

С.Ф. Лукьяненко, Т.И. Новаковская, И.Н. Потапкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРОВ H_2O В ОБЛАСТИ 265 ... 350 НМ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОФОТОМЕТРА НА БАЗЕ КСВУ-12 М

С помощью спектрофотометра, разработанного на базе элементов спектроскопического комплекса КСВУ-12М, двойного монохроматора МДР-6, многоходовой кюветы и галогенной лампы зарегистрирован спектральный коэффициент поглощения паров воды в абсолютных единицах в области 265 ... 350 нм.

Результаты работы подтверждают диффузионный характер исследуемой спектральной полосы H_2O и ее принадлежность непосредственно молекуле воды. Делается также вывод о том, что наблюдаемая полоса представляет собой сумму минимум двух перекрывающихся линий (полос поглощения).

В работе [1] было проведено исследование спектра поглощения ультрафиолетовой полосы паров воды в области 270 ... 320 нм с помощью дискретно перестраиваемой 2-й гармоники жидкостного лазера. О наличии этой полосы H_2O впервые сообщалось в [2].

С точки зрения уточнения структуры полосы поглощения паров воды в ближнем ультрафиолете и выявления природы ее образования представляет интерес получение непрерывной записи абсорбционного спектра H_2O , причем по возможности в более широком спектральном диапазоне и без использования лазерных источников света.

Экспериментальная установка, использованная для измерений, приведена на рис. 1. Излучение галогенной лампы 4 с кварцевой колбой (мощность лампы 500 Вт), снабженной сферическим отражателем 5, направлялось с помощью сферического (радиус кривизны 5 м) алюминированного зеркала-формирователя 1 в многоходовую кювету 3 с оптической системой Уайта (зеркала 9–11). Радиус кривизны зеркал системы — 2 м, расстояние между ними — 2 м. Оптическая система с зеркалами, покрытыми алюминием, обеспечивала длину поглощающего слоя $L = 64$ м без перекрытия пятен на зеркале-коллиматоре 9 и ослабление излучения галогенной лампы не более 10 раз. Кювета 3 имела кварцевые входные и выходные окна (2). Выходящее из кюветы излучение лампы фокусировалось кварцевой линзой 8 на входную щель двойного монохроматора МДР-6 (7), затем регистрировалось фотоумножителем ФЭУ-100 (6). Управление шаговым двигателем монохроматора, питание ФЭУ и запись его сигналов осуществлялись с помощью блоков спектроскопического комплекса КСВУ-12 М (12), управляющей и обрабатывающей ЭВМ ДВК-ЗМ — (13). Запись излучения галогенной лампы наблюдалась на дисплее компьютера 13, после обработки результаты измерений выдавались на печать с помощью принтера 14.

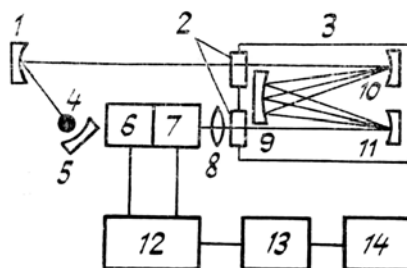


Рис. 1. Принципиальная схема установки

Питание галогенной лампы осуществлялось через специальный стабилизатор переменного тока с цифровой индикацией выходного напряжения, который обеспечивал постоянство потока излучения лампы с погрешностью не более 1%. Это позволяло получать достаточно стабильные результаты по коэффициенту поглощения при работе с одноканальной системой регистрации.

Математическое обеспечение спектроскопического комплекса давало возможность осуществлять многократные записи спектра излучения лампы в заданном диапазоне спектра с одновременным их усреднением и последующей обработкой (сглаживанием, нормированием, логарифмированием и т.д.).

Это обеспечивало измерение оптической плотности kL с погрешностью σ в пределах $\sigma \sim 0,01 \dots 0,02$ в диапазоне длин волн 400 ... 265 нм. Возрастание значений σ в коротковолновой области спектра было связано с быстрым уменьшением спектральной мощности лампы в этом диапазоне (рис. 2) и соответствующим относительным возрастанием уровня шумов ФЭУ. В диапазоне длин волн $\lambda \leq 265$ нм исследования спектра поглощения не проводились, так как погрешность его измерения очень резко возрастала при $\lambda = 260$ нм, $\sigma \sim 0,1$.

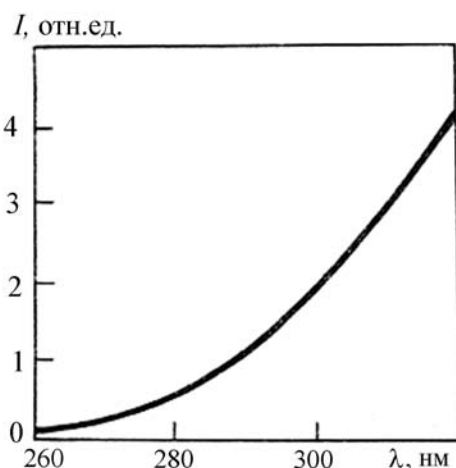


Рис. 2. Спектральная мощность излучения галогенной лампы в области 260 ... 320 нм

Методика эксперимента была следующей. Исследуемый диапазон спектра разбивался на интервалы по 20 ... 30 нм. В этом случае перепад сигналов ФЭУ не превышал 2–5 разов, и практически не возникало дополнительных погрешностей за счет различного рода нелинейностей передаточной функции фотоумножителя. Кроме того, ограниченный объем оперативной памяти компьютера не позволял записывать длинные участки спектра с достаточно малым ($\sim 0,1$ нм) шагом дискретизации. Шаг дискретизации, в свою очередь, подбирался равным или меньшим спектрального разрешения монохроматора δ . Значение δ в наших экспериментах было равным приблизительно 1 нм в диапазоне 265 ... 280 нм и соответственно 0,3 и 0,1 нм — в диапазонах 280 ... 300 нм и 300 ... 360 нм. Вариации аппаратной функции монохроматора (путем изменения ширины входной и выходной щелей) позволяли не изменять напряжение ФЭУ (2000 В) во всем исследуемом диапазоне спектра, что повышало стабильность получаемых результатов. С другой стороны, согласно [3], поскольку ширина исследуемой полосы достаточно велика (> 20 нм), влияние аппаратной функции монохроматора на получаемые значения пренебрежимо мало, даже при $\delta \sim 1$ нм.

С помощью пробных записей спектра излучения ртутной лампы низкого давления была определена абсолютная погрешность привязки длин волн σ_λ . В диапазоне 260 ... 400 нм она оказалась равной $\leq 0,01$ нм.

Исследуемый коэффициент поглощения определялся по формуле

$$k(\lambda) = -\ln[\langle J(\lambda) \rangle_n / (\langle J_0(\lambda) \rangle_n \cdot L \cdot P_{\text{H}_2\text{O}})],$$

где $\langle J_0(\lambda) \rangle_n$, $\langle J(\lambda) \rangle_n$ — усредненные по n реализациям спектральные распределения мощности излучения лампы, прошедшие соответственно откачанную и наполненную парами H_2O многоходовую кювету; $P_{\text{H}_2\text{O}}$ — давление паров воды.

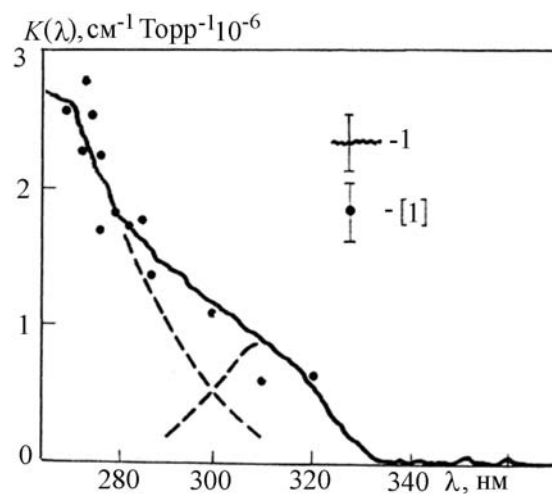


Рис. 3. Спектральный коэффициент поглощения $k(\lambda)$ паров воды ($\text{см}^{-1}\text{Торр}^{-1} \cdot 10^{-6}$) в диапазоне 265 ... 350 нм: сплошная линия — наши данные, точки — данные [1], пунктир — ориентировочное разложение полосы поглощения на отдельные линии

Предварительные эксперименты показали, что суммарная погрешность определения $k(\lambda)$ не превышает $4 \cdot 10^{-7} \text{ см}^{-1} \text{ Торр}$ во всем исследуемом диапазоне.

Результаты исследования спектра поглощения паров H_2O в диапазоне 265 ... 360 нм приведены на рис. 3. На этом же рисунке приведены данные, полученные с помощью лазера в [1] и пересчитанные на единицу давления. Как видно, их совпадение вполне удовлетворительное. Из рис. 3 также следует, что наблюдаемая полоса поглощения H_2O представляет собой (как минимум) сумму двух перекрывающихся полос (линий) с центрами около 265 ... 275 нм и 315 ... 320 нм соответственно.

Близость значений $k(\lambda)$, полученных при использовании лазера в [1] и в нашем случае, когда ширина аппаратной функции δ оказывается значительно больше, говорит об отсутствии тонкой структуры исследуемой полосы H_2O . Такой же вывод был сделан и в [3].

Таким образом, полученные данные подтверждают тот факт, что поглощение H_2O в диапазоне 265 ... 330 нм обусловлено не особенностями взаимодействия лазерного излучения с парами воды (фотодиссоциация и пр.), а наличием у молекулы H_2O неизвестного ранее электронного перехода.

В заключение авторы благодарят В.В. Шлегина за помощь при подготовке и проведении эксперимента.

1. Лукьяненко С.Ф., Новаковская Т.И., Потапкин И.Н. //Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 7. С. 706–709.
2. Климкин В.М., Федорищев В.Н. //Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 2. С. 220–221.
3. Климкин В.М., Лукьяненко С.Ф., Потапкин И.Н., Федорищев В.Н. //Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 3. С. 322–323.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,
Томск

Поступила в редакцию
21 августа 1990 г.

S.F. Luk'yanenko, T.I. Novakovskaya, I.N. Potapkin. **Investigation of Light Absorption by H_2O Vapor in the Spectral Range 265 to 250 nm Using the Spectrophotometer Based on the Use of KSVU-12M Device.**

Absolute values of the H_2O vapor absorption coefficient in the range 265 to 350 nm have been measured using a spectrophotometer complex composed of KSVU-12M device, double grating monochromator MDR-6, and of a multi-pass cell with a halogen lamp as a light source.

The measurement results confirm the diffusion character of the absorption band studied as well as the fact that it is really the water vapor absorption band. The conclusion is also drawn in the paper that this absorption band is a superposition of two absorption lines (bands).