

СКОРОСТЬ И ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВУКА В ЖИДКОСТЯХ,  
МОЛЕКУЛЫ КОТОРЫХ ИМЕЮТ АРОМАТИЧЕСКИЕ КОЛЬЦА*М. С. Тунин, О. Шакиров, М. И. Шахпаронов*

Измерены коэффициенты поглощения и скорость звука в пиридине, тиофене, фуране и хинолине при 20° и частотах 8,5; 20,6 и 34,4 мггц. Во всех жидкостях обнаружено аномальное поглощение звука, в тиофене  $\alpha_{\text{изм}}/f^2 = 1570 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2/\text{см}$ . Рассчитаны коэффициенты объемной вязкости и адиабатической сжимаемости жидкостей.

Как известно, в жидком бензоле поглощение звука в области ультразвуковых частот более чем в 100 раз превышает ту величину, которая следует из классической теории Стокса — Кирхгофа. Это избыточное поглощение, по-видимому, объясняется переходом энергии от внешних степеней свободы молекул к внутренним и обратно. Теория избыточного поглощения была впервые развита Кнезером. Основанные на этой теории расчеты времени акустической релаксации для бензола, выполненные Герцфельдом [1], были впоследствии подтверждены результатами гипер-акустических исследований Фабелинского [2]. Если процесс поглощения звука связан с возбуждением в молекулах внутренних колебательных степеней свободы, то можно ожидать, что ход указанного процесса должен как-то зависеть от строения молекул. Действительно, при замещении водорода в бензоле на группу  $\text{CN}_3$  или атом галоида поглощение звука резко снижается, хотя и остается аномальным.

В связи с этим представляло интерес изучить поглощение звука в жидкостях, молекулы которых, так же как и молекулы бензола, обладают компактной (неразветвленной) циклической структурой (которую принято характеризовать термином «жесткая» [3]) и содержат «ароматическую» систему  $\pi$ -электронов. С этой целью нами было измерено поглощение звука в пиридине, тиофене, фуране и хинолине. Кроме того, были выполнены измерения скорости звука в этих жидкостях.

Для измерения поглощения и скорости ультразвука нами была применена маломощная импульсная ультразвуковая установка. Блок-схема этой экспериментальной установки представлена на фигуре, где 1 — малогабаритный генератор импульсов (МГИ-1), 2 — генератор метровых волн (20—400 мггц) с выходным напряжением от 5 мкв до 50 мкв, 3 — феррорезонансный стабилизатор напряжения (ЭПА-58), 4 — стабилизированный выпрямитель (ВС-12), 5 — импульсный вольтметр (МВИ-1М), 6 — усилитель, 7 — преобразователь частоты, 8 — измерительная камера, 9 — линия согласования, 10 — электронный осциллограф.

Для усиления после преобразователя частоты использовался резонансный усилитель на 30 мггц с полосой пропускания 2 мггц с детектором и видоусилителем от радиолокационной установки. Отдельные блоки и соединения между ними были тщательно экранированы. Этим устранялось непосредственное прохождение радиоимпульсов от генератора в приемник, что контролировалось с помощью электронного осциллографа, включенного на выход приемника. Кроме того, электронный осциллограф использовался для настройки кварцев на параллельность и при измерении скорости ультразвука интерференционным методом. Затухание ультразвука мы вычисляли по показаниям импульсного вольтметра, включенного



на выход приемника параллельно осциллографу. Во избежание ошибок за счет нелинейности характеристики усилителя приемник был заранее проградуирован по генератору ГСС-7. Так как напряжение, подводимое коаксиальным кабелем от генератора к кварцу-излучателю, составляло несколько десятков милливольт, то для устранения потерь энергии мы использовали систему согласования [4].

Перед измерением поглощения звука в перечисленных выше жидкостях нами были проведены контрольные измерения поглощения звука в толуоле и бензоле при  $20^\circ$  в интервале частот 20—30 мГц. Для толуола и бензола  $\alpha/f^2$  оказались соответственно равными  $78 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2/\text{см}$  и  $863 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2/\text{см}$ , что в пределах ошибок опыта согласуется с имеющимися в литературе значениями [5].

Точность определения коэффициента поглощения  $\alpha$  составляла  $\pm 5\%$ . Точность измерения скорости звука  $c$  была равна  $0,3\%$  для всех жидкостей, за исключением тиофена, где вследствие большого поглощения ошибка в определении  $c$  была равна  $\sim 1\%$ .

Жидкости после тщательной химической очистки и перегонки имели следующие свойства: пиридин — температура кипения  $115,0^\circ/731 \text{ мм}$ ;  $n_D^{20} = 1,5100$ ,  $\rho_4^{20} = 0,9835 \text{ г/см}^3$ ; тиофен — температура кипения  $83,6^\circ/750 \text{ мм}$ ,  $n_D^{20} = 1,5289$ ,  $\rho_4^{20} = 1,056 \text{ г/см}^3$ ; фуран — температура кипения  $31,0/760 \text{ мм}$ ,  $n_D^{20} = 1,4219$ ,  $\rho_4^{20} = 0,937 \text{ г/см}^3$ ; хинолин — температура кипения  $236,9/749 \text{ мм}$ ,  $n_D^{20} = 1,6268$ ,  $\rho_4^{20} = 1,0929 \text{ г/см}^3$ .

Результаты измерений приведены в таблице. Там же указаны температуры жидкостей и частоты ультразвуковых колебаний. Все изученные нами жидкости имеют аномально высокое поглощение звука. Особенно велико поглощение звука в тиофене. В таблице приведены рассчитанные нами значения коэффициента поглощения звука ( $\alpha/f^2$ ) по данным о сдвиговой вязкости (по теории Стокса — Кирхгофа), отношения  $\alpha_{\text{изм}}/\alpha_{\text{класс}}$  и значения адиабатического коэффициента сжимаемости  $\beta_s$ .

Жидкость	$t^\circ\text{C}$	Область частот в мГц	$\left(\frac{\alpha}{f^2}\right)_{\text{изм}} \cdot 10^{17} \frac{\text{сек}^2}{\text{см}}$	$\left(\frac{\alpha}{f^2}\right)_{\text{класс}} \cdot 10^{17} \frac{\text{сек}^2}{\text{см}}$	$\frac{\alpha_{\text{изм}}}{\alpha_{\text{класс}}}$	$c, \text{ м/сек}$	$\beta_s \cdot 10^{18} \frac{\text{см}^2}{\text{дин}}$
Пиридин	20	8,5—34,4	457	8,6	53	1434	49,3
Тиофен	20	20,6—34,4	1570	7,4	212	1302	68,4
Фуран	20	20,6—34,4	270	7,3	37	1124	84,5
Хинолин	20	20,6—34,4	138	22	6,3	1599	38,7
	70	20,6—34,4	163	14,4	11,3	1360	51,6

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Ф. Н е r z f e l d. The origin of the absorption of ultrasonic waves in liquids. J. Acoust. Soc. America, 1941, 13, 1, 33—39.
2. И. Л. Ф а б е л и н с к и й. Некоторые вопросы молекулярного рассеяния света в жидкостях. Усп. физ. наук, 1957, 63, 2, 355—410.
3. П. П р и н с г е й м, М. Ф о г е л ь. Люминесценция жидких и твердых тел. М., ИЛ, 1948, 104.
4. Л. Г. Б е л и н с к а я, Б. А. Б е л и н с к и й. О потерях энергии в электрических и акустических линиях импульсной ультразвуковой установки. Сб. «Применение ультразвука к исслед. вещества». М., МОПИ, 1960, 10, 255—264.
5. И. Г. М и х а й л о в. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях. М.—Л., Гостехиздат, 1949.

Химический факультет  
Московского государственного  
университета

Поступила в редакцию  
3 марта 1961 г.

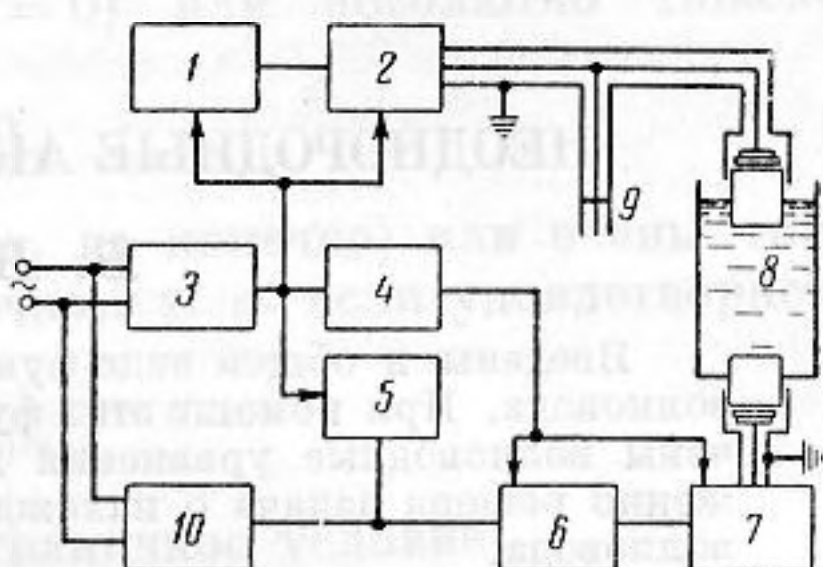


Рис. 1