

ЛИТЕРАТУРА

1. W. B. Allen, E. C. Westerfield. Digital compressed — time correlators and matched filters for active sonar. J. Acoust. Soc. America, 1964, 36, 1, 123—139.
2. C. Kramer. A low-frequency pseudo — noise generator. Electronic Eng., 1965, 37, 449.
3. С. Г. Гершман, Ю. И. Тужилкин. Об интерференции широкополосных шумовых сигналов. Акуст. ж., 1967, 13, 1, 28—36.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
20 ноября 1969 г.

УДК 534.286—7

ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВУКА В ЖИДКОЙ СЕРЕ

М. Б. Гитис, И. Г. Михайлов, С. Ниязов

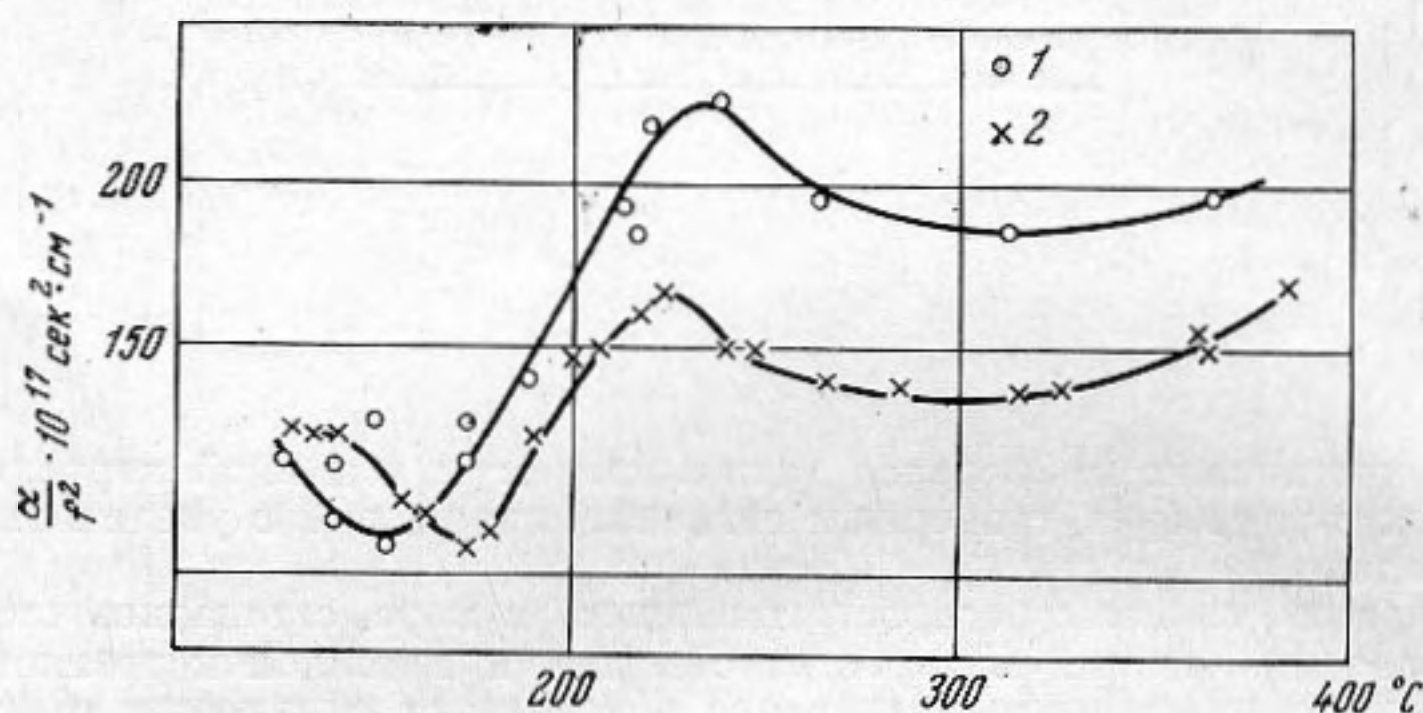
Рентгенографические исследования жидкой серы показали, что сразу после плавления сера состоит из кольцевых образований S_2 , S_6 , S_8 [1]. С ростом температуры порядка 160 — 180° наблюдается максимум вязкости [2, 3], что связывается с разрушением кольцевой структуры и образованием длинных цепочек. При этом, если сразу после плавления вязкость серы составляет единицы сантипуаз, то в максимуме вязкость равна 900 — 1000 пуаз. Дальнейшее повышение температуры вызывает разрушение длинных цепей, вследствие чего вязкость падает.

На температурной зависимости скорости звука в расплавленной сере также отчетливо видны три области с разными температурными коэффициентами скорости звука [4, 5]: от плавления до 170° область с линейным уменьшением скорости звука, в области максимума вязкости наблюдаются сильные изменения температурного коэффициента скорости; при более высоких температурах скорость звука снова линейно падает с ростом температуры, хотя температурный коэффициент меньше, чем в первой области. Все это позволяет ожидать особенностей в температурной зависимости коэффициента поглощения звука α .

Нами были выполнены измерения α в расплавленной сере на частотах 30 и 60 Мгц в интервале температур от плавления до 400° . Исследования проводились на особо чистой и химически чистой сере, на установке, описанной в работе [6].

Результаты измерения коэффициента поглощения в особо чистой сере представлены на графике ($1 - f = 30$ Мгц, $2 - f = 60$ Мгц). Для химически чистой серы температурная зависимость α аналогична, хотя абсолютные значения несколько больше (приблизительно на 15%).

Как видно из приведенного графика, температурная зависимость α оказывается довольно сложной. Сразу после плавления имеет место уменьшение коэффициента поглощения. При температурах, соответствующих максимуму вязкости η , начинает-



ся возрастание α , достигающего наибольшего значения при 230° . Затем коэффициент поглощения несколько уменьшается, а начиная с 280° практически остается неизменным. Лишь в области, близкой к кипению, α снова возрастает.

Отметим, что область резкого возрастания вязкости нами была изучена, вероятно, недостаточно детально, так как схема регулирования температуры рабочей камеры не позволяла поддерживать температуру стабильнее, чем на $\pm 2,5^\circ$, а температурный интервал, в котором вязкость возрастает от сантипуаз до своего максимального значения, равен $\sim 10^\circ$.

Представляется интересным для интерпретации экспериментальной температурной зависимости коэффициента поглощения звука в жидкой сере использовать как

релаксационную теорию [7], так и теорию, предполагающую микронеоднородное строение сильно вязких жидкостей [8].

При температуре 125° классический коэффициент поглощения $\alpha_{кл} / f^2$, рассчитанный по формуле Стокса, равен $50 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2 / \text{см}$ (данные, необходимые для расчета, взяты из работ [2, 3, 5]). Следовательно, избыточное поглощение $\alpha_{изб} / f^2$ равно $30 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2 / \text{см}$ и $70 \cdot 10^{-17} \text{ сек}^2 / \text{см}$ для 60 и 30 Мгц соответственно. С повышением температуры вплоть до 160° $\alpha_{изб} / f^2$ сохраняет свое значение, что связано с уменьшением вязкости η серы. Для численных оценок по обоим теориям в настоящее время не существует всех необходимых данных.

Тем не менее, учитывая сложное молекулярное строение серы вблизи температуры затвердевания, нам представляется более вероятным, что природа избыточного поглощения в этой области температур связана с релаксационными механизмами, тем более, что вязкость здесь невелика. Это может быть либо многоструктурный механизм типа Холловского, либо химическая релаксация [7].

Перейдем теперь к области увеличения коэффициента поглощения звука. В этой области температур сдвиговая вязкость уменьшается (в минимуме коэффициента поглощения звука вязкость имеет максимальное значение).

Согласно релаксационной теории при $\omega\tau \gg 1$ (τ — соответствующее время релаксации) $\alpha \sim 1/\tau$, т. е. $\alpha \sim 1/\eta$. Согласно теории [8], $\alpha \sim 1/\sqrt{\tau}$, т. е. $\alpha \sim 1/\sqrt{\eta}$. Анализ экспериментальных данных показывает, что зависимость $\alpha \sim 1/\sqrt{\eta}$ гораздо лучше описывает характер кривой. Так, для температур 180, 200 и 220° коэффициент поглощения звука на 60 Мгц имеет значения соответственно 0,4; 0,5; $0,63 \text{ см}^{-1}$. При этом соответствующие значения вязкости, согласно работам [2, 3], равны 964, 700 и 400 пуаз, откуда и следует $\alpha \sim 1/\sqrt{\eta}$. Аналогичные результаты получаются при обработке кривой, полученной на 30 Мгц.

Кроме того, поскольку поглощение достигает максимума при температуре 230° , то $\tau \approx 1/\omega = (3 \div 5) \cdot 10^{-3} \text{ сек}$. Однако при этой температуре $\eta = 300$ пуаз и, следовательно, $\eta/k \approx \tau_{ред}$ (k — модуль упругости) равно 10^{-8} сек , т. е. релаксация начинается раньше, чем предсказывает релаксационная теория, и в соответствии с теорией, учитывающей микронеоднородности. Таким образом, в области больших вязкостей теория [8] лучше согласуется с экспериментальными фактами, чем релаксационная.

В области высоких температур, несмотря на сильное уменьшение вязкости, коэффициент поглощения звука практически не изменяется, что не следует из микронеоднородной модели. По нашему мнению, в этой области температур более применима релаксационная теория и избыточное поглощение связано как со структурной релаксацией вследствие сосуществования в расплаве кольцевых и цепочечных образований, так и с их разрушением при нагревании.

Таким образом, при нагревании жидкой серы распространение звука, по-видимому, сопровождается следующими процессами. В области температур, близких к температуре плавления, из-за сложного молекулярного строения наблюдается структурная релаксация. При больших вязкостях эти процессы практически замораживаются (τ — сильно возрастает), и определяющей становится микронеоднородность системы.

По мере уменьшения вязкости с дальнейшим нагреванием, происходит размораживание прежних структурных перестроек, а также появляются новые процессы, обусловленные сосуществованием кольцевых и цепочечных структур, ослаблением и разрывами связей внутри молекул с ростом температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Ф. Ормонт. Структура неорганических веществ. М., ГТТИ, 1950.
2. R. F. Vason, R. Fanell. The viscosity of sulfur. J. Am. chem. Soc., 1943, 65, 4, 639—648.
3. F. Fecher, H. D. Lutz. Beiträge zur chemie des Schwefels, 70. Die electrische Leitfähigkeit der flüssigem Schefels. Z. anorgam und allgem. Chem., 1964, 333, 416, 216—225.
4. W. Kowalski. Geschwindigkeit der Ultraschall aus breitung in flüssigem Schwefel. Zs. Phys. Chem., 1962, 220, 5/2, 309—310.
5. М. Б. Гитис, И. Г. Михайлов. Скорость звука и сжимаемость в расплавленных сере и селене. Акуст. ж., 1967, 13, 2, 294—296.
6. М. Б. Гитис, С. Ниязов, И. Г. Михайлов. Поглощение звука в некоторых жидких металлах. Акуст. ж., 1968, 14, 1, 57—62.
7. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.
8. М. А. Исакович, И. А. Чабан. Распространение волн в сильновязких жидкостях. Ж. эксп. и теор. физ., 1966, 50, 5, 1343—1363.

Ленинградский государственный университет

Поступило в редакцию
11 сентября 1969 г.