

СПЕКТРОСКОПИЯ ПАРОВ ТРУДНОЛЕТУЧИХ СОЕДИНЕНИЙ, ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ СВЕРХЗВУКОВОГО ПОТОКА

Д.И. Катаев

Впервые получен спектр мономерных молекул труднолетучего соединения, переохлажденного в сверхзвуковом потоке до 40К. Исследовался электронный спектр поглощения паров монохлорида индия, поступавших в поток гелия через пористую стенку клинообразной испарительной ячейки.

В последнее время в литературе появились сообщения о получении спектров ряда газов, а также продуктов димеризации и полимеризации щелочных металлов, переохлажденных в сверхзвуковом потоке до температур порядка десятков градусов Кельвина [1 – 3]. Этот новый метод обещает дать интересные результаты в молекулярной спектроскопии, а также в газовой динамике, при изучении процессов релаксации и т. д. Однако спектры мономерных молекул труднолетучих соединений, переохлажденных в сверхзвуковом потоке, пока не были получены.

В нашей с Мальцевым работе [4] показано, что при исследовании труднолетучих соединений особую роль играет способ введения паров в поток. Было предложено вводить пары в сверхзвуковую область потока холодного инертного газа, например, через пористую поверхность печи (испарительной ячейки), параллельную потоку. Этот способ наибо-

лее перспективен с точки зрения глубины переохлаждения, минимальной конденсации, минимального давления пара и расхода исследуемого вещества. В предлагаемой работе изложены предварительные результаты эксперимента по осуществлению этого способа переохлаждения.

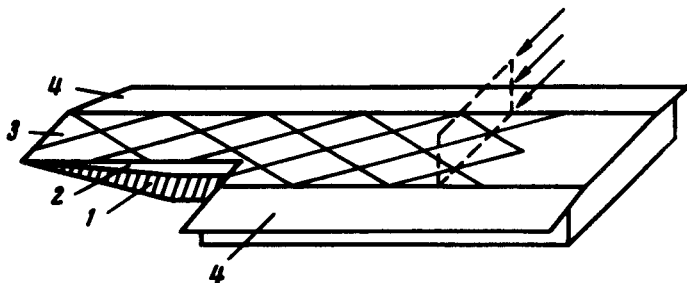
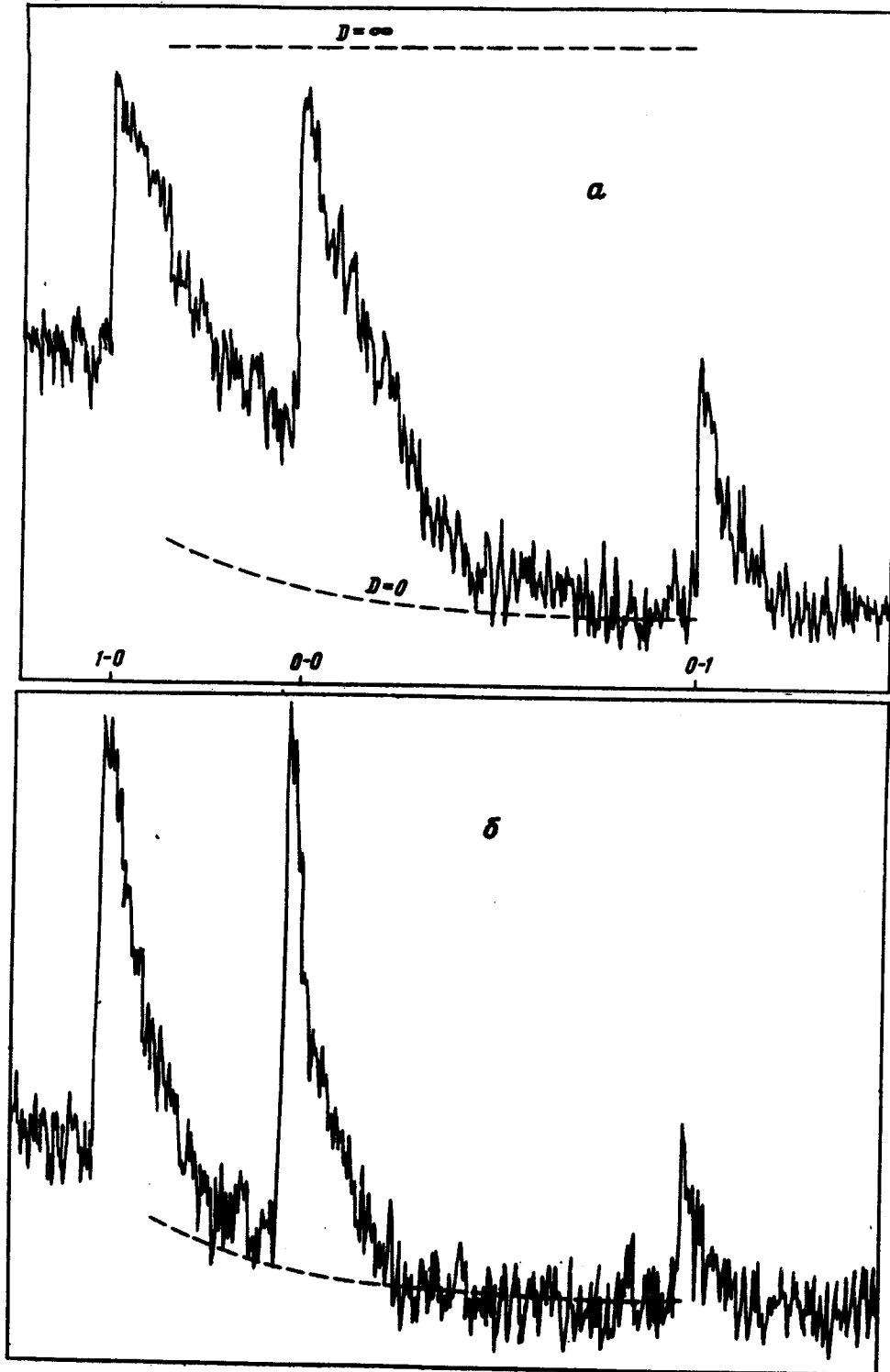


Рис. 1. Клинообразная испарительная ячейка. Носовая часть показана в разрезе: 1 – корпус, 2 – полость для испаряемого вещества, 3 – нагреватель (пористая часть заштрихована), 4 – "крылышки". Пунктиром показано сечение пограничного слоя, проецируемое на щель спектрографа, а тремя стрелками – направление света

Эксперимент проводился на гелиевой аэродинамической трубе Центрального аэрогидродинамического института им. Н.Е.Жуковского. Начальное давление гелия равнялось 50 атм , а температура – 300 К . В рабочей части трубы число Маха $19,5$, статическое давление $0,2 \text{ тор}$, статическая температура $2,4 \text{ К}$. Исследуемое вещество испарялось из клинообразной ячейки (рис. 1). Ее верхняя плоскость представляет собой нагреватель из платиновой фольги толщиной $0,1 \text{ мм}$, имеющий 2000 отверстий диаметром $0,15 - 0,20 \text{ мм}$ на площади $50 \times 20 \text{ мм}^2$. Под нагреватель насыпается исследуемое вещество. С боков ячейка имеет "крылышки", нагреваемые до той же температуры; они препятствуют затеканию холодного газа из зоны за скачком уплотнения под ячейкой в зону над ячейкой. Свет от импульсной лампы ИСШ-500 фокусировался в пограничном слое потока над нагревателем, а изображение пограничного слоя проецировалось на щель спектрографа СТЭ-1. Таким образом получался спектр поглощения, у которого различные по высоте участки соответствовали различным подслоям пограничного слоя. В качестве исследуемого вещества был выбран моноклорид индия (InCl). Он имеет интенсивный полосатый спектр в области $266 - 270 \text{ нм}$ [5], испаряется практически полностью в виде мономера [6, 7] и удобен в работе. Продолжительность пуска трубы составляла $0,6 \text{ сек}$. Нагреватель включался вместе с пуском, через $0,5 \text{ сек}$ включалась вспышка и одновременно выключался нагреватель. К этому моменту температура нагревателя могла достигать 1000°С , но достаточное количество пара поступало в пограничный слой уже при 500°С . Эксперимент подробно описан в работе [8].

Некоторые условия эксперимента были неоптимальными. Так, над верхней плоскостью ячейки возникал косой скачок уплотнения (по-видимому, из-за недостаточной остроты передней кромки), и за ним повышалась статическая температура. Кроме того, по условиям работы потребовались высокочувствительный крупнозернистый (см. рис. 2) фо-

томатериал и ширина щели спектрографа в три раза больше нормальной, что отрицательно сказалось на спектральном и пространственном разрешении. Поэтому результаты следует рассматривать лишь как предварительные.



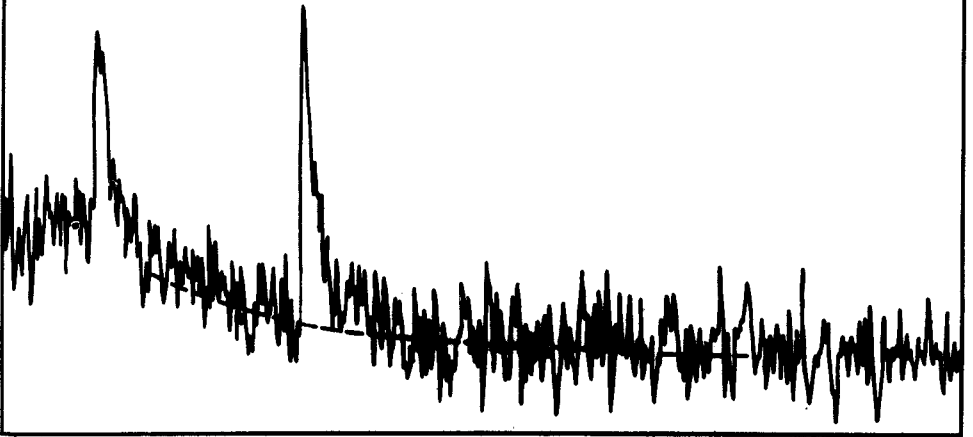


Рис. 2. Микрофотограммы трех полос поглощения InCl , соответствующие a – горячему, b – среднему и c – холодному подслоям пограничного слоя. Пунктиром показаны уровни с оптическими плотностями $D = 0$ и $D = \infty$

На рис. 2 приведены микрофотограммы спектра, полученного при температуре нагревателя 1100К. Микрофотограммы a , b , c соответствуют трем подслоям пограничного слоя: непосредственно соприкасающемуся с нагревателем, среднему и наружному. Можно видеть, как в результате переохлаждения сужается вращательная структура и, в частности, устраняется взаимное перекрывание полос $1 - 0$ и $0 - 0$. Кроме того, из-за уменьшения заселенности колебательного уровня $v'' = 1$ интегральная интенсивность полосы $0 - 1$ уменьшается быстрее, чем для полос $0 - 0$ и $1 - 0$, следовательно, в пограничном слое успевает произойти и колебательная релаксация. Оценка температуры по распределению интенсивности вращательной структуры полосы $0 - 0$ дала для микрофотограмм a , b и c соответственно 870, 200 и 40К. Температура оценивалась путем сравнения с синтетическим спектром [9], а также (для 520 – 1230К) путем сравнения со спектрами поглощения паров, нагретых в кварцевой кювете.

Концентрация молекул InCl в горячем подслое составляет $10^{13} - 10^{14} \text{ см}^{-3}$, в холодном подслое она на порядок величины ниже. Интересно отметить, что, согласно уравнению давления пара InCl [6], в равновесных условиях при 40К концентрация молекул InCl составляет $\sim 10^{-110} \text{ см}^{-3}$.

Автор признателен В.Я.Безменову, В.Я.Боровому, А.И.Кобылянскому, Г.И.Майкапару, А.А.Мальцеву, Ю.К.Фролову и В.Н.Харченко за помощь в работе и полезные обсуждения.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
6 декабря 1975 г.

Литература

- [1] M.P.Sinha, A.Schutz, R.N.Zare. J.Chem. Phys., 58, 549, 1973.
 - [2] R.E.Smalley, B.L.Ramakrishna, D.H.Levy, L.Wharton. J.Chem. Phys., 61, 4363, 1974.
 - [3] S.G.Kukulich, D.E.Oates, J.H.S.Wang. J.Chem. Phys., 61, 4686, 1974.
 - [4] Д.И.Катаев, А.А.Мальцев. ЖЭТФ, 64, 1527, 1973.
 - [5] H.M.Froslie, J.G.Winans. Phys. Rev., 72, 481, 1947.
 - [6] F.J.Smith, R.F.Barrow. Trans. Farad. Soc., 54, 826, 1958.
 - [7] О.Г.Полячонок, О.Н.Комтилова. Изв. АН БССР, сер. физ.-энерг., №2, стр. 90, 1970.
 - [8] Д.И.Катаев, А.А.Мальцев, В.Н.Харченко, Ю.К.Фролов. Спектроскопическое исследование структуры гиперзвукового пограничного слоя. Отчет Б367124, ВНИИЦ, 1974.
 - [9] А.И.Кобылянский, И.В.Вейц, Л.В.Гурвич. Теплофиз. выс. темп. 12, 1161, 1974.
-