



**XXIV Научная конференция по радиофизике,  
посвященная 75-летию радиофизического факультета  
Нижний Новгород май 2020 г.**



## **Измерения вязких и упругих характеристик фантомов биологических тканей**

**А.В. Иванова, А.Е. Спивак, А.А. Лисин, И.Ю. Демин**

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Радиофизический факультет, кафедра Акустики*

**П.И. Рыхтик, Д.В. Сафонов**

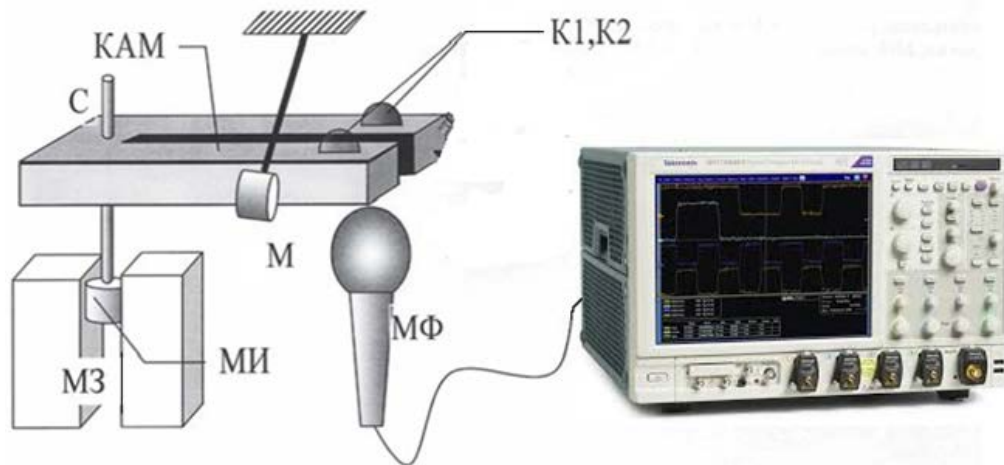
*Приволжский окружной медицинский центр  
Приволжский исследовательский медицинский университет*



В работе [Жданов А.Г., Пятаков А.П. Измерение динамической вязкости жидкости по затуханию колебаний камертона // Физическое образование в вузах. 2002. Т. 8. № 4. С. 117-126.] была предложена методика измерения коэффициента вязкости по затуханию колебаний камертона

$$\eta = \frac{k_{\text{эфф}}}{\rho} (\gamma - \gamma_0)^2$$

Основной частью экспериментальной установки является высокочастотный лабораторный камертон (собственная частота  $f=400$  Гц), представляющий собой П-образную металлическую рамку. На поверхность камертона (на его «ножки») наносятся капли исследуемой жидкости. Колебания камертона возбуждаются молоточком и регистрируются с помощью микрофона Brüel & Kjær 4189, подключённого к осциллографу ТЕКТРОНИХ DPO 4034. Данные, записанные на осциллограф, обрабатываются на компьютере в программной среде MATLAB. После этого вычисляется декремент затухания и искомый коэффициент вязкости.



# Измерение коэффициента вязкости сметановидных фантомов методом камертона

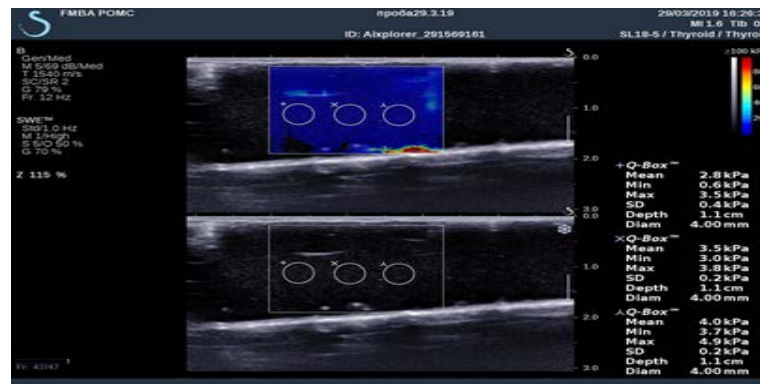


Измерения коэффициента вязкости в образцах, содержащих гной, методом камертона



Образец1 - 0,32 Па\*с  
Образец2 - 0,59 Па\*с

# Измерения модуля Юнга (методом эластографии сдвиговой волной) сметановидных фантомов на УЗИ аппарате Aixplorer



Исследуемый образец	Модуль Юнга (кПа)	Коэффициент вязкости (Па*с)
вода	—	0,00101
молоко	—	0,02790
кефир	5,2	0,88680
сметана	3,5	4,95240
творог	15,9	3,88439



# Измерения модуля Юнга в образцах, содержащих гной

## Измерения в ПОМЦ на Aixplorer

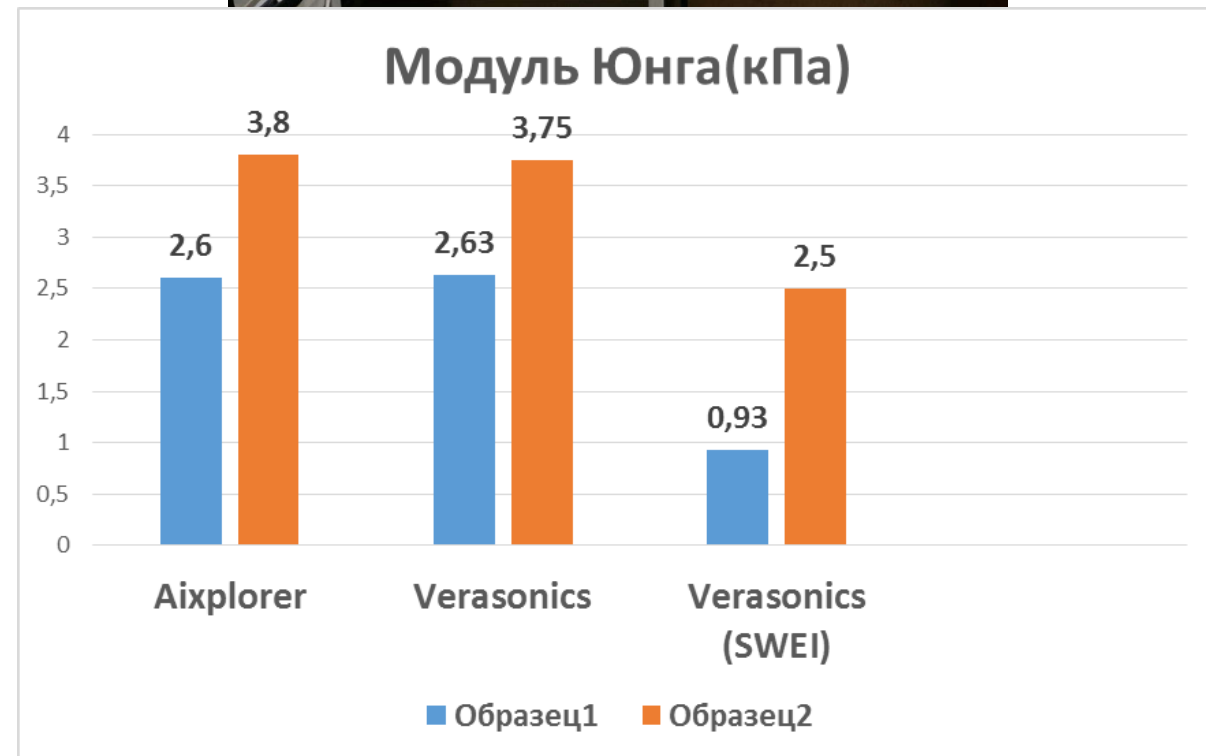
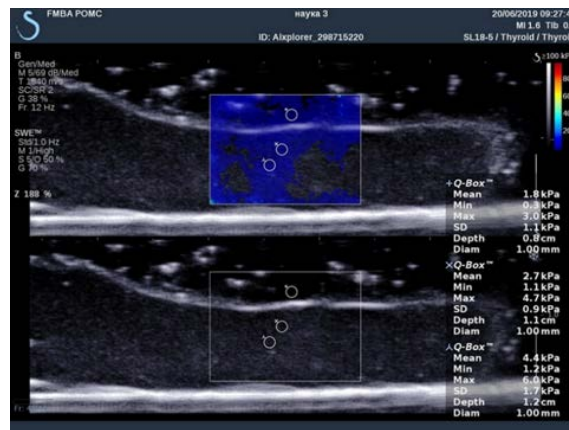
Образец 1



Образец 2



## Измерения в ННГУ на Verasonics



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из приведенных результатов видно что, вязкие включения, с одной стороны, коррелируют с упругими характеристиками (видно на примере образцов с гноем), хотя, с другой стороны, пример измерения сметановидных фантомов показывает, что требуются дополнительные исследования. В настоящее время активно ведутся работы по разработке методов и созданию новых видов диагностической аппаратуры, позволяющие измерить затухание и вязкость в мягких биологических тканях *in vivo*. Одним из способов такого решения является разработка дополнительного оборудования для уже существующих УЗ-томографов, которые позволяют во время работы методов эластографии сдвиговой волной измерять сдвиговое затухание. Такой подход, например, позволил увеличить достоверность определения стадии фиброза печени. Важна возможность непосредственного измерения сдвиговой вязкости и сопоставления её с модулем сдвига. Данные исследования проводятся в лаборатории «МедЛаб» кафедры акустики ННГУ им. Н.И. Лобачевского с использованием акустической системы Verasonics, на которой реализованы методы эластографии сдвиговой волной SWEI и SSI, что позволяет измерять сдвиговую вязкость и модуль сдвига мягких биологических тканей.