

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ КОГЕРЕНТНОГО ЗВУКА В ЖИДКОСТЯХ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 6 МГц—3 Гц

Б. А. БЕЛИНСКИЙ, М. КАРАБАЕВ, А. С. ЛАГУНОВ

В статье дается описание импульсной гиперзвуковой установки для измерения коэффициента поглощения акустических волн в жидкостях в диапазоне частот 2—3 Гц.

В качестве пьезообразователей использовались кристаллы LiNbO_3 и пленки CdS , нанесенные на основания цилиндров из Al_2O_3 .

Приводятся результаты измерений коэффициента поглощения в жидкостях H_2O , C_6H_6 , CH_2Br_2 , CH_2Cl_2 в частотном диапазоне 6 МГц—3 Гц при комнатной температуре.

Отмечается, что обнаруженные единые области релаксации в C_6H_6 , CH_2Br_2 , CH_2Cl_2 обусловлены возбуждением колебательных степеней свободы молекулы.

Одним из основных методов изучения релаксационных процессов в жидкостях является исследование частотной зависимости коэффициента поглощения и скорости распространения звука. Значительный интерес представляет исследование этих параметров в широком диапазоне частот, когда охватывается полная область релаксации.

В настоящее время известны работы [1, 2, 3], в которых исследован коэффициент поглощения когерентного звука в жидкостях до частоты 1,5 Гц. Основным фактором, ограничивающим верхнюю границу частотного диапазона исследований в указанных работах, являлось сильное возрастание потерь энергии акустического сигнала на более высоких частотах в монокристаллах кварца, применяемых в качестве линий задержек.

Применение в качестве электроакустических преобразователей—датчиков и линий задержек пьезокристаллов ниобата лития [4], пленочных преобразователей из сульфида кадмия [5], нанесенных на торцы сапфира, имеющего значительно меньшие потери акустической энергии в СВЧ диапазоне, чем кварц, позволило нам расширить частотный диапазон акустических исследований жидкости до частот ~ 3 Гц.

В настоящей работе приводятся результаты исследования коэффициента поглощения звука в ряде жидкостей в диапазоне частот 6 МГц—3 Гц.

Измерение коэффициента поглощения звука в диапазоне частот 6—1000 МГц осуществлялось на установках, описанных в работе [1], а на рис. 1 показана блок-схема экспериментальной установки, пригодной для измерения коэффициента поглощения звука в жидкостях в диапазоне частот 2—3 Гц. Основные узлы установки, кроме акустической части, собраны из стандартной аппаратуры, выпускаемой нашей промышленностью. Принцип ее работы и методика измерения коэффициента поглощения звука на ней сводятся к следующему:

ВЧ радиопульсы от генератора 1 (ГЗ-10) подаются в коаксиальный резонатор 2, в зазоре которого установлен электроакустический преобразователь 3. Акустические импульсы, преобразуемые из радиопульсов посредством преобразователя 3, проходят через линии задержки 4, исследуемую жидкость 5 и принимаются электроакусти-

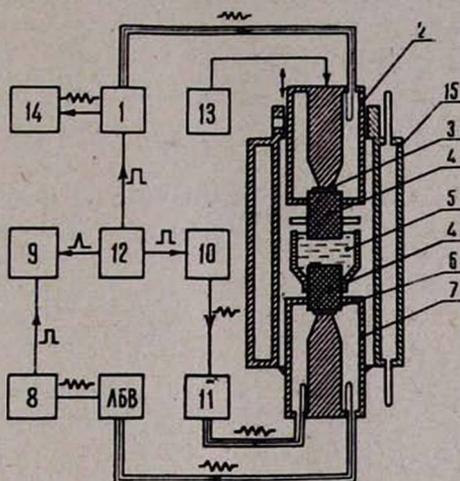


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения коэффициента поглощения в жидкостях в диапазоне частот 2–3 Гц.

ческим преобразователем 6, установленным в зазоре резонатора 7, где вновь преобразуются в радиопульсы. В дальнейшем эти сигналы усиливаются лампой бегущей волны (ЛБВ) и подаются в приемник 8 (П5-5), где преобразуются в сигналы промежуточной частоты, усиливаются и после детектирования фиксируются осциллографом 9. Одновременно, минуя акустический тракт, на вход ЛБВ, от генератора ВЧ колебаний 10 (Г4-9) через аттенюатор 11 (Д4-4) подается калибровочный радиопульс, разделенный по времени с акустическим сигналом. Все электронные части установки синхронизируются генератором запуска 12 (Г5-15).

Сравнивая на экране осциллографа амплитуды калибровочного и акустического сигналов при различной толщине слоя исследуемой жидкости, вычисляется коэффициент поглощения звука при данной частоте и температуре по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta A}{20 \lg e \cdot \Delta x} \quad (\text{см}^{-1}),$$

где ΔA —изменение амплитуды акустического сигнала (в дБ) при изменении толщины слоя жидкости на Δx см.

Изменение толщины исследуемой жидкости измеряется посредством измерительной головки 13 типа 02-П, обеспечивающей измерения расстояния с точностью 0,2 м.

Частота исследуемого сигнала измеряется резонансным волномером 14 с точностью до 1 $M\mu$.

Температура исследуемой жидкости задается жидкостным термостатом типа „Вобзер“ и поддерживается с точностью 0,1°C при помощи термостатирующего устройства 15.

Максимальный акустический путь в исследуемых жидкостях на частоте 3 $\Gamma\mu$ составлял $\sim 10-15 \mu$.

Ошибка измерения величины α/f^2 (f —частота звука) в исследованных жидкостях составляет 2% на частоте $\sim 2\Gamma\mu$ и 6% на частоте $\sim 3\Gamma\mu$.

Основные физико-химические параметры исследованных жидкостей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры жидкости	$\rho^{20} \text{ г.см}^{-3}$	n_D^{20}	$t_{\text{кип}} \text{ }^\circ\text{C}$ при $P=760 \text{ мм рт. ст.}$
Вода	1,0	1,331	100,0
Бензол	0,8786	1,5010	80,1
Бромистый метилен	2,4949	1,5411	97,743
Хлористый метилен	1,318	1,44	38,5

В табл. 2 для этих жидкостей представлены экспериментальные значения величины α/f^2 при различных частотах.

Таблица 2

Параметры жидкости	$t^\circ\text{C}$	$\alpha/f^2 \cdot 10^{17} \text{ сек}^2 \text{ см}^{-1}$						
		6 $M\mu$	10 $M\mu$	50 $M\mu$	500 $M\mu$	2000 $M\mu$	2700 $M\mu$	2990 $M\mu$
Вода	20	25,1	25	24,9	24,2	24,7	24,3	25,7
Бензол	20,0	865	867	861	503	80	52	47
Бромистый метилен	25	592	594	575	261	41	30	25,4
Хлористый метилен	25	1219	1215	1135	162	26	21	20

На рис. 2, 3 и 4 представлены графики частотной зависимости величины α/f^2 для жидких бензола, бромистого и хлористого метилена.

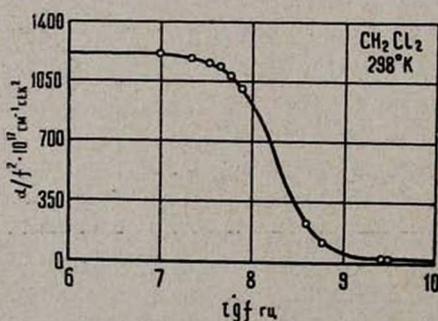


Рис. 2. График частотной зависимости величины α/f^2 для бензола.

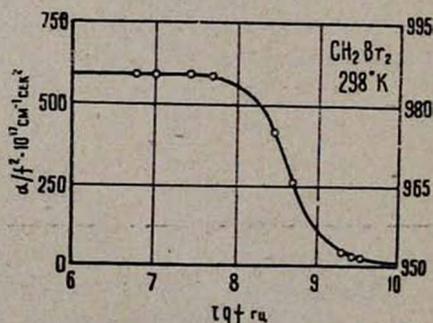


Рис. 3. График частотной зависимости величины α/f^2 для бромистого метилена.

Экспериментальные значения α/f^2 , полученные для бензола, бромистого и хлористого метилена, достаточно хорошо согласуются с кривыми, рассчитанными по формуле релаксационной теории с одним временем релаксации:

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

где A и B —параметры, характеризующие соответственно поглощение на низких и высоких частотах; $f_c = \frac{1}{2\pi\tau}$ —частота релаксации; τ —время релаксации.

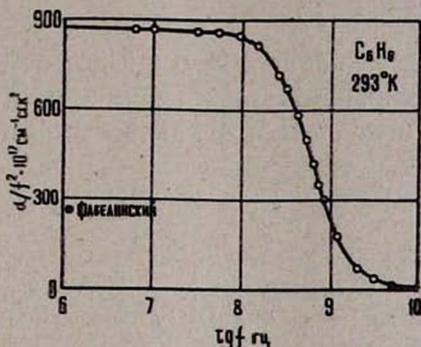


Рис. 4. График частотной зависимости величин α/f^2 для хлористого метилена.

Значения релаксационных параметров, наилучшим образом описывающие экспериментальные данные, приведены в табл. 3.

Релаксационные параметры, полученные для бромистого метилена, хорошо согласуются с данными измерений на низких частотах работы [6]. На высоких частотах результаты наших измерений для бензола находятся в хорошем согласии с данными работы [7], полученными в результате исследования молекулярного рассеяния света.

Таблица 3

Параметры жидкости	t°C	$A \cdot 10^{17} \text{ сек}^2 \text{ см}^{-1}$	$B \cdot 10^{17} \text{ сек}^2 \text{ см}^{-1}$	$\tau \cdot 10^{10} \text{ сек}$
Бензол	20	853	17	2,8
Бромистый метилен	25	578	13	3,62
Хлористый метилен	25	1200	15	8,62

Полученные результаты позволяют считать, что объемная вязкость бензола и бромистого метилена в исследованных состояниях определяется в основном процессом релаксации колебательных степеней свободы молекул.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. С. Лагунов, Б. А. Белинский, „Ультразвуковая техника“, 2, 60 (1966).
2. А. А. Бердыев, Н. Б. Лежнев и др. „Труды VI Всесоюзной акустической конференции“, ДУ 5, М., 1968.
3. К. G. Plass, „Acustica“, 6, 446 (1965).
4. С. А. Федулов, Э. И. Шапиро, П. Б. Ладжинский, Кристаллография, 10, 268 (1965).
5. К. В. Гончаров, В. Е. Лямов и др. „Труды VI Всесоюзной акустической конференции“, ГИИ, М., 1968.
6. С. С. Алиев, П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиулин, „Труды VI Всесоюзной акустической конференции“, ДУ 4, М., 1968.
7. Д. И. Маш, В. С. Старунов, И. Л. Фабелинский, Е. В. Титанов, ЖЭТФ, 49, 6, 1764 (1965).

ԼՈՒԾՈՒՅԹՈՒՄ ԿՈՇԵՐՆԵՏ ՁԱՅՆԻ ԿԼԱՆՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԻՄՊՈՒԼՍԱՅԻՆ ՄԵԹՈՂՈՎ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
6 ՄՀՅ-3 ԳՀՑ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Բ. Ա. ԲԵԼԻՆՍԿԻ, Մ. ԿԱՐԱԲԱԵՆ, Ա. Ս. ԼԱԳՈՒՆՈՎ

Հորվածում բերվում է հեղուկներում հաճախությունների 2—3 դհց տիրույթում կլանման գործակցի շահման սարքավորման համառոտ նկարագրությունը: Որպես պլեզոնեկաֆոնիչ են օգտագործվել LiNbO_3 -ի մոնոքրիստալները և Al_2O_3 -ից պատրաստված պլանների հիմքի վրա նստեցված CdS -ի թաղանթները: Բերվում են հեղուկ H_2O , C_6H_6 , CH_2Br_2 , CH_2Cl_2 նյութերի մեջ սենյակային շերտատիճանի դեպքում կլանման գործակցի շահման արդյունքները հաճախությունների 6 մհց—3 դհց տիրույթում:

Բենզոլի, բրոմական մետիլենի և քլորական մետիլենի համար բերված են ուլտրասոնիկ պարամետրերի արժեքները, որոնք թույլ են տալիս համարել, որ այդ լուծույթներում դիտվող ծավալային մածուցիկության ուլտրասոնիկ տիրույթները պայմանավորված են տատանողական ուլտրասոնիկով:

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ABSORPTION
COEFFICIENT BY THE PULSE METHOD AT THE FREQUENCY
RANGE OF 6 mgc/s —3 ggc/s

B. A. BELINSKY, M. CARABAEN, A. S. LAGUNON

The article describes the circuit of a pulse hypersonic device to investigate the ultrasonic absorption coefficient in liquids at a high frequency range (2 ggc/s —3 ggc/s).

The results of the absorption coefficient measurements in liquids: H_2O , C_6H_6 , CH_2Br_2 , CH_2Cl_2 in the frequency range 6 mgc/s —3 ggc/s at the room temperature are given. It is shown that a single region of volume viscosity relaxation in C_6H_6 , CH_2Br_2 , CH_2Cl_2 is caused by excitation of the internal vibrating modes of molecules.

Single crystals of LiNbO_3 and films of CdS placed on the bottom of cylinders of Al_2O_3 are used as a piezotransducer.