АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том V 1959 Вып. 4

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

О ПОГЛОЩЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЭТИЛАЦЕТАТЕ

С. Барледж, Е. Кэром

В последнее время был опубликован ряд работ, посвященных поглощению ультразвука в этилацетате на частотах в диапазоне от 3 до 30 *мгц*. Группа исследователей сообщила о наличии двух различимых максимумов на кривой поглощения на длину волны ($\alpha\lambda$) в функции частоты [1—4]. Эти максимумы имеют место при 20°, приблизительно на частотах 7 и 18 *мгц* и указывают, как будто, на наличие двух релаксационных процессов. Однако другие исследователи считают, что существует только один максимум, а именно высокочастотный, и полагают, что наблюдения, показывающие наличие низкочастотного максимума, ошибочны [5]. Хотя было предложено несколько объяснений этого противоречия, в литературе еще не было опубликовано ни одного вполне приемлемого.

Имея в виду эти противоречия, мы предприняли исследование поглощения ультразвука в этилацетате в диапазоне частот от 2 до 20 *мгц*, уделив особое внимание области ниже 10 *мгц*. Вначале был использован вариант интерферометрического метода, разработанный в нашей лаборатории [6, 7]. При этом коэффициент поглощения α определялся путем измерения электрического импеданса круглой пьезокварцевой пластины, нагруженной на столб жидкости переменной длины. Применение радиотехнической методики измерения импеданса позволило достигнуть высокой чувствительности при малых изменениях импеданса.

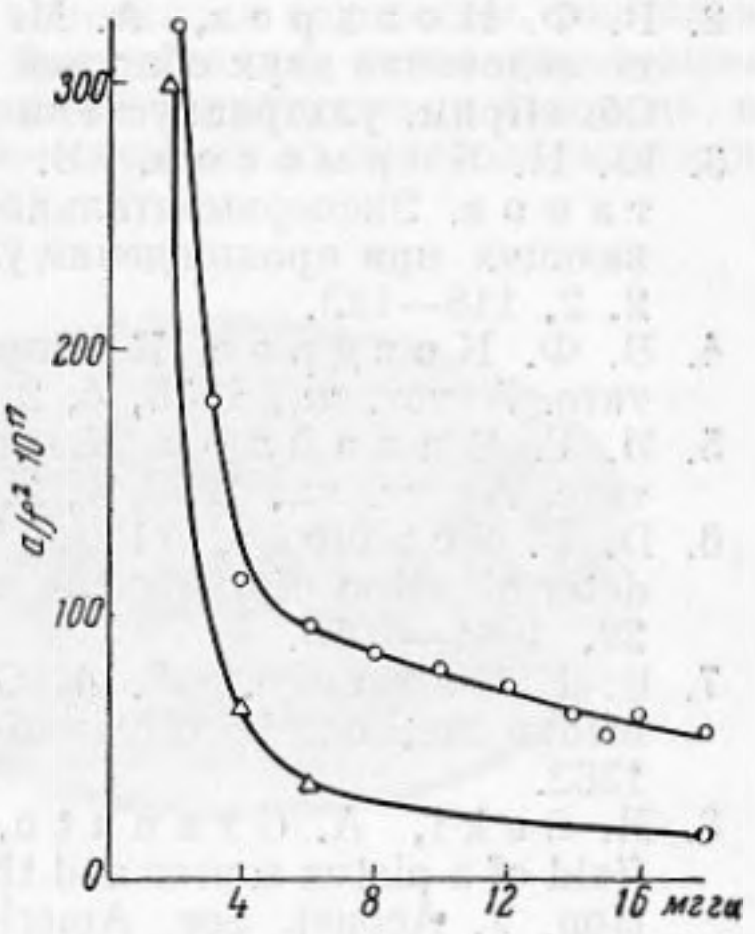
В процессе исследований было обнаружено два эффекта. Прежде всего, оказалось, что для этилацетата на низких частотах значения α/f^2 быстро возрастают в качественном соответствии с данными Ноздрева. Однако, как видно из фиг. 1 (кривая, обозначенная кружочками), быстрое возрастание имеет место ниже 4 *мгц* в то время, как по Ноздреву оно начинается около 10 *мгц* [3]. Это различие привело нас к мысли, что наблюдаемое увеличение α/f^2 на низких частотах обязано своим происхождением феномену, отличному от истинного поглощения. Это заключение было подтверждено путем измерения поглощения в воде при тех же условиях эксперимента. Как показано на фиг. 1 (кривая, обозначенная треугольниками), измеренные значения хорошо соответствуют общепринятым на частотах выше 6 *мгц*, однако ниже 6 *мгц* имеет место резкое возрастание, так же как и для этилацетата.

Большая чувствительность использованной методики измерения позволила обнаружить второй эффект, и вместе с тем найти очевидное объяснение возрастанию α/f^2 на низких частотах. При измерении поглощения в функции длины акустического пути l на протяжении многих сотен длин волн, было обнаружено, что поглощение не изменяется монотонно; имеют место осцилляции, в особенности на низких частотах. Как показали Секи, Грэнато и Труэль [8], таких осцилляций следует ожидать вследствие влияния дифракционных явлений. Анализируя типичную измерительную систему, состоящую из источника звука в виде круглого диска и такого же звукоприемника, они показали, что должно наблюдаться кажущееся затухание вследствие дифракции. Рассчитанная ими кривая ослабления вследствие дифракции в функции длины акустического пути l поднимается приблизительно на 1,1 *дб* на расстоянии a^2/λ *см*, но на расстояниях 0,73 a^2/λ; 1,05 a^2/λ и 2,4 a^2/λ имеются заметные минимумы.

Следует отметить, что расчеты Секи и других были выполнены для импульсного метода измерения; поэтому следует ожидать некоторой разницы между их результатами и данными, получаемыми при интерферометрических измерениях. Анализируя экспериментальные кривые α в функции l на низких частотах мы обнаружили корреляцию между положениями минимумов измеренного поглощения и расчетными их положениями. Более важно, однако, общее значение ослабления на низких частотах. Например, на частоте 2 *мгц* экспериментальное значение α равно 0,013 $см^{-1}$. Поскольку радиус пьезокварца был равен 1,27 *см*, $a^2/\lambda = 27{,}8$ *см*, и измеренное значение α соответствует ослаблению в 3,1 *дб* на протяжении a^2/λ, т. е. того же порядка величины, как и ожидаемое ослабление вследствие дифракции. Для того же размера источника звука при частоте 6 *мгц* измеренное затухание составляет 0,036 $см^{-1}$ или 26 *дб* на a^2/λ.

Эти результаты приводят нас к заключению, что увеличение α/f^2 на низких частотах, наблюдавшееся Ноздревым и нами, обуславливается дифракционными явлениями, а не вторым релаксационным процессом. После первого сообщения о наших интерферометрических измерениях, сделанного в ноябре 1958 г. на Съезде Американского

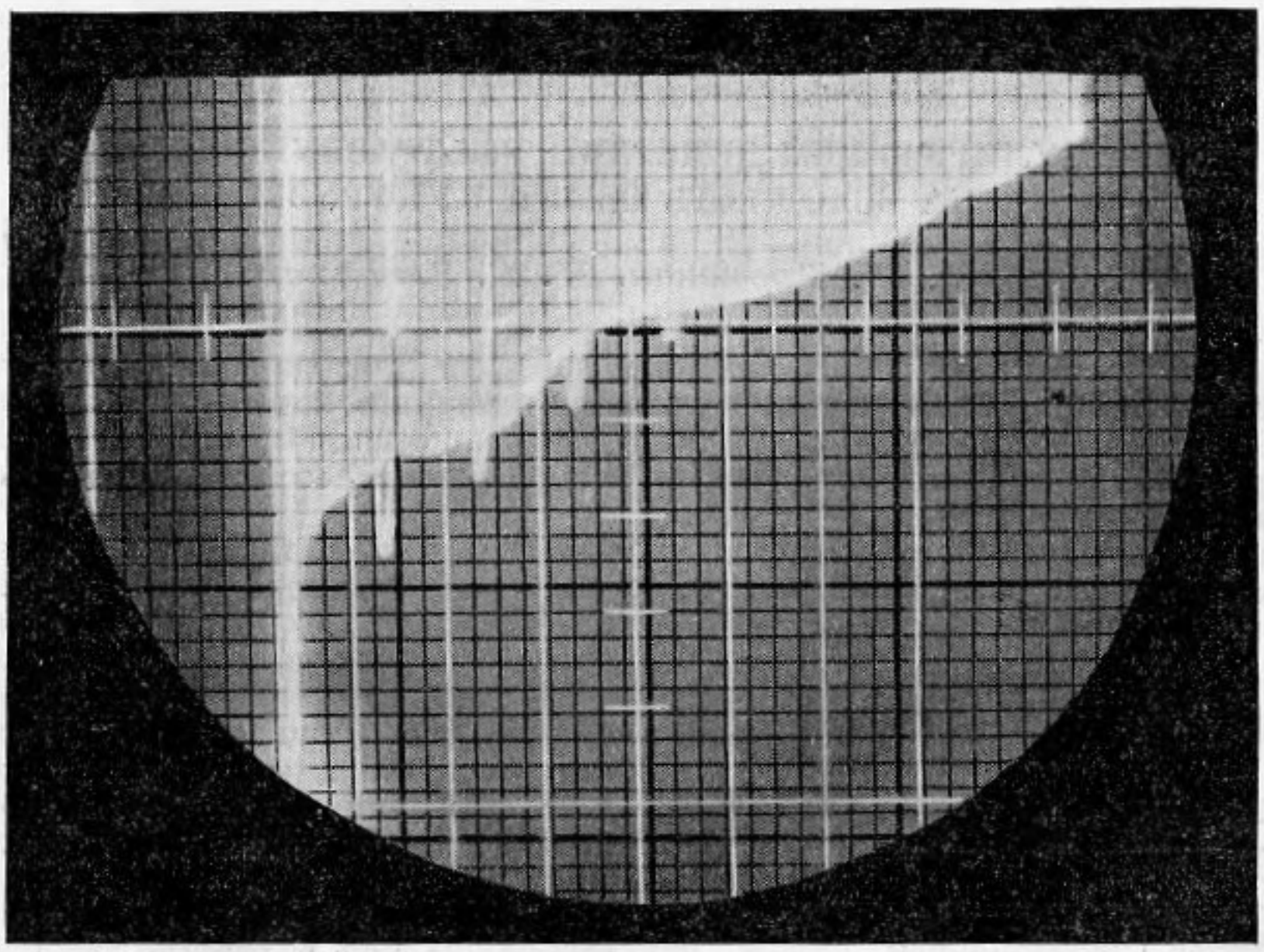
акустического общества, мы провели дальнейшие измерения, используя импульсную технику. Как видно из фиг. 2, эти измерения подтверждают наши прежние заключения. Приведенная осциллограмма показывает зависимости величины импульсов в функции длины акустического пути в этилацетате на частоте 2 *мгц*. Фотография была получена при открытом затворе фотокамеры при постепенном уменьшении высоты столба жидкости (на фотографии справа налево). Осцилляции величины импульсов, а следовательно и ослабления, видны отчетливо. Горизонтальная развертка составляла 640 *мксек*, что отвечало максимальному акустическому пути 74,2 *см*. Яркие импульсы в пределах засвеченной области записи эхо представляют собою отметки времени через 100 *мксек*. Дополнительные импульсы, видные на фигуре, являются калибровочными, и отличаются по уровню на 1 *дб* по сравнению с соседним.



Фиг. 1

Сравнивая положения наблюдаемых максимумов поглощения с теоретическими, мы нашли эквивалентное значение радиуса излучателя 1 *см*, в то время как в действительности радиус был равен 1,27 *см*. Этой разницы можно было ожидать, если принять во внимание использованный способ монтажа кристалла и то обстоятельство, что диаметр электродов был всего 0,95 *см*. Исправленное значение ослабления было получено путем сравнения крутизны относительно ровного участка огибающей с крутизной, получаемой из расчетной кривой ослабления вследствие дифракции. Первая крутизна составляет 1,90 *дб* на a^2/λ, в то время как последняя показывает возрастание на 1,15 *дб* a^2/λ. Приписав разницу истинному поглощению, мы получаем значение α/f^2, равное $113 \cdot 10^{-17}$ $см^{-1}$ $сек^2$, что совпадает с теоретическим значением, данным Карповичем [10] в предположении одного релаксационного процесса.

Изложенное показывает, что наблюдавшееся нами возрастание α/f^2 на низких частотах, а также и вторая релаксационная частота в этилацетате, являются ложными, и объясняются дифракционными явлениями. Тот факт, что Ноздрев сообщает



Фиг. 2

о возрастании на несколько более высоких частотах, может быть объяснен тем, что при его экспериментах эффективный радиус источника был меньше, чем в наших опытах. С другой стороны, большие размеры клина, использованного Михайловым, вероятно, уменьшили величину дифракционных ошибок в исследованном им диапазоне частот.

Мы продолжаем наши исследования и надеемся расширить пределы использования интерферометрических и импульсных методов измерения на более низкие частоты путем точного учета поправок на дифракцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Ноздрев, А. М. Султанов. Об установлении и изучении двух областей релаксации, возникающих при прохождении ультразвуковых волн в этилацетате. Докл. АН СССР, 1955, **104**, 6, 837—839.
2. В. Ф. Ноздрев, А. М. Султанов. Обнаружение и экспериментальное исследование двух областей аномального поглощения ультразвука в этилацетате. Сб. «Прим. ультраакустики к исслед. вещества». М., МОПИ, 1955, 2, 97—116.
3. Ю. Н. Бормосов, В. Ф. Ноздрев, В. Д. Соболев, А. М. Султанов. Экспериментальное исследование релаксационных процессов, возникающих при прохождении ультразвуковых волн в жидкостях. Акуст. ж., 1956, **2**, 2, 118—123.
4. В. Ф. Ноздрев. К вопросу о поглощении ультразвуковых волн в этилацетате. Акуст. ж., 1958, **4**, 2, 202—204.
5. И. Г. Михайлов. К вопросу о поглощении ультразвуковых волн в этилацетате. Акуст. ж., 1958, **4**, 2, 199—200.
6. D. E. Schuele, F. A. Gutowski, E. F. Carome. Interferometric determination of ultrasonic absorption in castor oil. J. Acoust. Soc. America, 1957, **29**, 1081—1085.
7. E. F. Carome, F. A. Gutowski, D. E. Schuele. Radio frequency bridge methods in ultrasonic interferometry. J. Acoust. Soc. America, 1957, **29**, 1262.
8. H. Seki, A. Granato, R. Truell. Diffraction effects in the ultrasonic field of a piston source and their importance in the accurate measurement of attenuation. J. Acoust. Soc. America, 1956, **28**, 230—238.
9. E. F. Carome, F. A. Gutowski, S. R. Burlage. Absorption measurements in ethyl acetate. J. Acoust. Soc. America, 1959, **31**, 111.
10. I. Karpovich. Investigation of rotational isomers with ultrasound. J. Chem. Phys., 1954, **22**, 1767—1773.

Отделение физики
Университета Дж. Кэролла
Кливленд, Огайо, США

Поступило в редакцию
6 июля 1959 г.

О СТИМУЛИРУЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Л. М. Бронская, И. Е. Эльпинер

Вопрос о возможном стимулирующем действии ультразвуковых волн на всхожесть семян различных растений обсуждается в научной печати сравнительно давно [1, 2]. В настоящем сообщении приводятся данные, показывающие, что действительно при определенных условиях озвучивания ускоряется процесс набухания и всхожести семян кукурузы.

Семена (10 штук) озвучивались в марлевых мешочках, которые непосредственно погружались в ультразвуковой фонтан, возникавший на поверхности водяной ванночки, на дне которой помещался пьезокварцевый излучатель (частота колебаний —380 *кгц*, интенсивность — 5 *вт/см*^{2}). В каждой серии опытов озвучиванию подвергались 100 штук семян. Всего проведено 10 серий опытов. Семена проращивались в чашках Петри в термостате при температуре 25°±0,1°.

Таблица

Длина корешков неозвученных и озвученных семян кукурузы в различные дни прорастания

Дни после замачивания семян	Длина корешков в *мм**	
	неозвученных	озвученных в присутствии воздуха
3	2,7	4,6
5	4,8	6,8

* Даны средние значения из 100 промеров

Стимулирующее действие ультразвука отмечалось уже в первые дни после озвучивания. Как видно из таблицы, на третьи сутки прорастания средняя длина (300 замеров) корешка у озвученных семян равнялась 4,6 *см*, а неозвученных — 2,7 *см* (см фигуру). При более длительном озвучивании (10—15 *мин*) отмечалось угнетение процессов развития, а в некоторых случаях — даже гибель семян.

Под действием ультразвуковых волн имело место значительное ускорение процессов набухания, наблюдаемого при замачивании семян. В опытах с семенами кукурузы значительное набухание отмечалось непосредственно даже после пятиминутного