

гаемым в работе [8], с последующей корректировкой по η_s для Ar на основе закона соответственных состояний. Величины κ были получены экстраполяцией изотерм $\kappa(P)_T$, приведенных в работе [9], на линию насыщения. Для Ar данные об η_s и κ 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 $A^* = A/A_0$ ($A_0 = \sigma m / \epsilon$), 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 $T^* = \frac{kT}{\epsilon}$. Это позволяет предположить выполни-

мость 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 $T = 120^\circ \text{K}$ и $\rho = 1,16 \text{ г/см}^3$ 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 argon at high pressures. *J. Chem. Phys.*, 1966, 45, 4669—4676.
4. D. S. Swyt, E. E. Carome, J. Z. Kavlice. Ultrasonic absorption in liquid argon. *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 охлажденных 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. Ikkembery, 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.

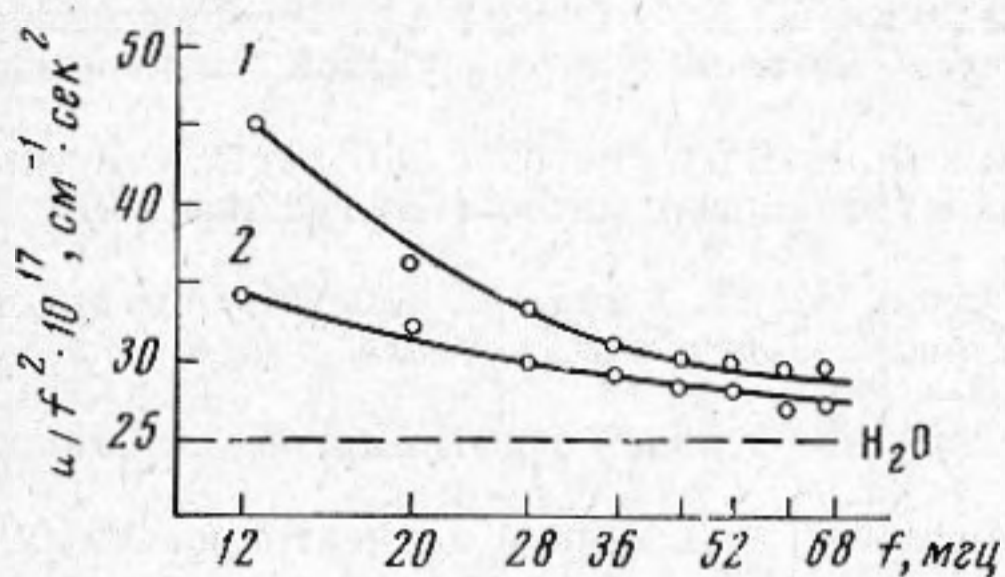
УДК 534.286

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).

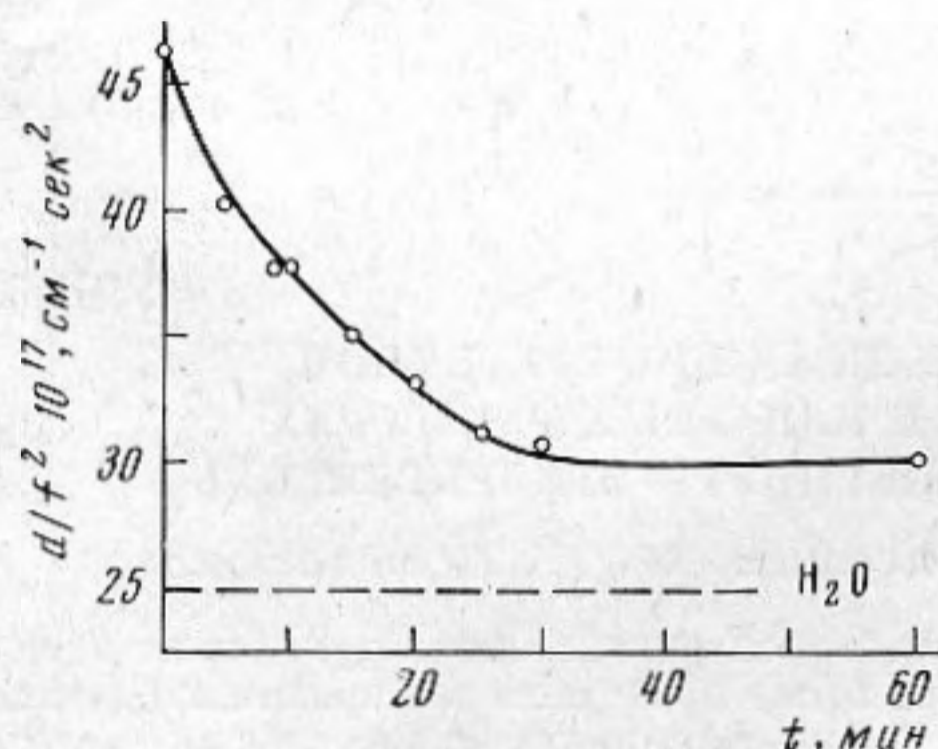
Измерения коэффициента поглощения ультразвука (α) в водных растворах дрожжевой РНК (отечественный препарат) мы проводили на импульсной установке [6] в диапазоне частот (f) 12—68 мГц при 20° С. На фиг. 1 представлены частотные зависимости α/f^2 для растворов РНК в концентрации $C_0 = 1,5$ г/100 мл контрольной (кривая 1) и подвергнутой щелочному гидролизу при 100° в течение 1 часа (кривая 2) рН 9,0. Для исследованного раствора РНК величина α/f^2 нелинейно уменьшается с частотой, что обусловлено релаксационными явлениями; при этом максимум релаксации находится за пределами использованного в опытах диапазона частот.



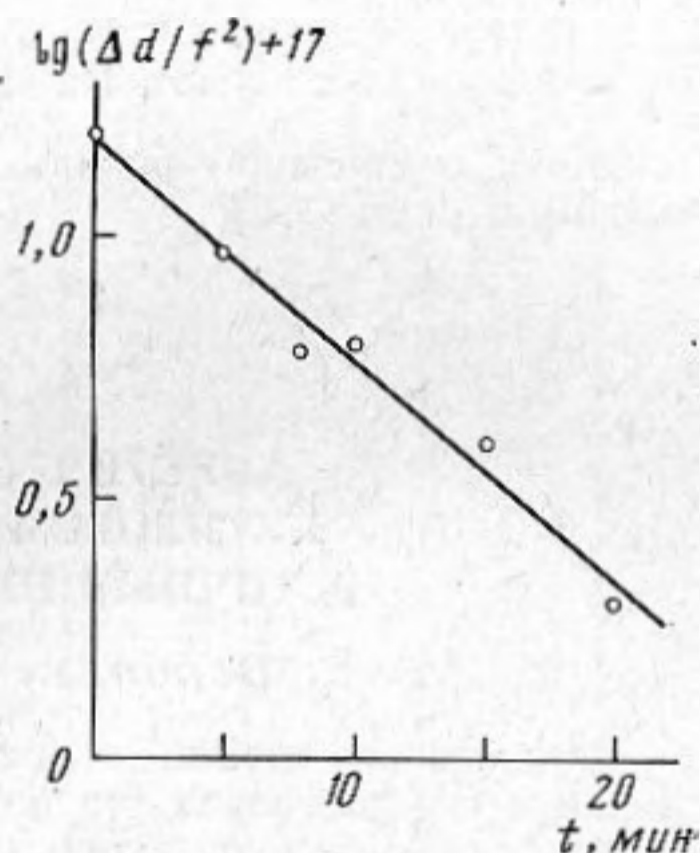
Фиг. 1

Уменьшение затухания ультразвуковых волн в растворе гидролизованной РНК сопровождалось также значительным (примерно в два раза) падением вязкости. Кривая зависимости поглощения ультразвука в растворе РНК ($C_0 = 1,5$ г/100 мл) на частоте $f = 12$ мГц от времени гидролиза t представлена на фиг. 2

Образование мононуклеотидов при щелочном гидролизе РНК является псевдомолекулярной реакцией (первого порядка) [7], поэтому возможно применить для



Фиг. 2



Фиг. 3

расчета константы скорости гидролиза k формулу $k = \frac{2,3}{t} \lg \frac{C_0}{C_t}$. Так как константа

k зависит от отношения C_0/C_t , то для определения ее могут быть использованы не только концентрации, но и пропорциональные им величины. В описываемом случае это коэффициент поглощения ультразвука, ибо экспериментально найденная нами зависимость α/f^2 от концентрации для раствора РНК носит линейный характер (на частоте 12 или 20 МГц, в области концентраций от 0,1 до 1,5 г/100 мл). В ходе щелочного гидролиза РНК поглощение ультразвука α/f^2 в использованном диапазоне частот падает до предельной величины остаточного поглощения $B = 31 \times 10^{-17} \text{ см}^{-1} \text{ сек}^2$ (см. фиг. 2). На фиг. 3 приведена полулогарифмическая анаморфоза кинетической кривой гидролиза РНК; по оси ординат отложены значения логарифма релаксационной части поглощения $\Delta\alpha/f^2 = \alpha/f^2_{0,t} - B$. По наклону прямой линии зависимости $\lg(\Delta\alpha/f^2)$ от времени мы определяли константу скорости реакции гидролиза. Вычисленное значение $k = 0,098 \text{ мин}^{-1}$ представляет кажущуюся («эффективную») константу скорости щелочного гидролиза полинуклеотидной цепи РНК. Последняя, как оказалось, зависит от начальной концентрации C_0 (см. ниже). Точность определения k составляла $\pm 0,5-1\%$.

C_0 РНК, г/100 мл	0,8	1,1	1,3	1,5
k , мин ⁻¹	0,066	0,081	0,092	0,098

Таким образом, кинетические кривые зависимости α/f^2 от времени соответствуют первому порядку; однако не наблюдается постоянства константы скорости реакции при изменении исходной концентрации вещества, которое должно было бы указывать на первый порядок реакции. Это означает, что кинетика процесса гидролиза

полиуклеотида (РНК) является сложной и требует более детального выяснения. Анализ данных по ультразвуковой спектроскопии мономолекулярных реакций биополимеров можно, по-видимому, проводить аналогичным образом.

Автор выражает глубокую признательность И. И. Сапежинскому за полезное обсуждение результатов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. И. Брагинская, С. Х. Садыхова, И. Е. Эльпинер. Изучение конформационных изменений биополимеров методом ультразвуковой спектроскопии. Акуст. ж., 1971, 17, 3, 465—466.
2. И. Е. Эльпинер, С. Х. Садыхова, Ф. И. Брагинская. О затухании ультразвуковых волн в водных растворах нуклеиновых кислот. Биофизика, 1970, 15, 1, 26—30.
3. I. E. El'piner, F. I. Bragynskaya, O. M. Zorina. Acoustic parameters of biopolymers. Proceedings of 7th Internat. Congr. on Acoustics, vol. 4, sec A-N-V, Akademiai Kiado, Budapest, 1971, 153—156.
4. И. Г. Михайлов, Ю. П. Соловьев. Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.
5. И. Г. Михайлов. Поглощение ультразвуковых волн в концентрированных растворах полимеров. Акуст. ж., 1962, 8, 4, 478—479.
6. А. А. Зарецкий, К. П. Фурсов. Импульсная установка для измерения затухания ультразвуковых волн в биологических растворах. Ультразвуковая техн., 1968, 2, 39—46.
7. Н. К. Кочетков, Э. И. Будовский, Е. Д. Свердлов. Органическая химия нуклеиновых кислот. М., «Химия», 1970, стр. 558.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Поступила
28 октября 1971 г.

УДК 534.286

АКУСТИЧЕСКАЯ РЕЛАКСАЦИЯ В ТРЕТИЧНОМ БУТИЛОВОМ СПИРТЕ И БИНАРНЫХ РАСТВОРАХ ТРЕТИЧНЫЙ БУТИЛОВЫЙ СПИРТ — ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ

Л. Б. Верблян, В. С. Сперкач, М. И. Шахпаронов

С целью выяснения характера акустической релаксации в третичном бутиловом спирте и его растворах с этиленгликолем были проведены измерения коэффициента поглощения звука α , скорости звука C_0 , коэффициента сдвиговой вязкости η , и плотности ρ в интервале температур (от -11 до $+60$) °С. Акустическая релаксация в этиленгликоле изучена в работах [1, 2].

Спирты марки «х.ч.» подвергались сушке и многократной перегонке. Степень чистоты контролировалась по показателю преломления n_D , плотности ρ и температуре кипения t_k . Значения этих параметров для третичного бутилового спирта ($n_D^{20} = 1,3850$, $\rho^{30} = 0,776$ г/см³, $t_k = 82,1$ °С при 748 мм рт. ст.) и этиленгликоля ($n_D^{20} = 1,4317$, $\rho^{20} = 1,113$ г/см³, $t_k = 197,3$ °С при 760 мм рт. ст.) в пределах ошибок эксперимента согласуются с литературными данными [3].

Поглощение звука измерялось импульсным методом в диапазоне частот ($2 \cdot 10^7$ — $2,9 \cdot 10^9$) гц с ошибкой от 5% на низких частотах до 10% на высоких [4, 5]. Скорость распространения звука измерялась фазовым методом, на частоте 30 Мгц, с ошибкой 0,5%. Точность термостатирования составляла $\pm 0,5$ °С.

В третичном бутиловом спирте и его растворах с этиленгликолем наблюдалась акустическая релаксация. Оказалось, что поглощение звука в пределах ошибок эксперимента следует выражению

$$\frac{\alpha}{f^2} = \frac{A}{1 + \omega^2 \tau^2} + B, \quad (1)$$

