский — МГУ; В.Г. Тютчев — ИОА СО АН СССР; А.В. Буренин — ИПФ АН СССР), 8 устных и представлены 15 стендовых. Анализ их содержания показывает, что за время, прошедшее с момента проведения предыдущего симпозиума (1987 г.), существенный прогресс достигнут в следующих направлениях:

— в развитии новых методов, в том числе методов теории симметрии, для описания критических явлений типа фазовых переходов в структуре колебательно-вращательных состояний многоатомных молекул (МГУ, ИС АН СССР, ИОА СО АН СССР). Методы успешно использованы для анализа качественных особенностей вращательной структуры дву- и трехкратно вырожденных колебаний;

— в разработке теоретических моделей для решения обратных спектроскопических задач по определению центров и интенсивностей линий при наличии вырождения и случайных резонансов на основе развития теории редукции эффективных гамильтонианов и дипольных моментов с последующим применением их к высокоточному описанию спектров молекул типа сферического и симметрич-

ного волчка и линейных молекул (ИОА СО АН СССР, МГУ, Харьковский госуниверситет, ИС АН СССР, ИОФ АН СССР);

– в совершенствовании теоретических методов расчета столкновительных полуширин и сдвигов центров колебательно-вращательных линий давлением посторонних газов, последовательно учитывающих внутримолекулярные взаимодействия различных типов (ИОА СО АН СССР, Томский политехнический институт, ИФП АН СССР, Ленинградский госуниверситет);

– в развитии теории нежестких молекул с использованием методов неполиномиальных производящих функций, паде-аппроксимантов и оптимизированных дробнорациональных аппроксимантов для эффективных вращательных гамильтонианов, асимптотически корректных методов теории возмущений для двухатомных молекул. В разработке методов расчета аномального поведения спектроскопических параметров и восстановления потенциальных функций молекул с инверсией, восстановления спектроскопических констант для молекул с внутренним вращением (ИФП АН СССР, ИОА СО АН СССР, ИФ АН АзССР);

– в совершенствовании программных средств и расчетных методов, ориентированных на прикладные исследования, в т. ч. в создании информационных баз данных по спектроскопии высокого разрешения атмосферных и загрязняющих атмосферу газов, радиационных характеристик электронно-колебательных переходов двухатомных молекул и оценок спектрального хода поглощения высокотемпературными газами (ИОА СО АН СССР, МГУ, ЛГУ).

В программу секции «Экспериментальные исследования спектров молекул в газовой фазе с высоким разрешением» были включены три пленарных доклада: по результатам комплексных исследований сдвигов и уширения линий поглощения  $\text{H}_2\text{O}$  давлением воздуха (Ю.Н. Пономарев и др., ИОА СО АН СССР); по исследованию спектров поглощения изотопов  $\text{H}_2\text{O}$  в фотографическом ИК-диапазоне (Л.Н. Сеница и др., ИОА СО АН СССР) и по спектрам поглощения и флуоресценции паров  $\text{H}_2\text{O}$  в УФ-диапазоне (В.М. Клишкин и др., ИОА СО АН СССР). Было также представлено 11 устных и 10 стендовых докладов.

Основные представленные результаты связаны с разработкой и совершенствованием лазерных спектрометров высокого разрешения, проведением массовых исследований спектра поглощения, комбинационного рассеяния и флуоресценции молекул атмосферных и загрязняющих атмосферу газов. Анализ представленных и обсужденных на секции докладов показал, что в настоящее время в СССР сформировались научные центры, обеспечивающие современный уровень экспериментальных исследований по спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения (ИОА СО АН СССР, ИОФ АН СССР, ИС АН СССР, ИФП АН СССР, МГУ, Латвийский госуниверситет). Ведущие в этих центрах исследования базируются на сочетании высокочувствительных методов лазерной спектроскопии с современными методами интерпретации колебательно-вращательных спектров. Развитие массовых измерений спектров с высоким разрешением позволили развить и существенно усовершенствовать теоретические методы анализа спектров с точностью, сравнимой с точностью эксперимента.

В СССР созданы автоматизированные лазерные спектрометры с разрешением  $\sim 10^{-3} - 10^{-4} \text{ см}^{-1}$  и лазерные газоанализаторы, позволяющие исследовать и контролировать содержание газовых загрязнений в воздухе на уровень ПДК как в локальных объемах, так и на атмосферных трассах (ИОФ АН СССР, ИОА СО АН СССР, ИРЭ АН СССР, ИФА АН СССР, ГОИ). Большую дискуссию на заседании секции вызвал доклад В.М. Клишкина об обнаружении нового электронного состояния молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ , обуславливающего полосу в спектре поглощения и флуоресценции  $\text{H}_2\text{O}$  в УФ-диапазоне.

На секции также обсуждался вопрос о необходимости организации внутрисоюзной и международной кооперации по созданию Всесоюзного информационного центра по молекулярной спектроскопии атмосферных и загрязняющих атмосферу газов.

На третьей секции рассматривались вопросы спектроскопии межмолекулярных взаимодействий в газовой среде. Пленарные доклады М.Б. Тонкова и Н.Н. Филиппова (ЛГУ) и С.Д. Творогова (ИОА СО АН СССР) были посвящены проблеме формирования контура спектральных линий и полос в области крыльев. В докладе А.К. Попова и др. (ИФ СО АН СССР) рассмотрены интерференционные явления в области нелинейных резонансов, индуцированных столкновениями. Были представлены также 7 устных и 13 стендовых докладов.

В активных дискуссиях на секции обсуждались вопросы физики формирования крыльев спектральных линий, интерференции линий, в т.ч. применительно к проблеме «окна прозрачности» атмосферы 8–12 мкм. Эта тематика доминировала в работе секции (ИОА СО АН СССР, ЛГУ, ГОИ, НПО «Тайфун»). Ощутимый прогресс продемонстрирован также по следующим направлениям: исследование процессов нелинейного резонансного взаимодействия лазерного излучения с газовыми средами, включая рассмотрение новых типов нелинейных резонансов; детальное исследование поляризационных зависимостей в поглощении и флуоресценции простых и сложных молекул (ИФСО АН СССР, НГУ, ИФ АН БССР, ИОА СО АН СССР) и традиционные для спектроскопии исследования столкновительного уширения и сдвига линии поглощения атмосферных газов. По последнему направлению существенное продвижение вперед достигнуто как в экспериментальных исследованиях, так и в теории. Развитие техники диодной и многоканальной оптико-акустической лазерной спектроскопии и лазерной спектрофотометрии позволило получить обширные количественные данные по сдвигам и уширению линий  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  давлением воздуха, молекулярных и атомарных газов. Усовершенство-

ванные методы расчета обеспечивают не только качественное объяснение результатов, но и количественное совпадение измеренных и расчетных значений сдвигов и полуширин колебательно-вращательных линий (ИОФ АН СССР, ИОА СО АН СССР, ГОИ).

На четвертой секции «Спектроскопия флуктуаций интенсивности» состоялись пленарные доклады Ю.М. Голубева (ЛГУ), А.С. Трошина (ЛГПИ) и А.С. Чиркина (МГУ).

Во всех представленных на секции докладах обсуждались вопросы создания и применения источников квантового излучения с субпуассоновской статистикой фотонов (или в «сжатых» квантовых состояниях). Представленные доклады были сделаны на высоком теоретическом уровне и вызвали интерес у всех участников симпозиума. В то же время нельзя не отметить отсутствие сообщений о работах экспериментаторов, что свидетельствует о наметившемся отставании в развитии этого направления в нашей стране. За время, прошедшее с предыдущего симпозиума, определенные успехи достигнуты в следующих направлениях:

– в изучении свойств резонансных газовых сред, связанных с процессами столкновений и внутриаомными движениями, что и является непосредственной задачей спектроскопии флуктуаций интенсивности. Особое внимание уделялось задачам зондирования таких сред «квантовым» светом, поскольку именно в этом случае имеются возможности применения спектроскопии флуктуаций интенсивности (ЛГУ, ЛГПИ, ЛПИ, ЛГИ, ИОА СО АН СССР);

– в изучении возможностей получения света в квантовых состояниях в различных вариантах лазерных и параметрических систем. Предложено несколько подходов формирования квантового «нешумящего» света (ЛГУ, МГУ, ЛГПИ, ЛГИ, ИОА СО АН СССР).

На пятой секции «Техника спектроскопии высокого разрешения» прочитано 2 пленарных, 5 устных и представлено 6 стендовых докладов.

Пленарный доклад Э.А. Свириденкова и др. (ФИ АН СССР) был посвящен исследованию влияния нелинейных процессов в лазере на характеристики внутрирезонаторных лазерных спектрометров.

В докладе С.М. Чернина (ИХФ АН СССР) и Е.Г. Барской (ГОИ) сообщалось о разработке уникальных многоходовых матричных систем и перспективах их использования в спектроскопии высокого разрешения.

Обсуждение представленных на секции материалов показало, что тенденции в развитии техники лазерной спектроскопии высокого разрешения связаны с освоением новых спектральных диапазонов, расширением функциональных возможностей спектрометров, повышением их чувствительности и разрешения. Повышенный интерес аудитории вызвали сообщения о спектрометре на параметрическом генераторе света для нелинейной спектроскопии молекулярных газов в диапазоне 1,5–3,8 мкм (ИПФ АН СССР) и о частотно-стабилизированном непрерывном лазере на красителях с прецизионной перестройкой длины волны излучения (НГУ), не уступающем по своим техническим характеристикам зарубежным аналогам.

В ходе работы симпозиума состоялся ряд семинаров по отдельным тематическим вопросам.