

К вопросу о возможности наблюдения линий миллиметрового спектра димера воды в равновесной газовой фазе

А.Ф. Крупнов, М.Ю. Третьяков*

*Институт прикладной физики РАН
603600, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46*

Поступила в редакцию 7.04.2008 г.

Ранее было предложено (А.Ф. Крупнов и др. // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 9. С. 772–776) для обнаружения спектра димера воды в равновесном состоянии наблюдать отдельные вращательные линии димера воды в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн при высоком разрешении, и была показана достаточность чувствительности некоторых типов микроволновых спектрометров для наблюдения линий димера с рассчитанным нами коэффициентом поглощения. В настоящей статье рассматриваются условия такого наблюдения отдельной линии димера на фоне суммарного поглощения излучения парами воды в миллиметровом диапазоне. Показано, что рассчитанная интенсивность отдельной вращательной линии димера лишь в несколько раз меньше полного континуального поглощения парами воды и поглощение димерами воды составляет основную часть всего наблюдающегося поглощения парами воды в миллиметровом диапазоне. Таким образом, предложенное нами ранее направление исследований представляется перспективным для обнаружения димеров воды в равновесных условиях, попытки которого ведутся уже около 40 лет.

Ключевые слова: димер воды, континуальное поглощение, равновесные условия, миллиметровые волны.

Введение

Указание на то, что в водяном паре часть молекул воды находится в ассоциированном состоянии, можно найти, например, в работах 30-х гг. прошлого века Г.С. Ландсберга, отмечавшего наличие равновесного состояния в водяном паре между изолированными и ассоциированными молекулами и показавшего, что изменение температуры пара приводит лишь к смещению этого равновесия, но не приводит к постепенному ослаблению водородных связей между ассоциированными молекулами [1]. Вопрос о наличии молекул воды в земной атмосфере, находящихся в простейшем ассоциированном состоянии, т.е. в виде димера воды, и, более того, о возможности объяснения этим наблюдаемого в эксперименте избыточного по сравнению с линиями мономеров воды поглощения излучения миллиметрового и субмиллиметрового (ММ и СубММ) диапазонов волн был впервые четко поставлен в 60-х гг. в работах Викторовой и Жевакина (см., например, [2]).

Попытки обнаружить поглощение излучения в атмосфере Земли димерами воды предпринимались практически с 1966 г. [2]. Имеется также целый ряд работ, сообщавших о результатах обнаружения такого поглощения, но они впоследствии не нашли

подтверждения. К наиболее ранним, по-видимому, можно отнести работу [3], а к наиболее известным в последнее время — работу 2003 г. [4]. Публикация этих работ, разделенных 34 годами, в самых высокорейтинговых научных журналах свидетельствует о большом интересе к этой проблеме, не прошедшем за последние сорок лет. Длительная история исследований свидетельствует также о трудности проблемы, не решенной до сих пор.

Обычно рассматривается и исследуется экспериментально поглощение димерами воды в атмосферных условиях, т.е. при сравнительно большом суммарном давлении газов, которое приводит к слиянию отдельных линий димера воды и делает поглощение димерами неотличимым от других видов континуального поглощения. Разумеется, в исследовании распространения излучения в атмосфере конечной целью является именно изучение поглощения в атмосферных условиях. Однако спектрально неразрешимое смешивание различных видов поглощения весьма усложняет задачу их разделения.

Особенные трудности в выделении континуальной части поглощения излучения атмосферой возникают из-за неточности и неполноты используемой базы данных о линиях мономера воды, попадающих в исследуемый диапазон. Наиболее трудна эта задача для высокочастотных областей спектра (оптика). Например, после появления работы [4] авторы [5] обнаружили более двухсот новых линий мономера воды в рассматриваемой в [4] области спектра,

* Андрей Федорович Крупнов (kru@appl.sci-nnov.ru);
Михаил Юрьевич Третьяков (trt@appl.sci-nnov.ru).