



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ *им. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО*  
Национальный исследовательский университет

**Опτικο-акустический метод  
регистрации динамики  
растворения наночастиц кремния  
при модулированном лазерном  
облучении**

**Студент: Бондаренко Алексей Николаевич**  
**Научный руководитель: Машкович Евгений  
Александрович**

# Использование наночастиц в медицине

## Терапевтические методы

## Диагностические методы

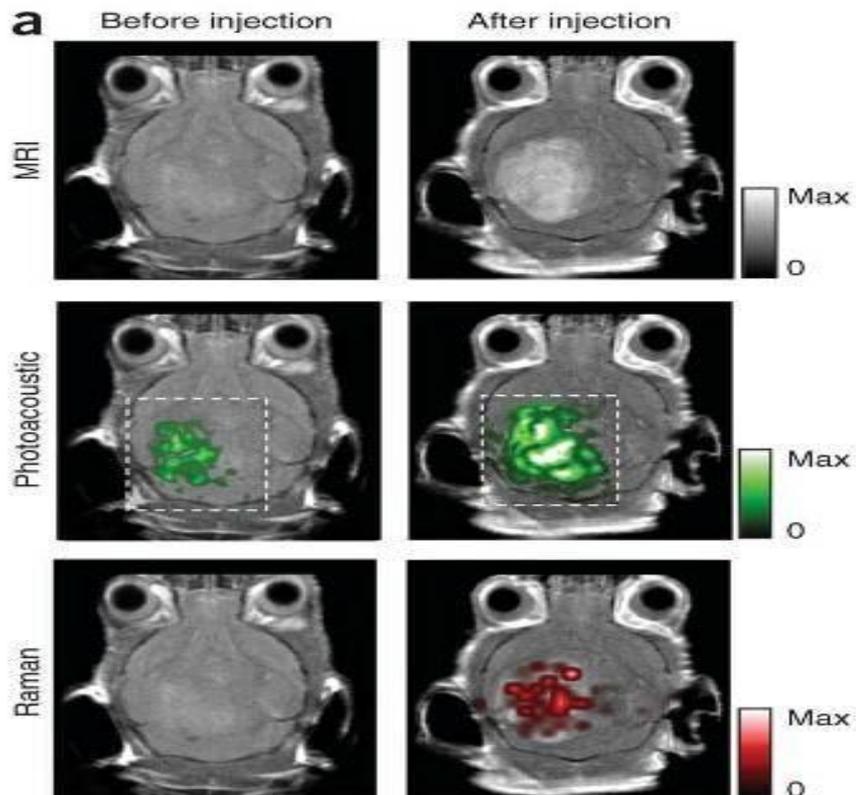
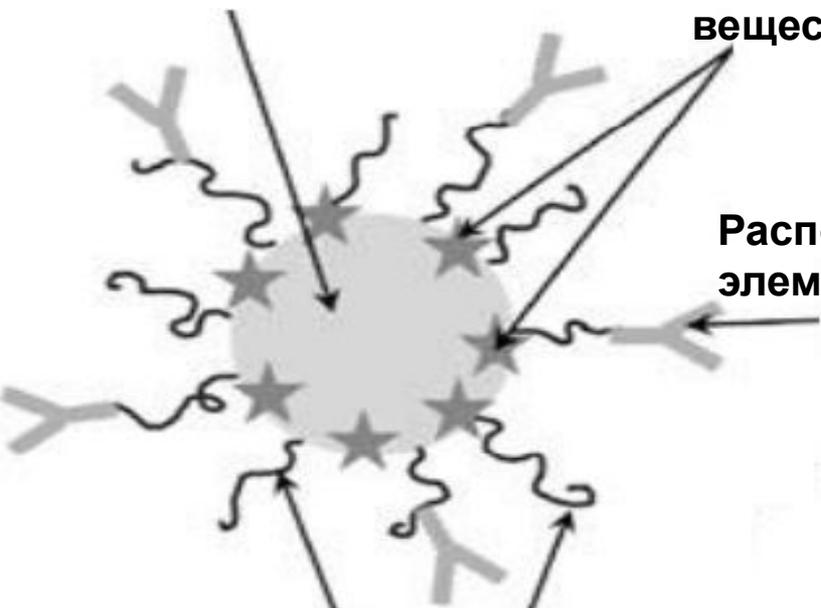
Активная адресная доставка      Пассивная адресная доставка

Наночастица-носитель

Лекарственное вещество

Распознающие элементы

Защитная оболочка





# Оптоакустика



**Модулированная  
оптоакустика**

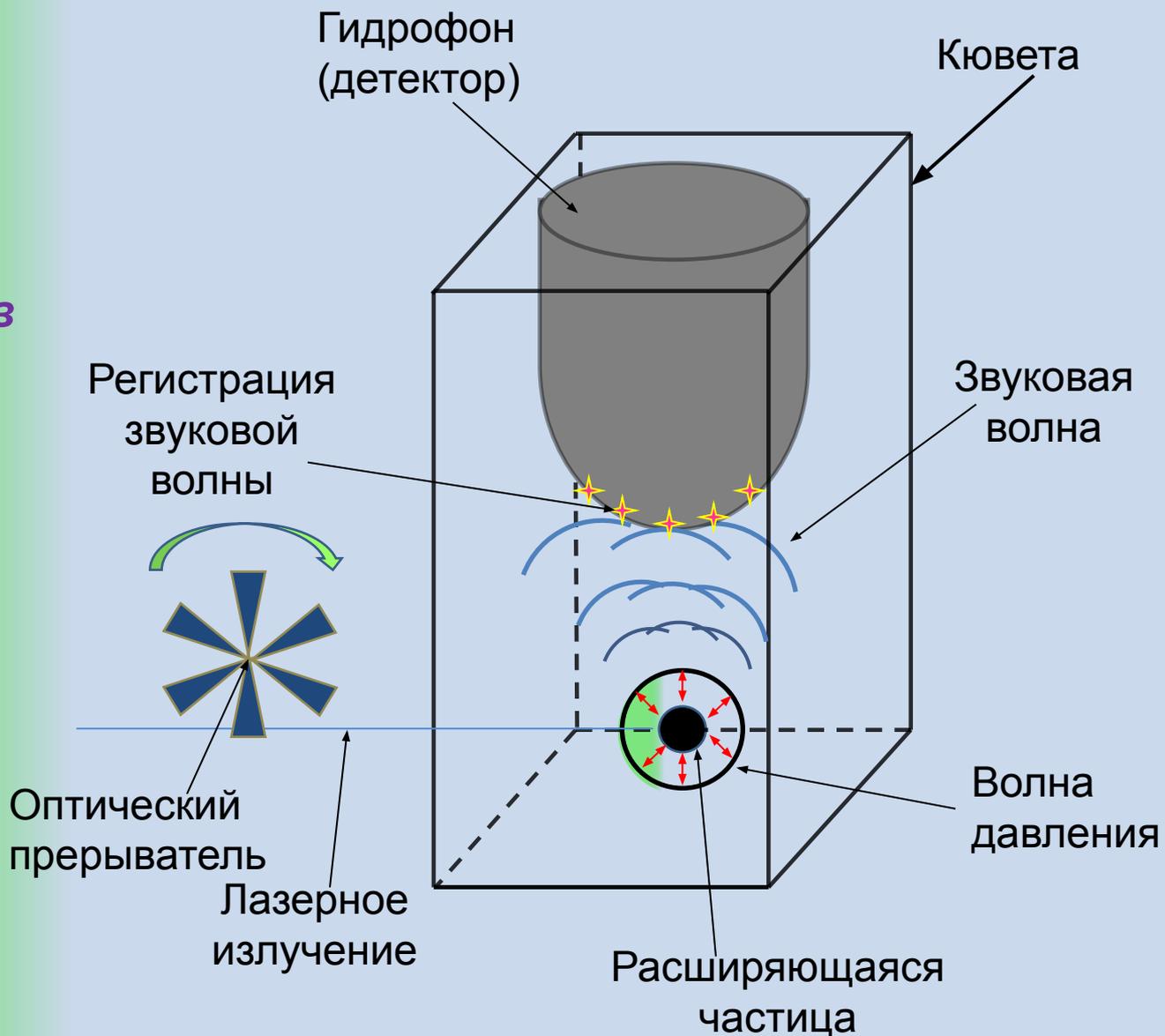


**Импульсная  
оптоакустика**

## Отличия методов:

- Непрерывный лазер
- Скважность примерно равна единицы
- Использование пьезокерамического резонансного датчика
- Синхронный приём на частоте модуляции
- Импульсный наносекундный лазер
- Большая скважность
- Использование широкополосного датчика
- Ширина полосы несколько МГц

# Модулированная оптоакустика



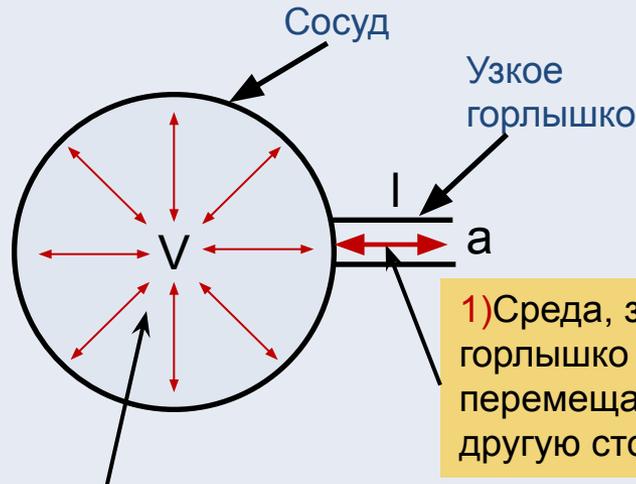
# Резонатор Гельмгольца

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{Vl}}$$

**c** – скорость звука в образце  
**l** – длина горлышка  
**a** – площадь сечения  
**V** – объем сосуда

а) детектор на дне кюветы.

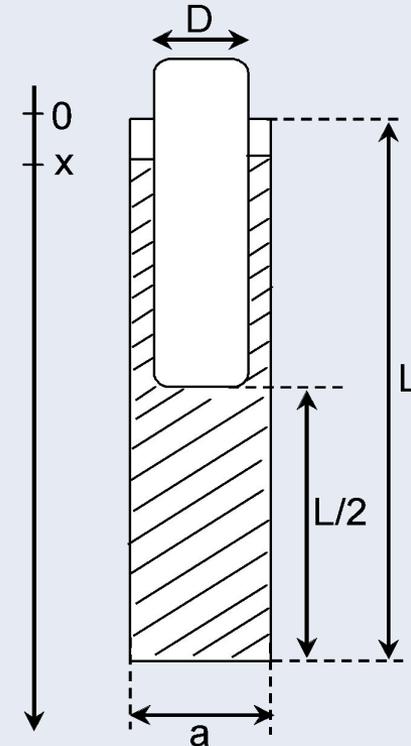
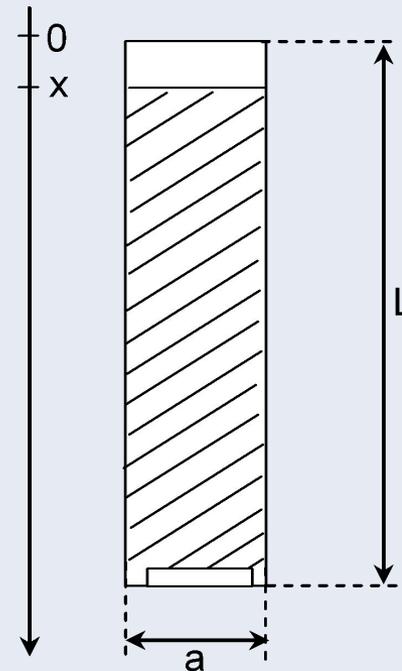
б) детектор в кювете.



1) Среда, заполняющая горлышко начинает перемещаться в одну и другую сторону

2) Из-за перемещения среды в горлышке, среда в сосуде испытывает сжатие и разрежение, тем самым изменяя давление

3) Разность давлений на концах горлышка (атмосферное и внутреннее) и узость горлышка приводят к увеличению скорости среды внутри горлышка.



$$f = \frac{c}{2\pi} * \frac{1}{L-x}$$

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a^2 - \pi D^2 / 4}{a^2 \frac{L}{2} \left( \frac{L}{2} - x \right)}}$$

$$V_{\text{сосуда}} \gg V_{\text{горлышка}}$$

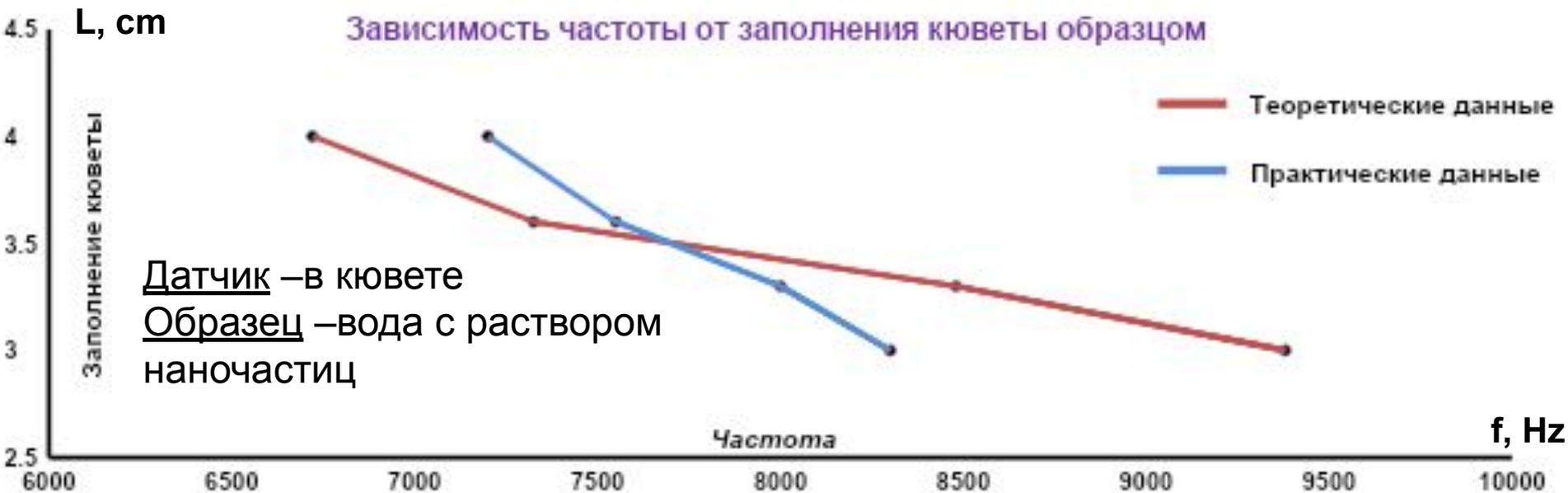
$$l > a$$

**УСЛОВИЯ:**

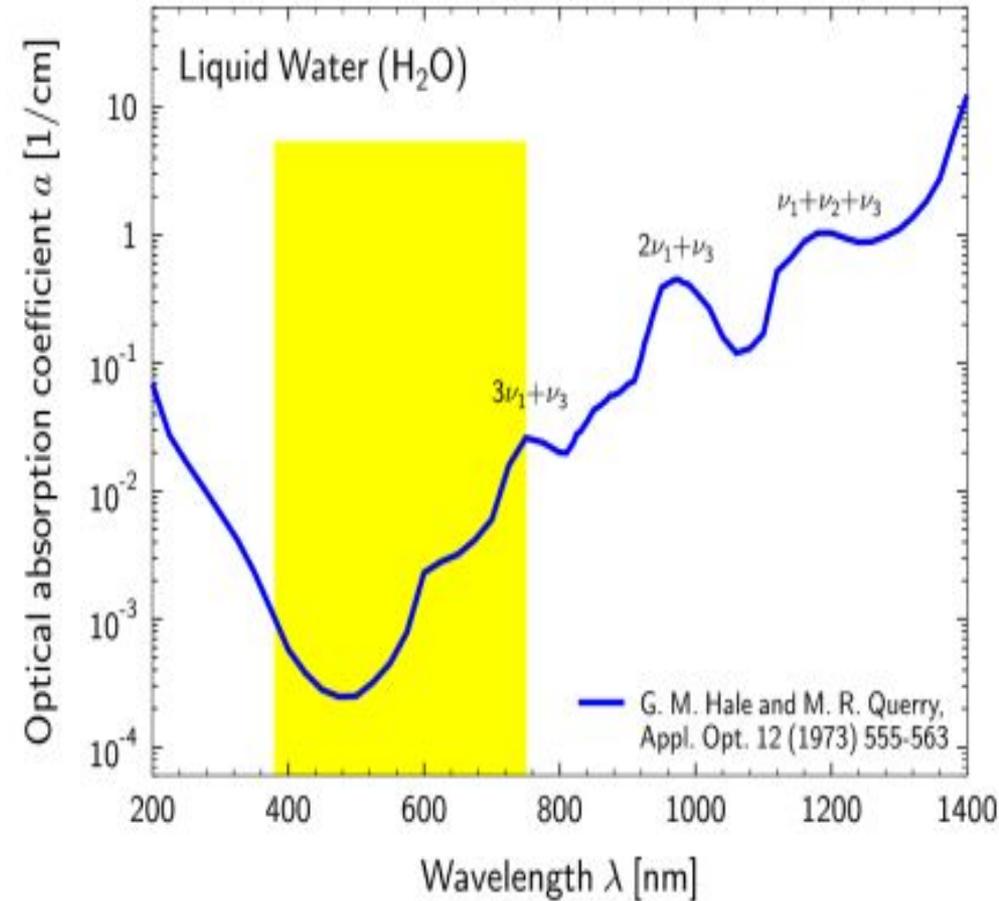
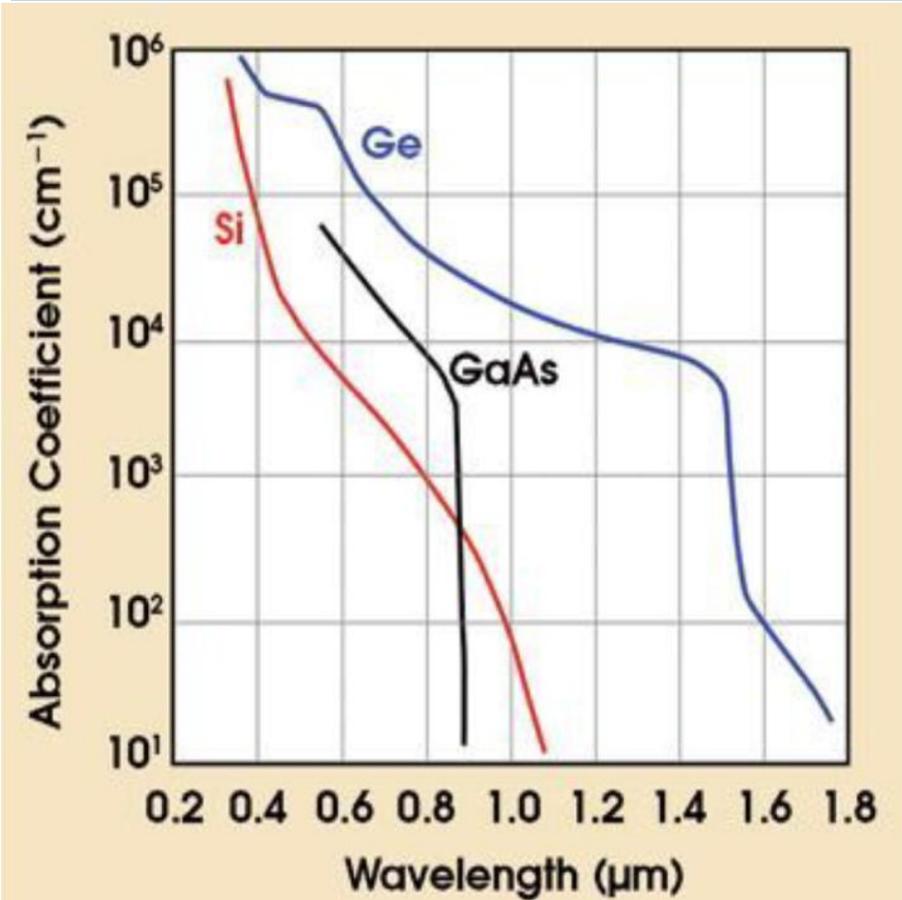
### Зависимость частоты от амплитуды сигнала



### Зависимость частоты от заполнения кюветы образцом



# Выбор лазера при CW оптоакустике



В эксперименте был использован CW лазер с длиной волны 445 нм.

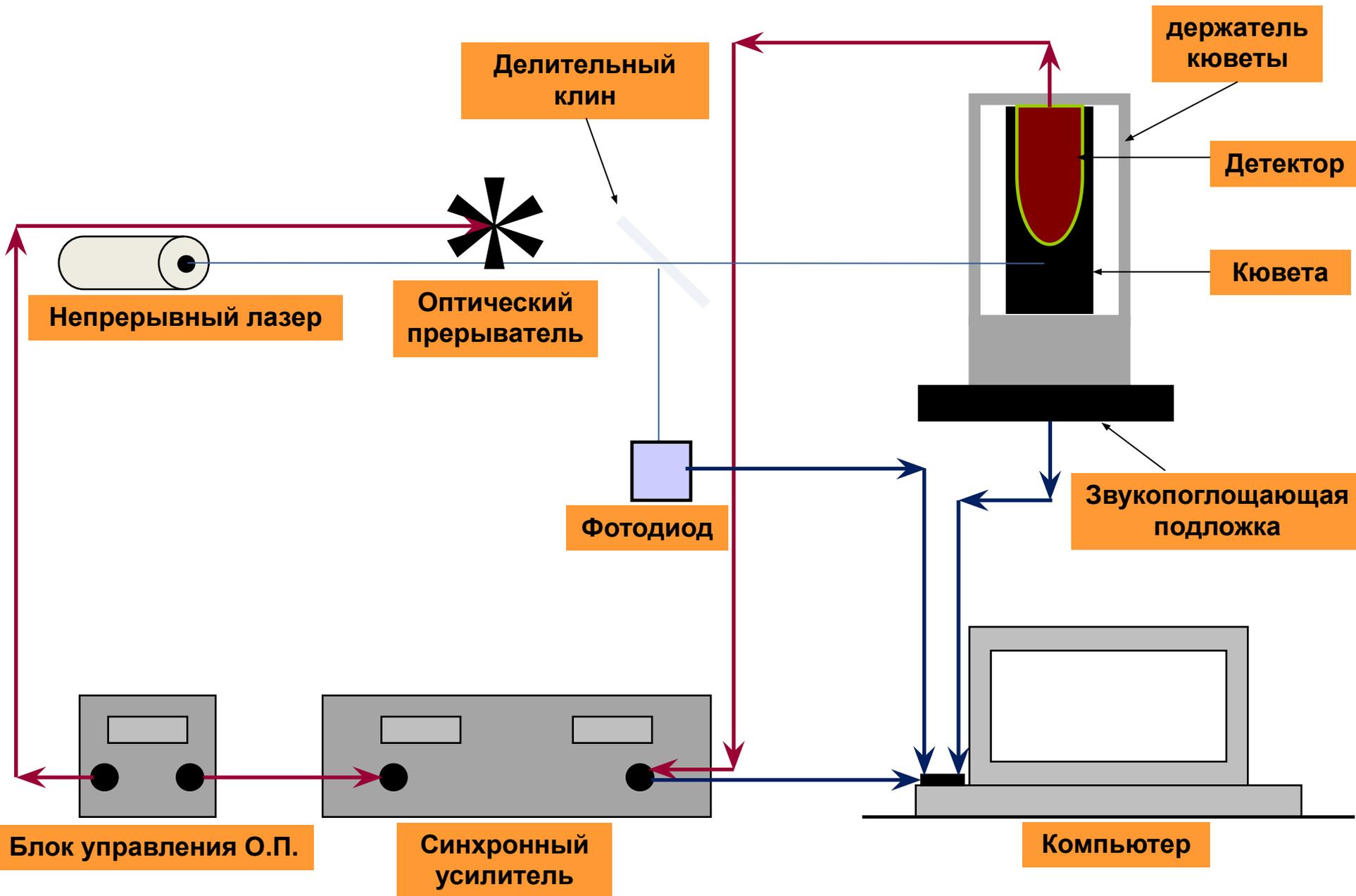
380 нм: H<sub>2</sub>O/Ge – 6·10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si – 10<sup>-7</sup>

445 нм: H<sub>2</sub>O/Ge – 10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si – 2·10<sup>-7</sup>

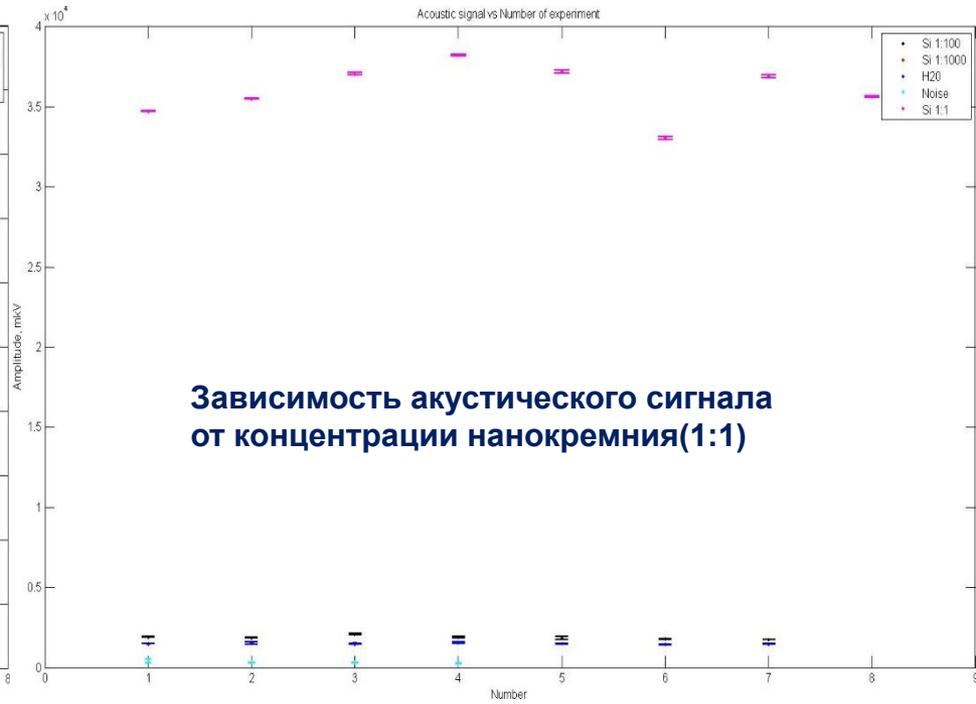
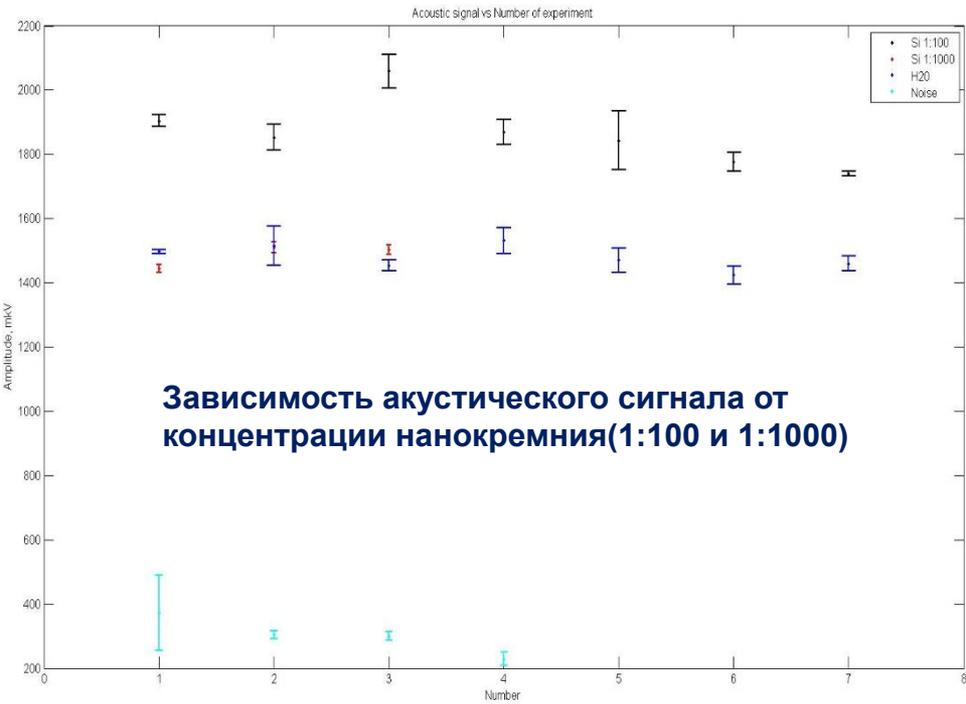
532 нм: H<sub>2</sub>O/Ge – 10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si – 4·10<sup>-7</sup>

800 нм: H<sub>2</sub>O/Ge – 10<sup>-5</sup>; H<sub>2</sub>O /Si – 5·10<sup>-4</sup>

# Схема модулированной оптоакустики

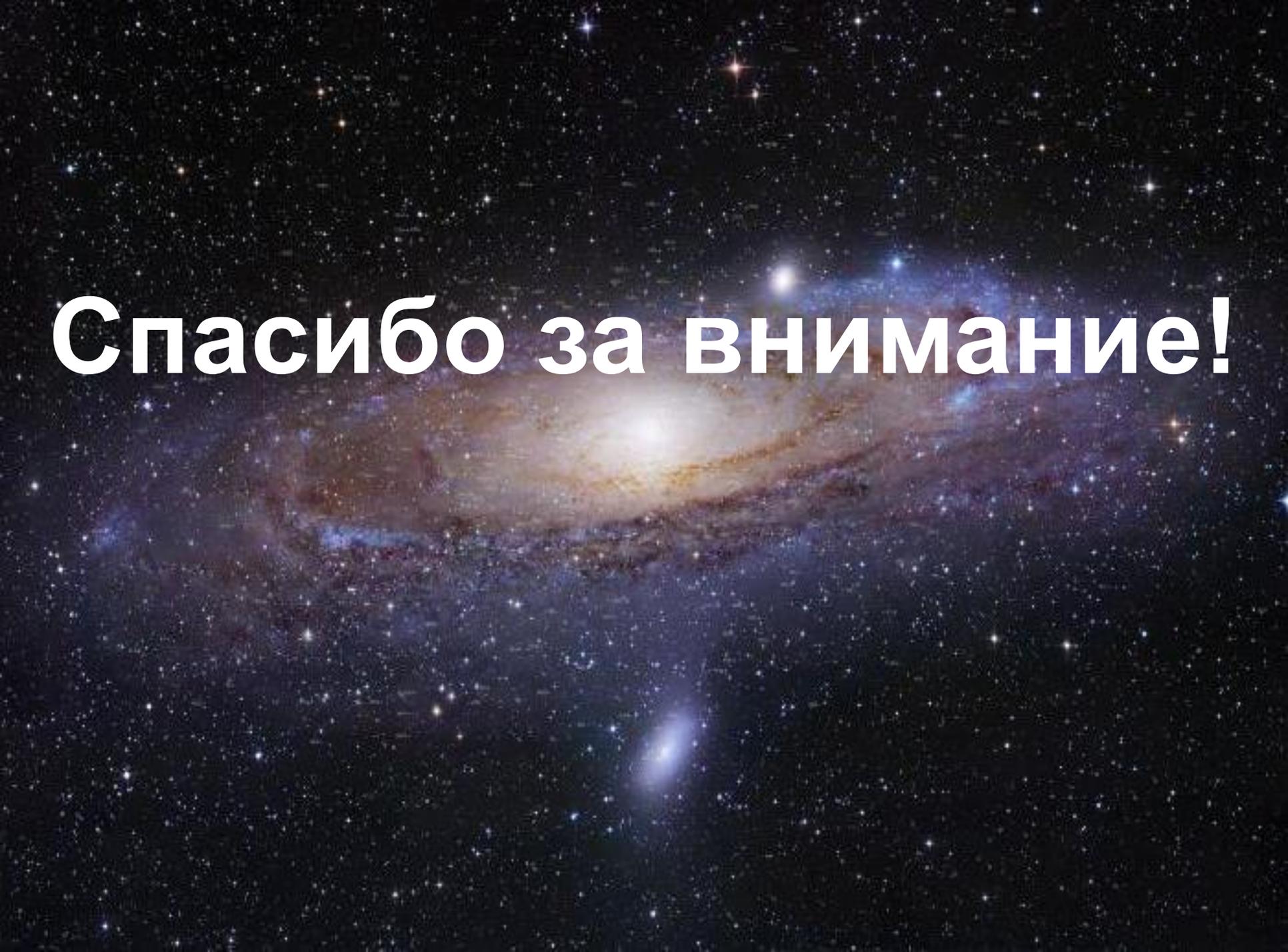


# Предварительные эксперименты



# Выводы

- Был освоен способ измерения концентрации суспензии вещества с помощью метода модулированной оптоакустики.
- Изучена зависимость акустического сигнала от частоты модуляции.
- Проведено сравнение полученных результатов с теоретической моделью.
- Выявлено, что уровень жидкости в кювете сильно влияет на акустический сигнал.
- Начата подготовка программного комплекса для одновременного снятия акустического сигнала, температуры кюветы и мощности лазера.



**Спасибо за внимание!**