АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XVIII 1972 Вып. 2

УДК 534.286

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ЭТИЛАЦЕТАТЕ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

И. А. Мамедов, Д. К. Пулатов

Приводятся результаты экспериментального исследования распространения ультразвука в этилацетате в широком диапазоне давлений и частот при комнатной температуре. Исследован коэффициент поглощения звука в интервале давлений 1 — 1000 *кг/см*² при частотах: 8, 12; 12, 24; 15; 16; 20, 20, 4; 24; 28; 28, 56; 32 *Мгц* и скорость ультразвука в интервале давлений 1—1000 *кг/см*². Показано, что в этилацетате существует одна область релаксаций и время релаксации не зависит от давления.

Аномальное поглощение ультразвука в ацетатах вызывает большой интерес исследователей. В этих жидкостях молекулы могут существовать в двух изомерных конфигурациях, разделенных не слишком высоким потенциальным барьером. Задачей настоящей работы явилось получение новых экспериментальных данных в этой области в широком интервале давлений, что позволяет выяснить влияние изменений давления на величину времени релаксации.

Для полного обсуждения механизма поглощения ультразвука в этилацетате нами были исследованы скорость распространения и коэффициент поглощения ультразвука в интервале давлений 1—1000 *кг/см*² и диапазоне частот 8—32 *Мгц*.

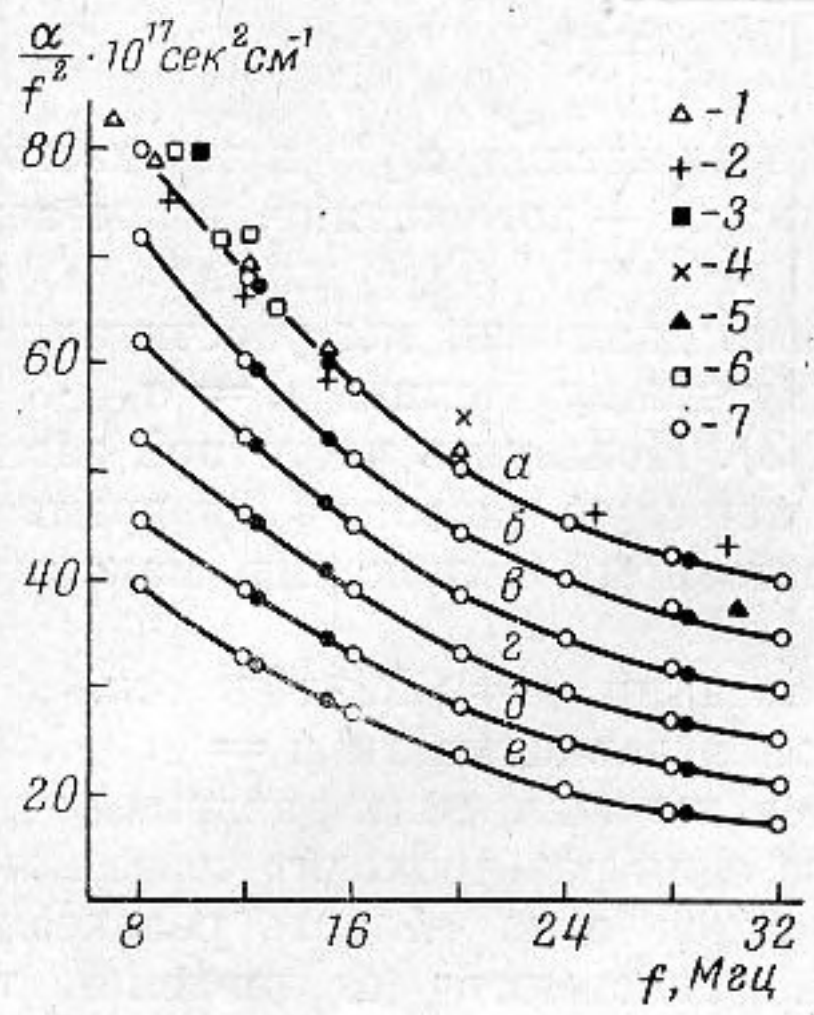
Этилацетат является вторым сложным эфиром уксусной кислоты. Он характеризуется следующими параметрами: температура кипения $t = 77{,}1°$, плотность $\rho_{20} = 0{,}9005$ *г/см*³; коэффициент преломления $n = 1{,}3719$, молекулярный вес $M = 88{,}06$ при давлении $P = 760$ *мм*.

Измерение поглощения звука в этилацетате проведено при температуре 20° в интервале давлений 1—1000 *кг/см*² на частотах: 8; 12; 12,24; 15; 16; 20; 20,4; 28; 28,56; 32 *Мгц*.

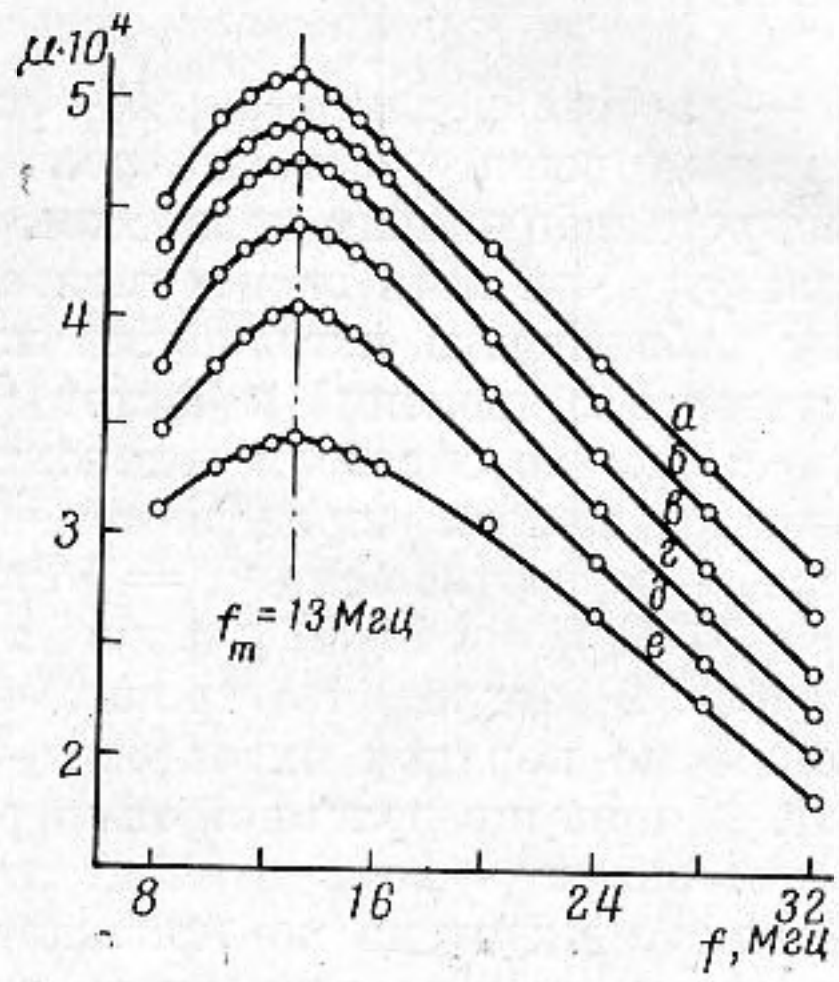
Измерение скорости и поглощение звука в зависимости от давления производилось при повышении давлений ступенями по 50 *кг/см*². Давление, создаваемое грузопоршневым манометром МП-600 и МП-2500, через сильфон передавалось исследуемой жидкости; измерение производилось образцовым манометром. Термостатирование автоклава-камеры осуществлялось с точностью 0,1°. Суммарная относительная погрешность измерения скорости звука при частоте 4—5 *Мгц* не превышала 0,3%. Предельная ошибка измерения коэффициента поглощения составляла 4%. Измерение поглощения ультразвука проводилось импульсным методом переменного расстояния [1].

Результаты экспериментального исследования скорости звука c и коэффициента поглощения α/f^2 в зависимости от давления при частотах: 8; 12; 24; 15; 20,4; 28,56; 32 *Мгц* представлены в табл. 1. Каждое значение в таблице является средним из 8—10 измерений. Для большей наглядности, на фиг. 1 представлена зависимость α/f^2 от частоты при давлении 1; 200; 400; 600; 800; 1000 *кг/см*². Этим значениям давления отвечают последовательно кривые *а, б, в, г, д* и *е*. На фиг. 1 индексами отмечены данные, полученные в других работах: *1* — [2]; *2* — [3], *3* — [4], *4* —

[5], *5* — [6] и *6* — [7]. Как видно из фигуры наши данные хорошо согласуются с данными других авторов. Как видно из таблицы и из фигуры, с ростом частоты α/f_2 уменьшается, однако уменьшение это различно для разных давлений. С ростом давления α/f^2 уменьшается по линейному закону; скорость звука с увеличением давления возрастает.



Фиг. 1



Фиг. 2

Как показывают эксперименты, квадратичный закон зависимости поглощения звука от частоты $\left(\frac{\alpha}{f^2} = \text{const}\right)$ во всем интервале давлений и частот для этилацетата не выполняется.

С увеличением частоты до 13,4 *Мгц* α/f^2 падает быстро; при дальнейшем увеличении частоты спадание замедляется.

Таблица 1

P, *кг/см²*	c, *м/сек*	$\frac{\alpha}{f^2}\cdot 10^{17}$ *см⁻¹ сек²*					
		f, *Мгц*					
		8	12,24	15	20,4	28,56	32
1	1170	80,0	67,5	60,0	50,0	42,0	40,0
50	1196	78,0	66,0	58,5	48,5	40,7	39,0
100	1216	75,5	64,0	57,0	47,0	39,4	38,0
150	1238	73,5	62,2	55,5	45,5	38,0	37,0
200	1260	71,5	60,5	54,0	44,2	37,0	35,5
250	1280	69,0	58,0	52,0	43,0	35,7	34,5
300	1305	67,0	57,0	50,5	41,5	34,6	33,5
350	1330	65,0	55,0	49,0	40,0	33,5	32,8
400	1350	63,0	53,5	47,5	38,5	32,5	31,0
450	1375	61,0	51,0	45,7	37,0	31,0	30,0
500	1395	59,0	49,5	44,0	35,5	30,0	29,0
550	1418	56,8	47,5	42,5	34,0	29,0	27,7
600	1440	54,5	46,0	41,0	33,0	27,8	26,5
650	1460	52,5	44,0	39,3	31,5	26,5	25,5
700	1480	50,5	42,0	37,5	30,5	25,3	24,5
750	1500	48,5	40,0	36,0	29,5	23,6	23,0
800	1520	46,3	38,5	34,5	28,0	23,0	22,0
850	1540	44,2	37,0	33,0	26,5	22,0	21,0
900	1560	42,0	35,0	31,2	25,3	20,5	19,8
950	1580	40,0	33,5	30,0	24,3	19,2	18,5
1000	1600	38,2	32,5	28,0	23,0	18,0	17,5

Обсуждение полученных экспериментальных результатов проводилось нами в рамках релаксационной теории. Как известно [8], если избыточное поглощение обусловлено одним релаксационным процессом, то величина α/f^2 может быть рассчитана по формуле:

$$\frac{\alpha}{f^2} = B + \frac{A}{1 + (f/f_m)^2},$$

где f_m — частота релаксации, B — часть поглощения α/f^2 при частотах значительно выше частоты релаксации; A — поглощение, вызываемое данным релаксационным процессом.

Пользуясь нашими экспериментальными данными, мы рассчитали величину избыточного поглощения на одну длину волны $\mu = \alpha_{изб} \cdot \lambda$ во всем интервале давлений и частот (фиг. 2). Пользуясь частотной зависимостью μ, можно определить характеристическую частоту f_m и время релаксации τ. Первая определяется по частотному положению максимума μ, второе — из соотношения $\tau = 1/2\pi f_m$.

При 20° С $f_m = 13$ *Мгц* и время релаксации $\tau = 1{,}22 \cdot 10^{-8}$ *сек*.

Из фиг. 2 следует, что кривые частотной зависимости $\mu = \alpha_{изб} \cdot \lambda$ (отвечающие по порядку индексов *а* — *е* тем же значениям давлений, что и на фиг. 1) при определенной температуре один раз проходят через максимум; это значит, что в этилацетате имеется одна область релаксации. Положение максимума не смещается в зависимости от давления, т. е. время релаксации не зависит от давления. С ростом давления избыточный коэффициент поглощения на единицу длины волны уменьшается.

Исходя из экспериментальных данных, были рассчитаны параметры релаксации для этилацетата; зависимость их от давления показана в табл. 2. Из таблицы видно, что с ростом давления, в пределах ошибок

Таблица 2

Релаксационные параметры	P, *кг/см²*					
	1	200	400	600	800	1000
$A \cdot 10^{17}$ *сек² см⁻¹*	66	60	53	47	41	34
$B \cdot 10^{17}$ *сек² см⁻¹*	32	28	24	21	17	14
$f_m \cdot$ *Мгц*	13	13	13	13	13	13
$\tau \cdot 10^8$ *сек*	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
$\mu_m \cdot 10^4$	5,10	4,86	4,70	4,42	4,03	3,43

эксперимента, релаксационная частота остается постоянной, а релаксационные параметры A и B уменьшаются. Независимость времени релаксации от давления объясняется тем, что переход из одной изомерной конфигурации в другую представляет собой чисто внутримолекулярный процесс и не требует какого-либо специфического взаимодействия с другими молекулами. Следовательно, в эфирах уксусной кислоты в частности, в этилацетате, свободная энергия в активированном состоянии не должна зависеть от давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Мамедов. Одновременное измерение скорости, коэффициента поглощения и сдвиговой вязкости жидкостей в зависимости от параметров состояний. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1964, 20, 145.
2. И. Г. Михайлов, Л. И. Савина, Г. Н. Феофанов. К вопросу о поглощении ультразвуковых волн в этилацетате. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ 1960, 10, 215.
3. J. Karpovich. Investigation of rotational isomers with ultrasound, J. chem. phys., 1954, 22, 1767.
4. В. Ф. Ноздрев, В. М. Ковалева. Поглощение ультразвуковых волн в эфи-

рах уксусной кислоты. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества». МОПИ, 1963, 18, 103.
5. Л. Г. Белинская. К вопросу о поглощении ультразвуковых волн в этилацетате. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1961, 14, 71.
6. Б. А. Белинский. Исследование поглощения ультразвука импульсным методом в ацетатах. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1958, 2, 151.
7. Н. А. Колмакова. Температурный коэффициент поглощения ультразвука в эфирах уксусной кислоты. Сб. «Применение ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1956, 3, 95.
8. H. O. Kneser. Molekulare schallabsorption in Gasen zc. Techn. Phys., 1935, 16, 213.

Азербайджанский государственный
педагогический институт
им. В. И. Ленина
Баку

Поступила в редакцию
21 ноября 1970 г.