

Ю. И. ВАРШАВСКИЙ, Ф. И. БРАГИНСКАЯ, К. Е. КРУГЛЯКОВА,
Р. С. ДАДАШЕВ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГОЛОГРАФИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

(Представлено академиком Г. М. Франком 25 III 1974)

Методы ультразвуковой (у.з.) голографии могут найти применение в биологии и медицине для наблюдения внутренних мягких тканей и сосудов без контрастных веществ. В частности, эти методы можно использовать при проведении количественных физико-химических исследований биологических систем, основанных на кинетическом подходе, разрабатываемом школой акад. Н. М. Эмануэля (^{1, 2}).

Для этой цели нами была сконструирована у.з. голографическая установка, использующая в качестве приемника ультразвука границу раздела жидкость — воздух. Процесс формирования у.з. изображения в этой установке описан в работах (^{3, 4}). Конструкция основных узлов установки сходна с описанной в (⁵); однако для расширения возможностей голографической системы визуализации в нашей установке, в отличие от (⁵), где формировалась голограмма сфокусированного изображения, реализовался процесс безлинзового восстановления волнового фронта.

В результате обширных экспериментальных исследований был выбран следующий оптимальный режим работы установки: частота у.з. поля 4,5 Мгц; длительность у.з. импульсов 200 мксек; частота повторения импульсов 250 гц; максимальная интенсивность в импульсе $5 \cdot 10^{-2}$ вт/см². У.з. голограмма формировалась в проходящем через исследуемый объект предметном у.з. поле и регистрировалась в зоне дифракции Френеля на поверхности тонкого слоя вязкой жидкости при помощи излучения He — Ne-лазера ЛГ-36А.

Для демонстрации возможностей установки на рис. 1а приведена фотография восстановленного из у.з. голограммы изображения изолированного сердца курицы. На фотографии видны контуры сердца, а также внутренние сосуды с минимальным диаметром до 1 мм. Фотография демонстрирует возможность наблюдения мелких внутренних структур отдельного органа. На рис. 1б представлено изображение более сложного объекта — мыши. Из фотографии видна реальная возможность при помощи у.з. голографической установки наблюдать мягкие ткани и внутренние органы целого животного. Черепные и другие костные ткани, сильно поглощающие и отражающие у.з., изображаются в виде темных структур, в то время как внутренние органы и мягкие ткани, пропускающие у.з., изображаются в виде светлых образований с контурами соответствующей формы.

Большой интерес представляет возможность визуализации внутренних опухолей как с целью обнаружения места локализации опухоли, так и для наблюдения развития опухоли и течения эффективности терапевтического воздействия.

Были проведены эксперименты по визуализации опухоли, привитой на хвосте беспородной крысы. В качестве экспериментальной опухоли использовалась карциносаркома УОКЕР-256, изученная в работе (⁶). Визуализация опухоли, развившейся на хвосте, производилась на 6 сутки после прививки. При сравнении изображений здорового хвоста крысы и хвоста

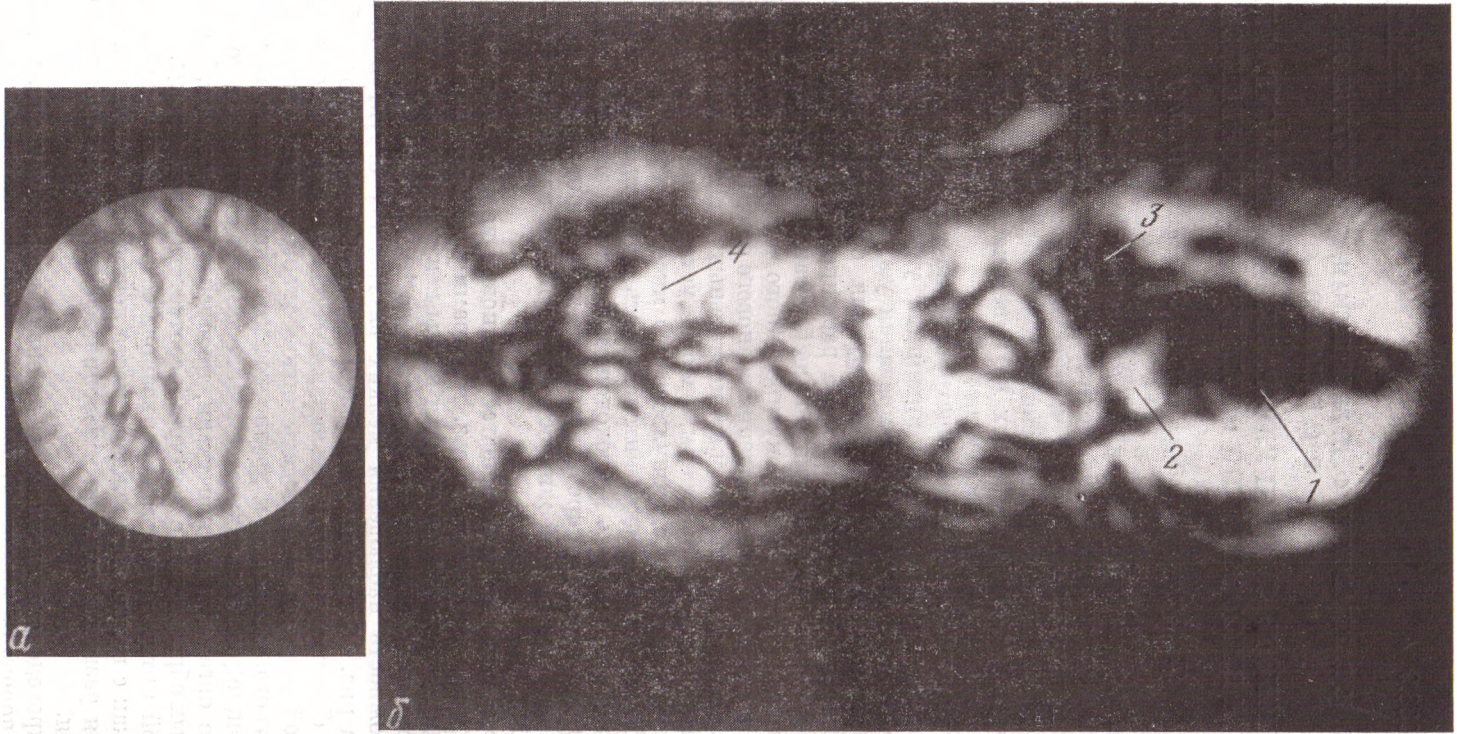


Рис. 1. Изображения изолированного куриного сердца (а) и беспородной мышцы (б), восстановленные из у.з. голограммы. 1 – голова, 2 – сердце, 3 – легкое, 4 – кишечник

с привитой опухолью, представленных на рис. 2, можно обнаружить кроме утолщения всего большого хвоста также и контуры опухоли, визуализируемой благодаря различию акустических параметров опухолевой и нормальной тканей (⁷).

Попытки визуализации опухолей, расположенных не на конечностях, а во внутренних органах, например в брюшной полости, встретились с рядом трудностей, связанных с тем, что идентификация таких опухолей на фоне множества изображений внутренних органов пока затрудни-

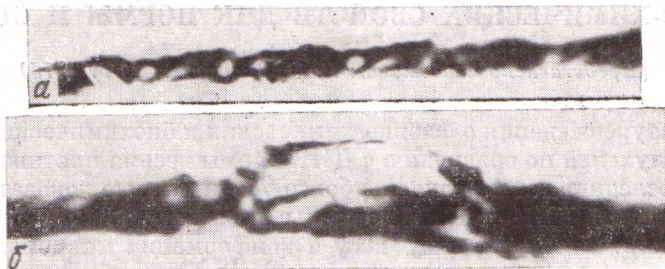


Рис. 2. Изображения здорового хвоста крысы (а) и хвоста крысы с опухолью (б), восстановленные из у.з. голограммы

тельна. Однако эти трудности должны быть преодолены, так как голографическая запись информации весьма удобна при решении задач распознавания исследуемых объектов. В частности, использование метода амплитудного синтеза изображений (⁸) дает возможность обнаружить изменения, происходящие с опухолью в динамике ее развития на одном животном.

Использование у.з. голографии в области биомедицинских исследований только начинается, однако уже сейчас очевидны широкие возможности и перспективы у.з. голографии для наблюдения внутренних структур.

Авторы выражают искреннюю благодарность акад. Н. М. Эмануэлю за постоянное внимание и интерес к работе.

Институт химической физики
Академии наук СССР
Москва

Поступило
6 III 1974

Всесоюзный научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений
пос. Менделеево Московской обл.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. М. Эмануэль, В кн. Химическая кинетика и цепные реакции, «Наука», 1966.
² Н. М. Эмануэль, Л. С. Евсеевко, Количественные основы клинической онкологии, М., 1970. ³ Е. Д. Пигулевский, Акустич. журн., т. 4, в. 4, 348 (1958). ⁴ R. K. Mueller, P. N. Keating, In: Acoustical Holography, v. 1, N. Y., 1969, p. 49. ⁵ R. B. Smith, V. B. Brenden, IEEE Trans. Sonics Ultrason, SU-16, 1969, p. 29. ⁶ В. М. Ерохин, И. П. Садовникова и др., Вопр. онкол., т. 12, № 11, 58 (1966). ⁷ И. Е. Эльпинер, Ультразвук, физико-химическое и биологическое действие, М., 1963. ⁸ Л. М. Сороко, Основы голографии и когерентной оптики, «Наука», 1971, стр. 393.