

УДК 534.29;539.122.17

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЁССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОГРАММЫ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ В ЖИДКОСТЯХ

А. Р. АРАКЕЛЯН, Э. М. АРУТЮНЯН

Институт прикладных проблем физики АН АрмССР,

М. М. СЛАВИНСКИЙ

Институт прикладной физики АН СССР

(Поступила в редакцию 6 июля 1984 г.)

Работа посвящена экспериментальному исследованию возможностей определения характеристик звуковых полей в жидкостях на основе модулирования мёссбауэровского гамма-резонансного излучения внешними акустическими колебаниями. Показано, что мёссбауэровская спектроскопия позволяет с большой точностью измерять характеристики звуковых полей в жидкостях, а именно: распределение звукового поля в жидкости, диаграмму направленности источника звука в жидкости, скорость распространения акустических колебаний, коэффициент преобразования электрической энергии в акустическую и т. д. Исследования проведены в воде. Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися данными.

Известно, что возбуждение акустических колебаний с частотой, меньшей ширины линии поглощения в мёссбауэровских поглотителях, оказывает существенное влияние на форму мёссбауэровских спектров поглощения [1]. Это позволяет измерять параметры внешних акустических колебаний.

Объяснение этого явления основано на следующих соображениях. Поглотитель под воздействием акустических колебаний колеблется с периодически изменяющейся относительно источника гамма-квантов скоростью. В этом случае форму линии поглощения можно записать в виде

$$F(\omega) = 1 - \frac{1}{T} \int_0^T \frac{dt}{\left(\frac{\omega - \omega_0}{\Gamma/2} - \frac{v(t)}{\kappa \Gamma/2} \right)^2 + 1}, \quad (1)$$

где $\omega = \omega_0 v/c$, v — скорость источника гамма-квантов, ω_0 — частота резонансных гамма-квантов, κ — приведенная длина волны гамма-квантов, $v(t)$ — скорость колебаний внешнего возбуждения, $\Gamma/2$ — полуширина линии поглощения, c — скорость света. Из (1) видно, что форма спектра поглощения определяется внешним возбуждением, т. е. измерив форму мёссбауэровского спектра, можно найти параметры внешних акустических колебаний.

Под влиянием акустических возбуждений одиночная линия поглощения гамма-излучения сначала уширяется, затем при определенных значениях амплитуды (или частоты) форма линии полностью изменяется и в

результате получаются два минимума. Расстояние между минимумами по мере увеличения амплитуды внешних колебаний увеличивается. При дальнейшем увеличении амплитуды колебаний минимумы уменьшаются и становятся одного порядка с шумами.

Настоящая работа посвящена одной из таких возможностей изучения формирования и распространения низкочастотных колебаний в водных средах.

Для исследования звуковых полей в жидкостях была изготовлена специальная ванна, в которой с помощью вибратора возбуждались акустические колебания. Датчик акустических колебаний, погруженный в водную среду, представлял собой диск из алюминиевой фольги диаметром 10 мм, жестко закрепленный с мёссбауэровским поглотителем, находящимся вне водной среды.

С целью повышения чувствительности приема механических колебаний и их передачи на мёссбауэровский поглотитель были предприняты специальные усилия для уменьшения трения в точке подвески. Плечи подвески были сделаны строго одинаковыми. Для устойчивости детектора при регистрации колебаний центр тяжести приемно-передающей системы устанавливался слегка ниже точки подвески.

Эксперименты проводились в обыкновенной воде на частоте выше резонансной частоты ($\Omega_{\text{рез}} = 4 \text{ кГц}$) возбуждателя при малых амплитудах. В нашем эксперименте на частоте 10 кГц он составлял $5 \cdot 10^{-8} \text{ см/В}$. Результаты измерений интенсивности в точке минимума мёссбауэровской линии поглощения на различных расстояниях от источника звуковых колебаний приведены на рис. 1.

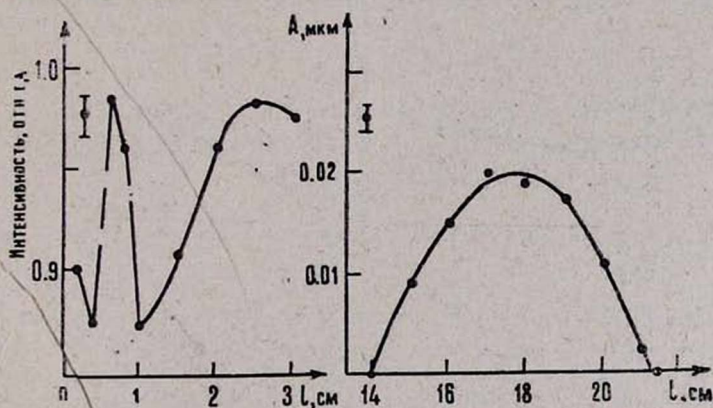


Рис. 1. Зависимость интенсивности мёссбауэровской линии поглощения от расстояния до возбуждателя вблизи от него и вдали.

Как видно из рисунка, в ванне вблизи источника возбуждения имеют место осцилляции интенсивности звукового поля, вызванные интерференцией волн, идущих от различных точек источника колебаний [2, 3]. По мере удаления от источника звуковое поле «устанавливается» (см. рис. 1) и имеет место полное воспроизведение формулы волны, что и позволяет определить длину волны. Приведенная на этом рисунке картина представляет собой средние по времени спектры поглощения со статистикой 10^5 кван-

тов в канале. Определив длину волны и зная частоту колебаний, можно найти скорость распространения звука. Измеренная таким способом скорость акустических колебаний в воде составила (1483 ± 11) м/с. Этот результат хорошо согласуется с имеющимися в литературе данными [2, 3].

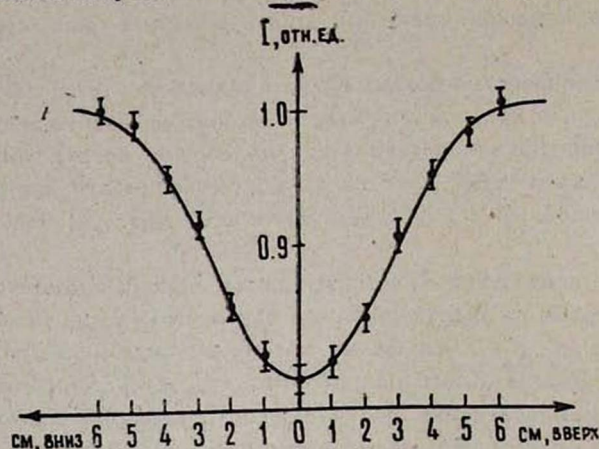


Рис. 2. Топограммы акустического поля в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны

Были выполнены также измерения акустических полей на различных глубинах в поперечном сечении акустического пучка, что позволило получить топограмму поля в воде. На рис. 2 приведены результаты таких измерений на расстоянии 18 см от возбуждателя звукового поля.

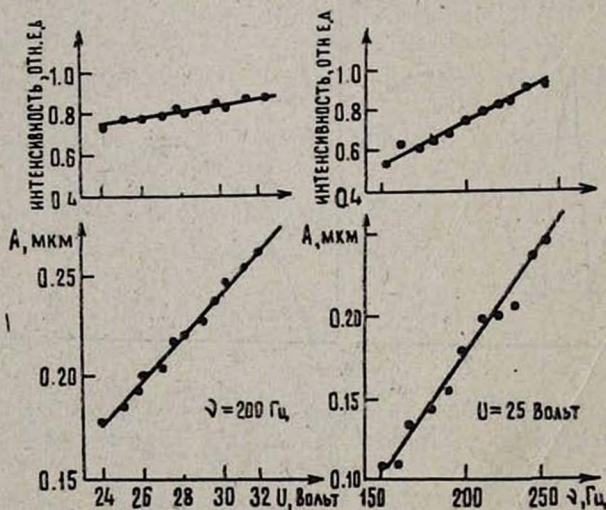


Рис. 3. Зависимость интенсивности мёссбауэровской линии поглощения и соответствующей амплитуды от напряжения на преобразователе при постоянной частоте и от частоты при постоянном напряжении.

Аналогичные исследования проведены также в интервале частот 150—250 Гц. На рис. 3 приведены зависимость интенсивности мёссбауэровской линии поглощения и соответствующей амплитуды от напряжения 280

на преобразователе при постоянной частоте и зависимости интенсивности линии поглощения и соответствующей амплитуды от частоты акустического возбуждения при постоянном напряжении на преобразователе. Ошибка определения амплитуды обусловлена статистической ошибкой набора гамма-квантов.

Таким образом, в работе показано, что методом гамма-акустической спектроскопии можно с хорошей точностью измерить характеристики акустических полей в водных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аракелян А. Р. и др. Акустический журнал, 24, 809 (1978).
2. Берман Л. Ультразвук. ИЛ, М., 1957.
3. Шутлов В. А. Основы физики ультразвука. Изд. Ленинградского университета, Л., 1980.

ՄՀՈՍՄԱՐԱՌԻԲՅԱՆ ՍՊԵԿՏՐՈՍԿՈՊԱՅՈՎ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐՈՒՄ ՁԱՅՆԱՅԻՆ ԴԱՇՏԵՐԻ ՏՈՊՈԳՐԱՄԱՅԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. Ռ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Է. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Մ. Մ. ՍԼԱՎԻՆՍԿԻ

Աշխատանքը նվիրված է հեղուկներում ձայնային դաշտերի բնութագրերի էքսպերիմենտալ չափումների հնարավորությունների հետազոտությանը, հիմնված մյուսաբանության դամա-ռեզոնանսային արտաքին ակուստիկական տատանումներով մոդուլացված ճառագայթման վրա: Շույց է տրված, որ մյուսաբանության սպեկտրոսկոպիան թույլ է տալիս մեծ ճշտությամբ չափել հեղուկներում ձայնային դաշտերի բնութագրերը: Հետազոտությունները կատարվել են շրտմ: Ստացված արդյունքները լավ համապատասխանության մեջ են գրականությունից վերցված տվյալների հետ:

ON POSSIBLE APPLICATION OF MÖSSBAUER SPECTROSCOPY FOR THE DETERMINATION OF SOUND FIELD TOPOGRAMS IN LIQUIDS

A. R. ARAKELYAN, E. M. HARUTYUNYAN, M. M. SLAVINSKIJ

Based on the modulation of Mössbauer gamma-radiation by external acoustic vibrations, the possibility of the determination of sound field features has been experimentally investigated. The Mössbauer spectroscopy is shown to allow one to perform very accurate measurements of such sound field characteristics as the sound distribution, the directional diagram of a sound source in liquids, the electro-acoustic conversion factor, the propagation velocity of acoustic vibrations etc. The obtained results are in good agreement with available data.