

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.8

ОБ АКУСТИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ТРИЭТАНОЛАМИНЕ

С. С. Алиев, Б. Ф. Избасаров, М. Исмаилов,
П. К. Хабибуллаев

Триэтанолламин — $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3\text{N}$ — трехатомный спирт, молекула которого содержит три гидроксильные группы OH, приводящие к образованию молекулярных комплексов с водородными связями.

Имеющийся в молекуле атом азота также способен образовывать связи типа $-\text{O}-\text{H}\dots\text{N}$ с энергией $\sim 3-4$ ккал/моль. Поэтому жидкий триэтанолламин является подходящим объектом для изучения кинетики протекающих в поле акустических волн процессов перераспределения межмолекулярных водородных связей. Нами были исследованы скорость распространения звуковых волн c и амплитудный коэффициент поглощения звука α в триэтаноллаmine в зависимости от частоты при температурах 25, 35, 40, 50 и 60° С. Триэтанолламин марки «х.ч.» подвергался дополнительной очистке и многократной перегонке. Степень чистоты контролировалась измерениями плотности ($\rho_{25} = 1,1215$ г/см³), показателя преломления ($n_D^{25} = 1,4835$) и температуры кипения ($t_{\text{кип}} = 278^\circ \text{C}$) при давлении 150 мм рт. ст. Описание экспериментальных установок и методов измерения скорости и коэффициента поглощения звука изложено в работах [1, 2].

Результаты измерений скорости звука на частоте $f = 285$ кГц — c_0 и значения адиабатической сжимаемости $\beta_s = (\rho c_0^2)^{-1}$, где ρ — плотность для различных значений температуры t , приведены в таблице.

$t, ^\circ \text{C}$	$A_1 \cdot 10^{-17}$ см ⁻¹ ·сек ²	$A_2 \cdot 10^{-17}$ см ⁻¹ ·сек ²	$A_3 \cdot 10^{-17}$ см ⁻¹ ·сек ²	$B \cdot 10^{-17}$ см ⁻¹ ·сек ²	$\tau_1 \cdot 10^6$, сек	$\tau_2 \cdot 10^9$, сек	$\tau_3 \cdot 10^{10}$, сек	$(\alpha/f^2)_{\text{кл}}$, 10^{-17} см ⁻¹ ·сек ²	c_0 , мсек ⁻¹	$\beta_s \cdot 10^{-11}$, бар ⁻¹
25	71 000	8100	1800	30	2,6	5,3	4,7	2444	1617	3,41
35	39 400	4100	1200	40	1,8	3,2	3,2	1361	1598	3,47
40	22 300	2700	1140	46	1,5	2,4	3,0	1063	1589	3,55
50	13 500	1000	1000	58	1,0	1,6	2,4	640	1573	3,65
60	7000	475	800	75	0,6	1,3	2,0	378	1561	3,75

Амплитудный коэффициент поглощения α звука определялся в интервале частот от $f = 20$ кГц до $f = 3000$ МГц с точностью $\sim 5-10\%$ на низких и $\sim 3-5\%$ на высоких частотах.

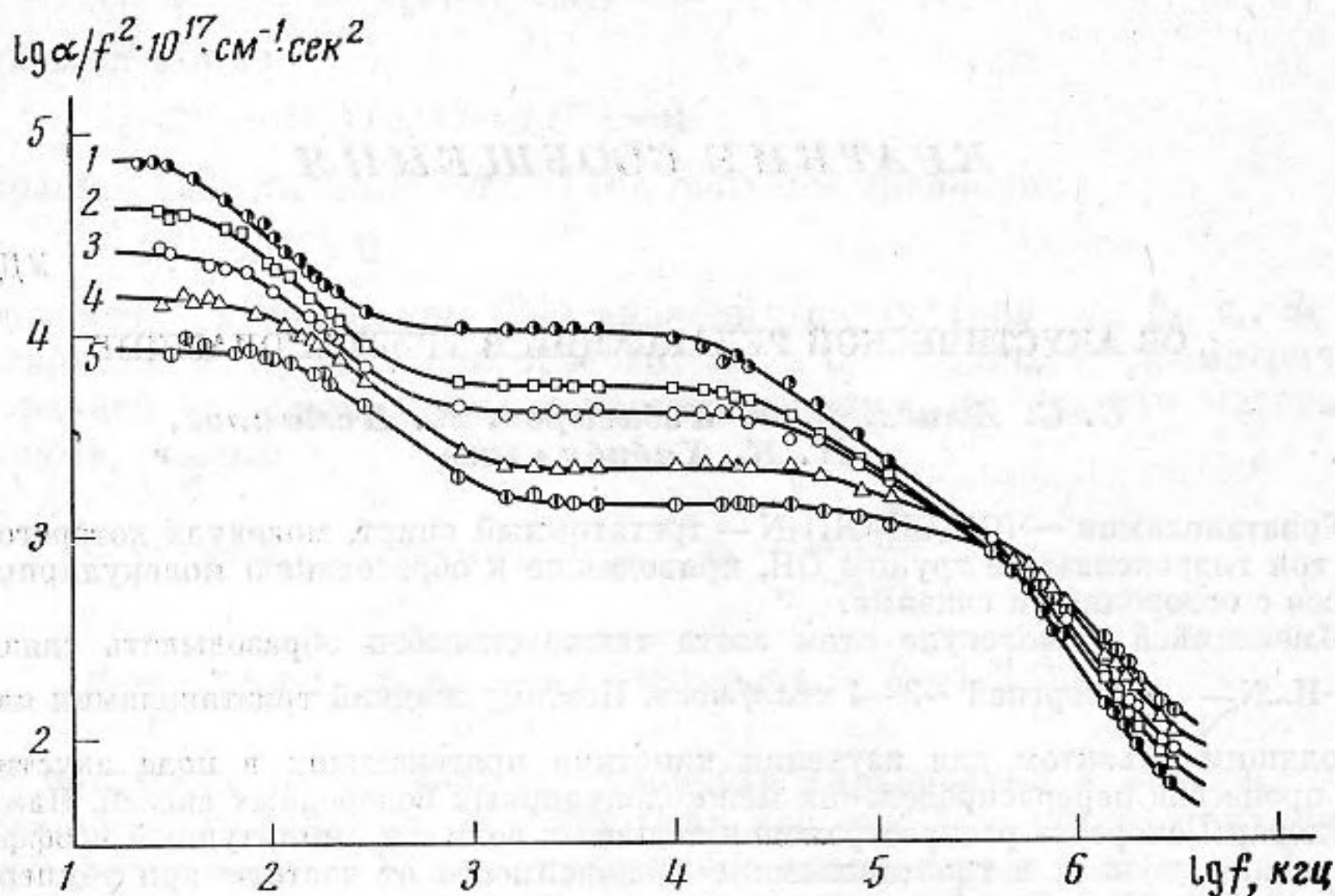
Экспериментальные значения величины α/f^2 и ее частотная зависимость для различных температур представлены на фигуре, откуда видно, что в исследованном диапазоне частот при всех значениях температуры имеются три области акустической релаксации, в которых частотная зависимость следует формуле [3, 4]

$$\frac{\alpha}{f^2} = \frac{A_1}{1 + (\omega\tau_1)^2} + \frac{A_2}{1 + (\omega\tau_2)^2} + \frac{A_3}{1 + (\omega\tau_3)^2} + B.$$

Здесь ω — круговая частота звука, c_0 — скорость звука на частоте $f = 285$ кГц, A_1, A_2, A_3 и B — постоянные, τ_1, τ_2, τ_3 — соответствующие времена релаксации. Опытные значения $A_1, A_2, A_3, B, \tau_1, \tau_2, \tau_3$ приведены в таблице. Там даны также значения

величины $\frac{\alpha_{\text{кл}}}{f^2} = \frac{8\pi^2\eta_s}{3\rho c_0^3}$, где $\alpha_{\text{кл}}$ — «классический» коэффициент поглощения звука,

η_s — коэффициент сдвиговой вязкости. Из данных таблицы следует, что отношение $Vf^2/\alpha_{кл}$ во всех случаях меньше единицы. Этот эффект говорит о том, что в жидком триэтаноламине на частотах 10^4 — 10^{10} гц наблюдается релаксация как объемной, так и сдвиговой вязкости. Поскольку релаксация сдвиговой вязкости всегда является структурной, то можно предполагать, что обнаруженные нами релаксационные области связаны со структурной релаксацией. Иначе говоря, каждая область релаксации обусловлена определенными перераспределениями межмолекулярных водородных



Частотная зависимость величины $\lg \alpha/f^2$. Кривые 1—5 соответствуют температурам 25, 35, 40, 50, 60° С

связей. В предположении, что этот механизм близок к действительности, из графика зависимости τ от обратной величины абсолютной температуры T^{-1} определялись значения $\Delta H_{\alpha_i}^\ddagger$ — энтальпии активации акустической релаксации. Расчеты показали, что $\Delta H_{\alpha_1}^\ddagger = 8$, $\Delta H_{\alpha_2}^\ddagger = 4$, $\Delta H_{\alpha_3}^\ddagger = 3$ ккал/моль (здесь индексы 1, 2, 3 относятся соответственно к первой, второй, третьей области акустической релаксации). Полученные значения величины энтальпии активации легко объяснимы, если предположить, что первая область релаксации связана с реакцией, в ходе которой разрываются две межмолекулярные водородные связи, а вторая — с реакцией, в ходе которой разрывается одна водородная связь. Третья область, по-видимому, обусловлена реакцией образования и разрушения водородной связи между атомами водорода и азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Ф. Избасаров, Л. А. Давидович, А. А. Иванов, М. Г. Халиулин, П. К. Хабибуллаев, Об акустической релаксации в этилформиате и циклогексаноле. В сб. Акустические исследования жидких систем и электродных процессов. Изд. Ташкентск. гос. пед. ин-та им. Низами (уч. зап.). 1971, 90, 3—10.
2. Л. А. Давидович, С. Махкамов, Л. Пулатова, П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиулин. Исследование акустических свойств некоторых органических жидкостей на частотах 0,3—3 Гц. Акуст. ж., 1972, 18, 2, 318—320.
3. Т. Лиговиц, К. Дэвис. Структурная и сдвиговая релаксация в жидкостях. В кн. Физическая акустика, под ред. У. Мэзона, т. 2, ч. А. М., «Мир», 1968, 298—370.
4. Л. И. Мандельштам, М. А. Леонтович. К теории поглощения звука в жидкостях. ЖЭТФ, 1937, 7, 438—449.

Ташкентский государственный педагогический институт им. Низами, кафедра общей физики

Поступила 1 июля 1974 г.
После окончательного исправления 7 июля 1976 г.