

ОТЗЫВ

официального оппонента Фирсова Константина Михайловича о диссертации Юрия Ивановича Баранова «Экспериментальное исследование индуцированного и континуального поглощения ИК-радиации основными атмосферными газами», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 оптика

Актуальность темы диссертационного исследования.

Достаточно продолжительное время мировым научным сообществом предпринимаются усилия в области экспериментальных и теоретических исследований спектров поглощения атмосферного воздуха. Созданы спектроскопические базы данных параметров спектральных линий, разработаны модели, позволяющие проводить высокоточные расчеты для широкого круга прикладных задач атмосферной оптики. Тем не менее остается ряд проблем, связанных в первую очередь с относительно слабым поглощением в макро- и микро-окнах прозрачности атмосферы. В первую очередь это связано с континуальным поглощением паров воды. Это обусловлено сложностью теоретического описания множественных механизмов межмолекулярного взаимодействия с одной стороны, и большими сложностями экспериментального исследования с другой стороны.

Особое внимание к окнам прозрачности атмосферы обусловлено тем, что они в значительной степени определяют радиационный баланс Земли и соответственно ее климат. Следует заметить, что в радиационных расчетах сложилась парадоксальная ситуация, когда модельеры стали широко использовать эмпирическую модель МТСКД, которая к настоящему времени насчитывает около десяти обновлений. Однако одна версия от другой отличается незначительно, и возникла иллюзия, что учет континуального поглощения паров воды проводится достаточно аккуратно. С другой стороны, многочисленные экспериментальные данные о коэффициентах континуального поглощения в диапазоне 8-12 мкм заметно различались, что должно было отражаться и на радиационных расчетах. Вследствие этого необходимы новые высокоточные экспериментальные результаты, полученные на основе современных технологий, что и было сделано в данном диссертационном исследовании.

Содержание работы. Диссертационная работа изложена на 203 страницах текста и состоит из введения, семи глав, заключения, списка цитируемой литературы из 170 наименований. Во введении обсуждается актуальность темы исследования, определены основные цели и задачи.

Первая глава является реферативной, в ней приведена краткая и довольно схематическая история исследования спектров поглощения индуцированных давлением и континуального поглощения в области окон прозрачности атмосферы Земли. При изложении первой главы Ю.И.Баранов кратко описал существующие подходы к описанию природы континуального поглощения и сформулировал тезис о существенной роли индуцированного давлением поглощения в окнах прозрачности атмосферы.

Вторая глава является одной из определяющих в структуре диссертации, в ней представлено описание используемых спектрометров. Достаточно детально описаны многоходовые кюветы, при разработке которых, либо их модернизации принимал участие автор диссертационной работы и внес определяющую роль для обеспечения высокоточных измерений слабых спектров поглощения. Важную роль при проведении измерений играют вакуумная система и система пробоподготовки, которые также являются авторской разработкой. Ю.И. Баранову удалось создать уникальные экспериментальные установки, которые обеспечили проведение измерений слабых спектров поглощения в широком диапазоне изменения температур и давлений.

Третья глава посвящена описанию методов обработки измеренных спектров, которые позволяют из экспериментальных данных выделять спектры поглощения индуцированные давлением, либо континуального поглощения. Приведено описание метода полинейного расчета колебательно-вращательных спектров на основе современных спектроскопических баз данных типа HITRAN, который является достаточно традиционным для такого круга задач. Коррекция параметров линий для более точного исключения селективного поглощения также широко используется (например, работы Пташника И.В., цитируемые в данной диссертации). Обсуждаются также традиционные проблемы коррекции базовой линии. В целом, методики, описанные в данной главе, соответствуют современному уровню спектроскопии, хотя возникают некоторые вопросы относительно способа выделения спектра димеров, описанного на стр.66-67. Однако знакомство с работой №136 (см. список цитирований в диссертационной работе) ситуацию проясняет.

Четвертая глава диссертации посвящена экспериментальному исследованию индуцированных давлением спектров поглощения кислорода, азота и углекислого газа. Разработанные автором диссертации экспериментальные установки позволили провести измерения в широком диапазоне температур и давлений, с высокой точностью определить сечения поглощения на отдельных частотах и интегральные интенсивности ряда полос O_2 , N_2 , CO_2 , а также их зависимости от температуры. При сопоставлении полученных результатов с данными других авторов впечатляет высокая точность. Исследования,

приведенные в данной главе, выполнены в соавторстве с ведущими специалистами в области спектроскопии межмолекулярного взаимодействия и опубликованы в авторитетных международных журналах.

Глава 5 посвящена экспериментальному исследованию континуального поглощения в области окон прозрачности атмосферы 3-5 мкм и 8-12 мкм в случае чистых паров воды. Систематические исследования в этой области проводятся более 40 лет, имеется несколько обзоров по этой тематике, которые отражены в диссертационной работе. Следует заметить, что до недавнего времени основным источником данных о континуальном поглощении являлись результаты, полученные D.Burch с соавторами (ссылки на эти работы есть в диссертации), так как они были получены для широкого спектрального и температурного диапазона. Измерения, выполненные Ю.И.Барановым в диапазоне температур от 310-363К, со спектральным разрешением 0.1 см^{-1} позволили более точно определить континуум в микроокнах, где вклад спектральных линий мономера незначителен или мог быть аккуратно вычтен в сравнении с данными низкого разрешения, полученными в работах D.Burch. При выполнении данных экспериментов автор проявил высокую квалификацию, что позволило получить рекордные по точности на сегодняшний день результаты и значительно уменьшить неопределенности в коэффициентах поглощения. В работе детально описаны все особенности проведения эксперимента и способы повышения его качества. Проведенные измерения в широком диапазоне температур и давлений дают новый импульс в исследовании природы континуального поглощения и уточнения параметрических моделей континуума для атмосферных приложений. Свидетельством этого является то, что все последние модернизации эмпирической модели МТСКД тесно связаны с публикацией результатов Ю.И.Барановым.

В главе 6 приведены результаты экспериментального исследования континуального поглощения паров воды в области окон прозрачности атмосферы 3-5 мкм и 8-12 мкм в случае уширения давлением азота. Данные об этом типе континуального поглощения наименее исследованы в силу их малости, но для атмосферных приложений очень важны, так как вклад от этой компоненты может быть достаточно заметным в регионах средних и высоких широт в зависимости от его величины. Расхождения между экспериментально измеренными коэффициентами континуального поглощения в окне прозрачности 8-12 мкм составляли порядок величины. Заслуга автора состоит в том, что ему удалось существенно повысить точность измерений (максимальная погрешность не превышает 50%). Не менее впечатляющие данные получены для окна прозрачности 3-5 мкм. Для выделения континуального поглощения автором была использована методика

цифровой обработки спектра, описанная в главе 3. Полученные им результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными Пташника и значительно отличались от того, что давал расчет по модели МТСКД. Следует отметить, что в данной главе автор привел некоторые качественные аргументы в пользу существования полосы поглощения азота индуцированной давлением паров воды, которая дает определяющий вклад в 2200-2600 см⁻¹.

В главе 7 автор обсуждает гипотезу о том, что определяющую роль в формировании континуума вносят индуцированные давлением полосы поглощения. Однако, с моей точки зрения, наибольший интерес в этом разделе представляют экспериментальные данные по исследованию влияния СО₂ на континуальное поглощение, так как они могут быть полезны при совершенствовании теоретических моделей континуального поглощения.

В Заключение суммируются основные результаты и выводы, полученные в диссертации.

Главным результатом диссертационной работы, который определяет ее **научную значимость и практическую ценность**, являются массивы высокоточных экспериментальных данных о континуальном поглощении паров воды в области 3-5 мкм и 8-12 мкм, а также данные об индуцированных давлением полосах поглощения О₂, N₂ и СО₂. Эти результаты наиболее полно описывают наблюдаемые спектральные и температурные зависимости вышеуказанных компонент и уже получили широкое использование для прикладных исследований.

Степень обоснованности научных положений и выводов.

В целом положения и выводы, полученные в диссертации, основаны на обобщении значительного объема экспериментального материала, полученного в диссертации, а также критическом анализе известных литературных данных и подтверждаются согласием с экспериментальными данными и теоретическими расчетами других авторов. Однако выдвинутая автором гипотеза о том, что индуцированные давлением полосы поглощения дают определяющий вклад в континуальное поглощение, недостаточно обоснована.

Достоверность и новизна полученных результатов и выводов. Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем: 1) созданы уникальные спектрометры, обеспечивающие измерение слабых спектров поглощения с рекордной точностью; 2) определены коэффициенты континуального поглощения паров воды в случае самоуширения и уширения буферными газами, а также сечения поглощения для ряда полос, индуцированных давлением в широких спектральных и температурных диапазонах.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследований, разработке экспериментальных стендов, проведении экспериментов и анализе полученных результатов.

Завершенность работы, публикация основных результатов. Все поставленные в диссертации задачи, которые были связаны с проведением эксперимента и обработкой полученных данных, решены. Основное содержание работы изложено в 22 статьях, 20 из которых опубликованы в научных журналах с высоким рейтингом и входят в перечень Высшей аттестационной комиссии. Основные результаты диссертационной работы докладывались на 12 международных конференциях.

Использование результатов диссертационной работы. Результаты, полученные Ю.В. Барановым, являются широко востребованными для специалистов в области атмосферной оптики, достаточно только отметить, что они уже использовались при совершенствовании эмпирической модели континуума МТСКД.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Основное замечание по данной диссертационной работе состоит в следующем: Сформулированные автором цели и задачи исследования связаны с экспериментальным исследованием континуального и индуцированного давлением поглощения. Однако на протяжении всей диссертации автор неявно протягивает еще одну цель: доказать гипотезу о доминирующей роли индуцированного давлением поглощения в формировании континуального поглощения. Вследствие этого в диссертационной работе явно упущены многие выигрышные моменты, связанные с физическими и техническими тонкостями эксперимента, а с другой стороны слишком детально обсуждаются второстепенные вопросы с точки зрения данного исследования, к которым, по моему мнению, относится обсуждаемая гипотеза. Ее можно было высказать в заключении и не акцентировать на ней внимание так, как это сделано в данном диссертационном исследовании. Поэтому глава 7 в диссертационной работе вызывает наибольшую критику. Следует отметить, что аргументы о роли индуцированных полос в окнах прозрачности атмосферы и критика мономерной и димерной гипотез, приведенные автором, недостаточно убедительные. Я приведу лишь один пример. Автор обсуждает температурную зависимость континуального поглощения в области 8-12 мкм и отмечает отклонение от экспоненциальной зависимости. Однако все данные для окна прозрачности 8-12 мкм, полученные самим Ю.И.Барановым, хорошо описываются экспоненциальной температурной зависимостью. Что касается

экспериментальных данных Montgomery G.P.(ссылка №83 в диссертации) для области 1203 см^{-1} это всего лишь одна работа, причем эти данные нужно проверять. С другой стороны, в работах Творогова С.Д. (ссылки на его работы есть в диссертации) в рамках мономерной гипотезы обсуждался вопрос об инверсии температурной зависимости в области 1203 см^{-1} .

2. В главе 6 обсуждение температурной зависимости континуума в области 8-12 мкм проведено непоследовательно. Первоначально автор отмечает, что температурная зависимость данной компоненты континуума достаточно слабая и подтверждает это сопоставлением экспериментальных данных при различных температурах, а затем неожиданно делает вывод, что данные о температурной зависимости, представленные в работе [90] (см. список цитируемой литературы), наиболее точны и составляют примерно 1К/град. Логика не очень ясна.
3. Несмотря на то что автором диссертации созданы уникальные экспериментальные установки, которые позволили ему получить принципиально новые результаты, не отмечена новизна технических решений. Это снижает впечатление от работы.
4. Не очень удачно сформулированы защищаемые положения выносимые на защиту и научная новизна. В частности, из работы не ясно в чем состоит новизна метода цифровой обработки спектра, и какие отличия от традиционных методов, используемых, например, в работах И.В.Пташника, с которыми автор хорошо знаком.

Однако сделанные замечания не снижают научную ценность работы. Несомненно научная и практическая значимость результатов, связанных с обширным числовым материалом, полученным при интерпретации конкретных экспериментальных данных. Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом на актуальную тему, выполненную автором на высоком научном уровне. Полученные в диссертации результаты позволяют ее классифицировать как научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема экспериментального исследования индуцированного и континуального поглощения ИК-радиации основными атмосферными газами для широкого диапазона температур, имеющая важное значение для развития атмосферной оптики. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.05 – оптика в части п. 5 «Излучение и поглощение света изолированными и взаимодействующими атомами и молекулами». Основные результаты диссертации опубликованы в научных журналах,

рекомендованных ВАК РФ, и обсуждены на ряде международных и всероссийских конференций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации. Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Баранов Юрий Иванович несомненно заслуживает присуждения ему степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Официальный оппонент
Директор ФТИ ВолГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор

К.М.Фирсов

Подпись К.М. Фирсова

заверяю уч.секр ВолГУ

Н.В. Лисовская

18.09.2014г.

Подпись	<i>Лисовская</i>	заверяю
	<i>Лисовская</i>	
Ученый секретарь федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Волгоградский государственный университет»		
	<i>Лисовская</i>	Н.В. Лисовская
	<i>18.09.2014</i>	20.14 г.

