АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XIX 1973 Вып. 3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

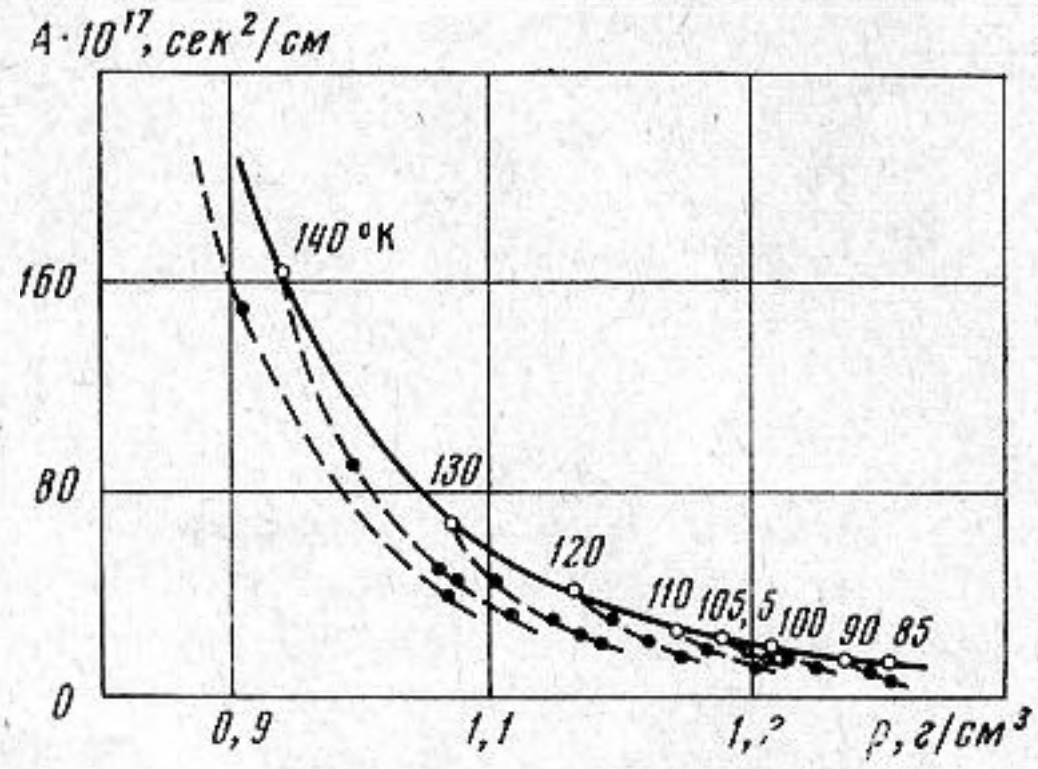
УДК 534.28

ИЗБЫТОЧНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В КЛАССИЧЕСКИХ ОДНОАТОМНЫХ ЖИДКОСТЯХ

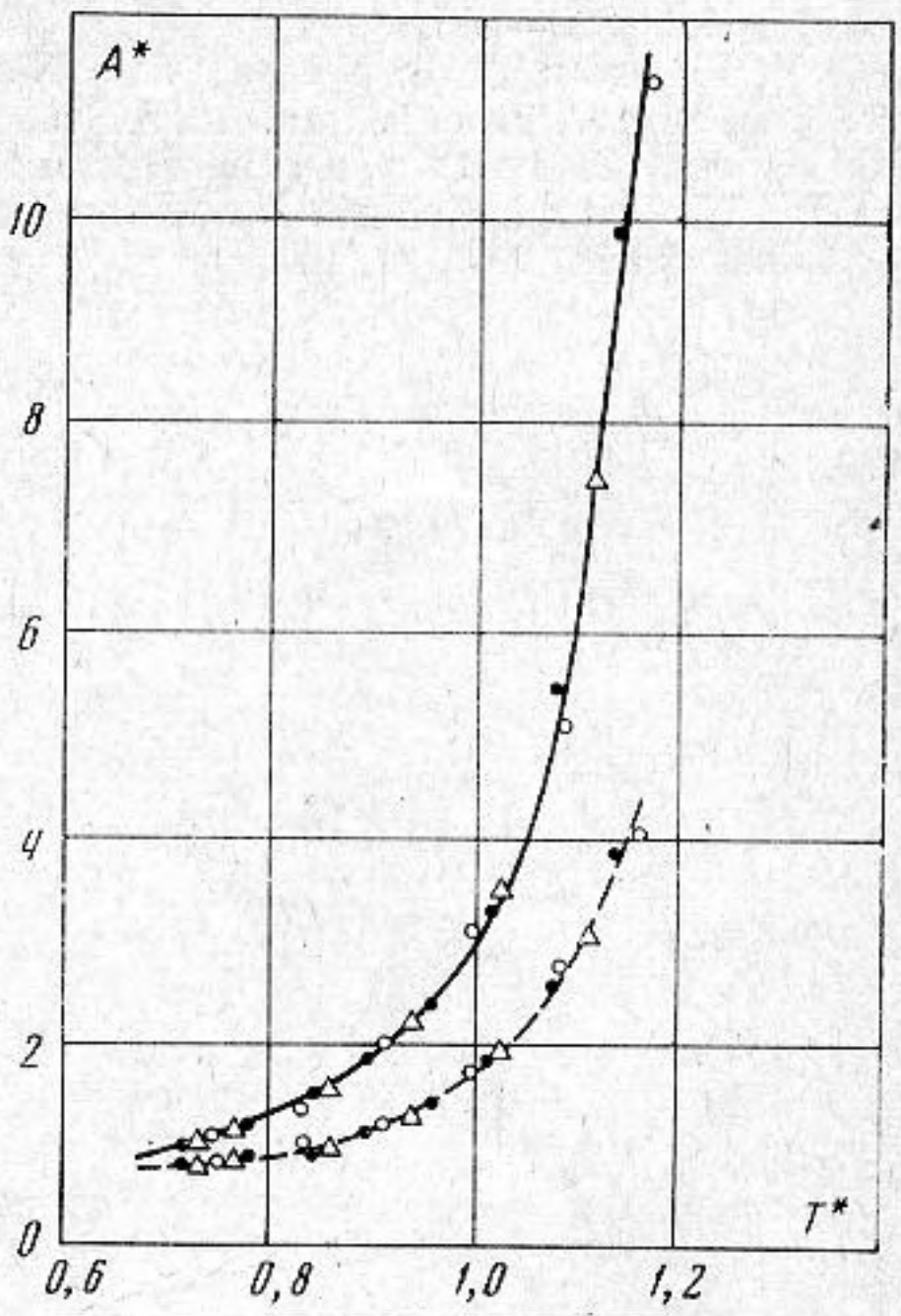
Ю. П. Благой, Б. Г. Дударь, С. А. Михайленко

Проведенные в последнее время измерения [1—4] показали в отличие от более ранних измерений [5], что коэффициент поглощения ультразвука (α) в жидком аргоне превышает значения, предсказываемые теорией Стокса — Кирхгофа ($\alpha_{кл}$). В одноатомных жидкостях типа сжиженных тяжелых инертных газов объемная вязкость (η_v), обусловливающая существование такого избыточного поглощения, должна быть непосредственно связана с релаксационными процессами перестройки локальной структуры жидкости. Сведения об этих процессах важны для понимания молекулярной динамики в жидкостях.

Приведенные в работах [1—4] результаты экспериментов с жидким аргоном в связи с особенностями применяемой авторами методики относятся к области сжатой жидкости, причем отдельные серии измерений охватывают сравнительно узкие и неперекрывающиеся интервалы температур. Поведение $\alpha(T)$ на линии насыщения оставалось неизвестным. Кроме того, интересно было получить аналогичные результаты для криптона и ксенона. В связи с этим нами были проведены измерения затухания ультразвука на частотах 25—95 *мгц* в жидких Ar, Kr и Xe на линии насыщения в интервале температур 0,56—0,97 $T_{кр}$ ($T_{кр}$ — критическая температура).



Фиг. 1



Фиг. 2

В наших измерениях высокочастотные ультразвуковые импульсы создавались пьезокварцевой пластиной, возбуждаемой на частотах (f), близких к нечетным гармоникам собственной частоты (5 *мгц*), вплоть до 19-й. Затухание измерялось по методу переменного акустического пути, изменение амплитуды зондирующего сигнала определялось с помощью импульса той же частоты, прошедшего калиброванный аттенюатор [6]. Относительное перемещение приемного и излучающего кварцев индицировалось с точностью 0,01 *мм*. Среднеквадратичная погрешность определения α и $A = \alpha / f^2$ составляла 5—7% с надежностью 95%. Использованный криостат

Таблица 1

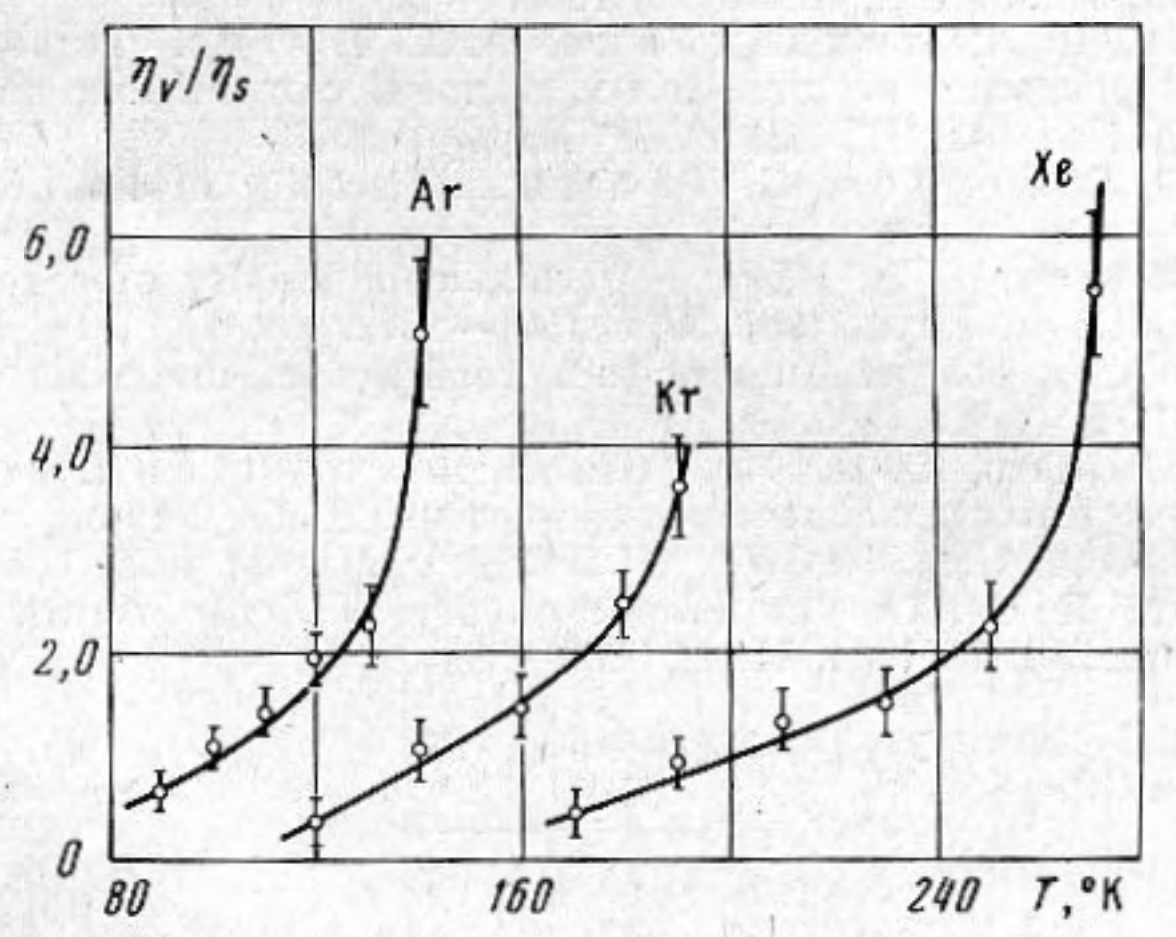
Аргон		Криптон		Ксенон		Аргон		Криптон		Ксенон	
T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см	T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см	T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см	T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см	T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см	T, °K	$A\cdot10^{17}$, сек²/см
87,30	14,9	120,20	21,5	165,00	25,5	140,06	156	190,03	220	230,00	73,0
90,20	15,7	130,10	26,2	170,10	27,6	145,03	475			240,20	95,2
96,00	16,3	140,12	32,0	180,00	31,2					250,10	124
100,12	18,8	150,10	41,2	190,00	36,3					260,00	205
110,10	27,4	160,17	53,4	200,10	42,5					270,00	375
120,20	42,7	170,05	72,1	210,00	51,0					273,10	550
130,10	70,4	180,00	120	220,10	60,2						

Таблица 2

Вещество	$m\cdot10^{23}$, г	$\varepsilon\cdot10^{15}$, эрг	$\sigma\cdot10^{8}$, см
Аргон	6,64	16,5	3,41
Криптон	13,9	23,0	3,66
Ксенон	21,8	31,8	3,98

позволял поддерживать температуру и разности температуры по измерительной камере с точностью 0,03° К в интервале от комнатных до азотных температур. Подробное описание установки и метод измерений дано в работе [7].

Измерения показали, что при постоянной температуре α пропорционально f^2 для всех трех веществ вплоть до температур, составляющих 0,95—0,97 от $T_{кр}$. Величина A резко возрастает при повышении температуры, так что выше указанных пределов трудно было получить надежные результаты. Полученные значения $A(T)$ приведены в табл. 1. На фиг. 1 в координатах (A, ρ) показано, как «сшиваются» результаты, полученные в работах [2—4] (штриховые изотермы) с результатами наших измерений на линии насыщения (сплошная кривая). Различие наших данных и экстраполированных изотерм работы [3] лежит в пределах ошибки эксперимента.



Фиг. 3

На фиг. 2 показана температурная зависимость экспериментального значения A и величины $A_{кл} = \frac{8\pi^2}{3\rho c^3}\left(\eta_s + \frac{3}{4}\frac{\gamma-1}{C_p}\varkappa\right)$, предсказываемой теорией Стокса — Кирхгофа (штриховая кривая). На фигуре каждому из трех веществ соответствует свой вид изображения экспериментальных точек (светлые кружки — аргон, темные — криптон, треугольники — ксенон). Оценка величины $A_{кл}$ для Kr и Xe носит приближенный характер, поскольку для них пока отсутствуют данные о сдвиговой вязкости (η_s) и теплопроводности ($\varkappa$) на линии насыщения в достаточно широком интервале температур. Значения η_s оценивались по эмпирическим формулам, предла-

гаемым в работе [8], с последующей корректировкой по η_s для Ar на основе закона соответственных состояний. Величины $\varkappa$ были получены экстраполяцией изотерм $\varkappa(P)_T$, приведенных в работе [9], на линию насыщения. Для Ar данные об η_s и $\varkappa$ были взяты из работы [10], а значения равновесных термодинамических свойств (плотности (ρ), скорости звука (c), теплоемкости (C_p) и $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$) для всех трех веществ — из обзора [11]. Для расчета приведенных значений $A^* = A / A_0$ ($A_0 = \sigma m / \varepsilon$), где m — масса атома, ε и σ — параметры потенциала Леннарда — Джонса) использовались значения молекулярных констант, приведенные в табл. 2.

Как видно, и A^*, и A являются для этой группы веществ универсальными функциями приведенной температуры $T^* = \frac{kT}{\varepsilon}$. Это позволяет предположить выполнимость закона соответственных состояний для объемной вязкости $\eta_v = \frac{\rho c^3}{19{,}8}[A - A_{кл}]$ хотя само значение ее, определяемое разностью двух не очень точных величин, может быть оценено только с погрешностью 15—20% для Ar и 20—30% для Kr и Xe. Тем не менее хорошо видно (фиг. 3), что вклад объемной вязкости на линии насыщения быстро возрастает с температурой; сама же величина отношения $\eta_v / \eta_s = 2{,}0$ для Ar при $T = 120°$ K и $\rho = 1{,}16$ *г/см*³ почти вдвое превышает значение (1,3), предсказываемое для этой точки теорией Грэя и Райса [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. D. G. Naugle, J. R. Singer. Measurements of the ultrasonic attenuation in liquid argon. J. Chem. Phys., 1965, **42**, 11, 3725—3728.
2. D. G. Naugle. Excess ultrasonic attenuation and intrinsic — volume viscosity in liquid argon. J. Chem. Phys., 1966, **44**, 2, 741—744.
3. D. G. Naugle, J. H. Lunsford, J. R. Singer. Volume viscosity in liquid argone at high pressures. J. Chem. Phys., 1966, **45**, 4669—4676.
4. D. S. Swyt, E. E. Carome, J. Z. Kavlice. Ultrasonic absorption in liquid argone. J. Chem. Phys., 1967, **47**, 3, 1199—1202.
5. J. K. Galt. Sound absorption and velocity in liquified argon, oxygen, nitrogen and hydrogen. J. Chem. Phys., 1948, **16**, 2, 505—510.
6. Н. В. Лежнев. Канд. дис., Ашхабад, 1963.
7. Б. Г. Дударь, С. А. Михайленко, А. Е. Бутко. Установка для ультразвуковой спектроскопии в ожиженных газах. В сб.: Физика низких температур, вып. 20, 71—76. Изд. ФТИНТ АН УССР, Харьков, 1972.
8. J. P. Boon, J. C. Legros, G. Thomas. Viscosity of liquified gases. Physica, 1967, **33**, 3, 547—560.
9. L. D. Ikkenberry, S. A. Rice. Thermal conductivity of argon, krypton, xenon and methane. J. Chem. Phys., 1963, **39**, 5, 1561—1572.
10. V. J. Johnson. A compendium of the properties of materials at low temperatures, p. I, WADDTR, N. Y., 1960.
11. С. А. Михайленко, Ю. П. Благой, И. Я. Родштейн. Термодинамические свойства одноатомных классических жидкостей. В сб.: Физика конденсированного состояния, вып. 14. Изд. ФТИНТ АН УССР, Харьков, 1971, 645—670.
12. P. Gray, S. A. Rice. On the kinetic theory of dense fluids. XVIII. The bulk viscosity. J. Chem. Phys., 1964, **41**, 12, 3689—3694.

Физико-технический институт низких температур
Академии наук УССР

Поступила
30 сентября 1971 г.

УДК 534.286

ОБ ИЗУЧЕНИИ ГИДРОЛИЗА БИОПОЛИМЕРА (РНК) УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Ф. И. Брагинская

Исследования ультразвукового поглощения и некоторых акустических параметров биомакромолекул, проведенные в лаборатории Эльпинера [1—3], и работы в области молекулярной акустики [4, 5] позволяют судить о возможности применения метода ультразвуковой релаксации при изучении быстрых химических реакций биополимеров. Показано также, что ультразвуковой метод является полезным дополнением других методов исследования биологически важных соединений. Это подтверждают и приводимые ниже данные по определению параметров кинетики реакции щелочного гидролиза биополимера — рибонуклеиновой кислоты (РНК).