

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ  
ПАРАМЕТРОВ М-КРЕЗОЛА И ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ  
ОТ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ**

*Б. А. Белинский, Е. В. Ергопуло*

С точки зрения теории жидкого состояния вещества и молекулярной акустики определенный интерес представляет исследование ультразвуковых параметров в ассоциированных жидкостях в зависимости от  $p$ ,  $V$ ,  $T$ . Однако число исследований такого рода ограничено, что объясняется большими экспериментальными трудностями, связанными с обеспечением полной герметизации измерительной камеры в условиях больших давлений и температур.

Нами было проведено исследование изменения скорости  $c$  и коэффициента поглощения ультразвука  $\alpha$  в м-крезоле и этиленгликоле по изотермам, изобарам и изохорам в интервале температур 15—90° и давлений 1—900 кгс/см<sup>2</sup>. Измерения осуществлялись на одной экспериментальной установке импульсным методом. Параллельно с измерением  $c$  и  $\alpha$  на этой же установке производились измерения коэффициента сдвиговой вязкости  $\eta$  и плотности  $\rho$  жидкости. Метод проведения экспериментов описан в работе [1]; точность измерения параметров следующая:  $c$  — 0,3—0,5%,  $\alpha$  — 4—5%,  $\eta$  — 3—4%,  $\rho$  — 0,5%.

Для опытов применялись предварительно очищенные на высокоэффективной колонке химические реактивы марки х.ч. со следующими основными параметрами: м-крезол  $\rho_{20/4}$  1,0339 г/см<sup>3</sup>,  $n_D^{20}$  1,5433; этиленгликоль  $\rho_{20/4}$  1,1129 г/см<sup>3</sup>,  $n_D^{20}$  1,4316. Перед измерениями производилось вакуумирование измерительной камеры до 10<sup>-1</sup> мм рт. ст., после чего камера заполнялась исследуемой жидкостью и выдерживалась под давлением 700—900 кгс/см<sup>2</sup> в течение 5—6 час. В процессе измерений по изохорам применялась компенсация объема измерительной камеры на тепловое расширение, осуществляемая измерительным прессом с точностью 0,01 см<sup>3</sup>. Результаты исследований приведены в таблице для 11,6 Мгц.

$t^\circ$	$p$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$c$ , м/сек	$\frac{\alpha}{v^2} \cdot 10^{17}$ , сек <sup>2</sup> /см	$\frac{\alpha'}{v^2} \cdot 10^{17}$ , сек <sup>2</sup> /см
<b>м-крезол</b>					
15,0	1	1,038	1513	260	165
	200	1,048	1574	296	201
	400	1,059	1618	338	245
	600	1,067	1656	446	352
30,0	1	1,026	1468	130	74,9
	200	1,037	1537	139	79,7
	400	1,046	1588	148	89,9
	600	1,056	1639	169	110
90,0	1	0,977	1284	43,9	18,9
	400	1,007	1430	42,4	17,3
	900	1,037	1593	40,1	17,0
	900	1,037	1593	40,1	17,0
<b>Этиленгликоль</b>					
20,0	1	1,113	1665	145	101
	200	1,121	1717	140	95,5
	400	1,129	1765	139	94,4
	600	1,136	1810	141	97,7
80,0	1	1,145	1867	148	106
	1	1,077	1529	37,2	21,2
	200	1,087	1585	36,8	19,4
	400	1,097	1634	35,6	18,6
90,0	600	1,105	1683	34,8	16,8
	900	1,117	1751	33,4	15,8

Дадим краткую сводку полученных результатов измерения скорости ультразвуковых волн. По изотермам при увеличении давления скорость растет по линейному закону в области высоких температур (70—90°) с небольшим отступлением от него в области низких и средних температур (15—70°). При температурах 70—90° коэффициент  $(\partial c / \partial p)_T$  принимает значение: для м-крезола — 0,34 м·см<sup>2</sup>/сек·кг, для этиленгликоля — 0,24 м·см<sup>2</sup>/сек·кг. По изобарам наблюдается линейная зависимость скорости от температуры. Значение коэффициента  $(\partial c / \partial T)_p$  для м-крезола и этиленгликоля соответственно 3,05 м/сек·град и 0,87 м/сек·град. По изохорам в пределах ошибок опыта наблюдается также линейное увеличение скорости. Коэффициент  $(\partial c / \partial T)_p$  принимает значение для м-крезола 1,16 м/сек·град ( $\rho$  1,038 г/см<sup>3</sup>) и для этиленгликоля 0,87 м/сек·град ( $\rho$  1,113 г/см<sup>3</sup>).

Что касается коэффициента поглощения ультразвуковых волн, то по изотермам (см. фигуру, где 1 — м-крезол, 2 — этиленгликоль) коэффициент поглощения увеличивается в области низких температур и остается практически постоянным при температурах 50—90° для м-крезола и при 30—90° для этиленгликоля. По изобарам наблюдается значительное уменьшение коэффициента поглощения в области низких и средних температур (15—50°) и малозаметное в области высоких температур (50—90°). По изохорам поведение коэффициента поглощения аналогично его изменению по изобарам.

Используя экспериментальную зависимость скорости ультразвука от давления, мы произвели расчет «молярной скорости звука»  $R$ :

$$R = c' \frac{M}{\rho}, \quad (1)$$

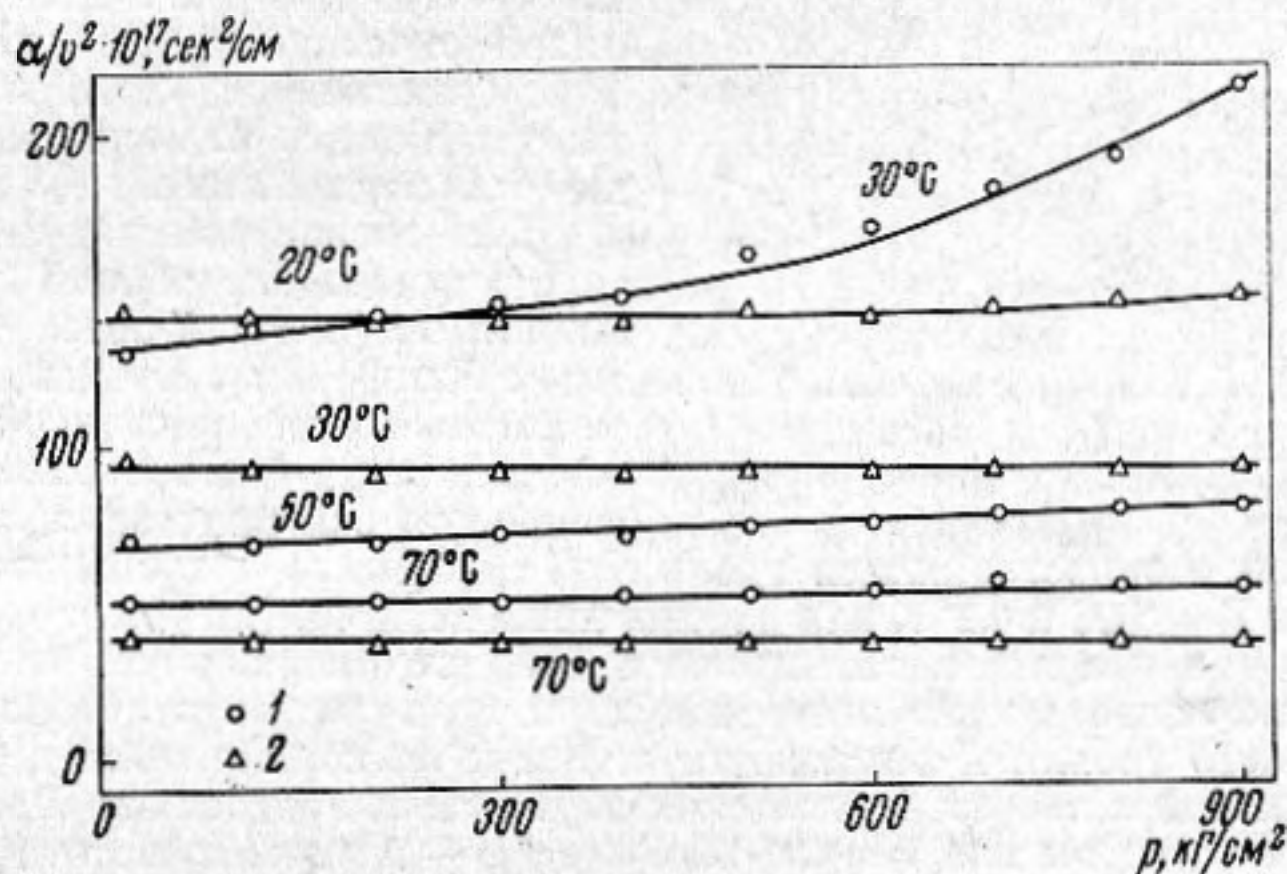
где  $M$  — молекулярный вес. Результаты расчетов показали, что «молярная скорость звука» является слабовозрастающей функцией давления, увеличиваясь с ростом давления от 1 до 900 кгс/см<sup>2</sup> в среднем на 5%. Сравнение рассчитанного коэффициента  $\alpha'$ , обусловленного сдвиговой вязкостью

$$\frac{\alpha'}{\omega^2} = \frac{2}{3\rho c^3} \eta \quad (2)$$

(где  $\omega$  — циклическая частота), с экспериментально определенным коэффициентом поглощения  $\alpha$  показало, что при измерениях по изотермам выполняется зависимость

$$\frac{\alpha}{\omega^2} - \frac{\alpha'}{\omega^2} = A, \quad (3)$$

где  $\alpha - \alpha'$  — сверхстоксовское поглощение,  $A$  — постоянная, не зависящая от давления. Величина постоянной уменьшается с ростом температуры.



Проведенные нами совместно с А. С. Лагуновым исследования в *m*-крезоле и этиленгликоле на созданной им высокочастотной ультразвуковой установке показали, что для исследованных веществ хорошо выполняется квадратичная зависимость коэффициента поглощения ультразвуковых волн от частоты в интервале частот 20 ÷ ÷ 620 Мгц.

Результаты наших исследований при атмосферном давлении находятся в хорошем согласии с данными авторов [2, 3]. Исключение составляет этиленгликоль. Превышенное значение коэффициента поглощения, полученное авторами работы [3], связано, на наш взгляд, с измерением коэффициента поглощения на низкой частоте (< 8 Мгц), где возможны существенные ошибки вследствие расхождения ультразвукового пучка, и использованием для исследований неочищенного этиленгликоля.

#### Выводы

На основании проведенных комплексных исследований ультразвуковых параметров — сдвиговой вязкости и плотности *m*-крезола и этиленгликоля в зависимости от  $p$ -,  $V$ -,  $T$ -состояния в интервале температур 15—90° и давлений 1—900 кгс/см<sup>2</sup> установлено, что для этих веществ «молярная скорость звука» является слабовозрастающей функцией давления в интервалах 1—900 кгс/см<sup>2</sup> и 15—90°. При измерениях по изотермам обнаружено наличие зависимости  $\alpha - \alpha' = A$ , где  $A$  — постоянная, не зависящая от давления. В широком интервале частот 20—620 Мгц установлена квадратичная зависимость коэффициента поглощения ультразвука от частоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Белинский, С. А. Ходжаев. Комплексное исследование акустических, диэлектрических параметров и сдвиговой вязкости жидкостей в зависимости от состояния среды. Ультразвук. техн., 1965, 2, 12—16.
2. Дж. Кэй, Т. Лэби. Таблицы физических и химических постоянных. М., Физматгиз, 1962.
3. Т. Kishimoto, O. Nomoto. Ultrasonic absorption in glycols, cyclohexanol and *m*-cresol. J. Phys. Soc. Japan, 1954, 9, 6, 1021—1029.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию 14 сентября 1966 г.