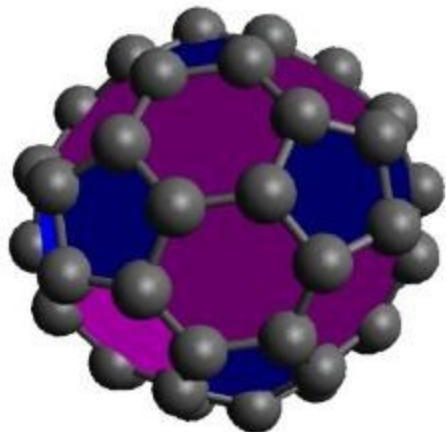


# **Метод получения фуллерита (карбида) меди и анализ его структурных свойств**

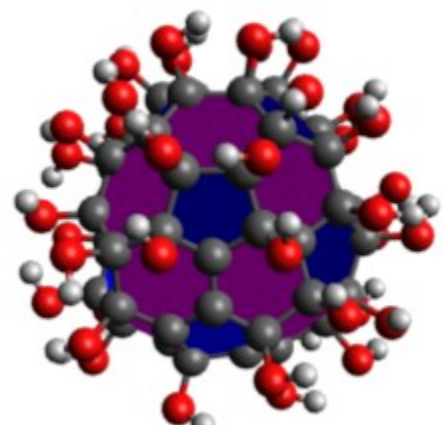
Магистерская диссертация студента 63602/3 группы

Зарафутдинова Руслана

Научный руководитель: к.т.н. Герасимов Виктор Иванович



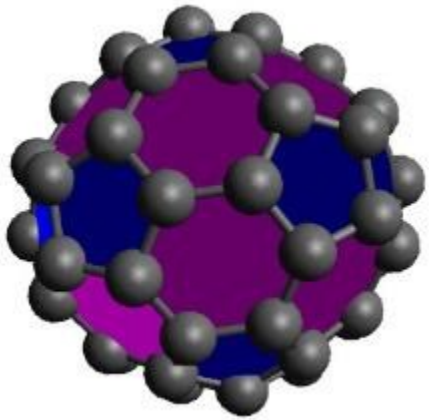
Фуллерен – молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа атомов углерода.



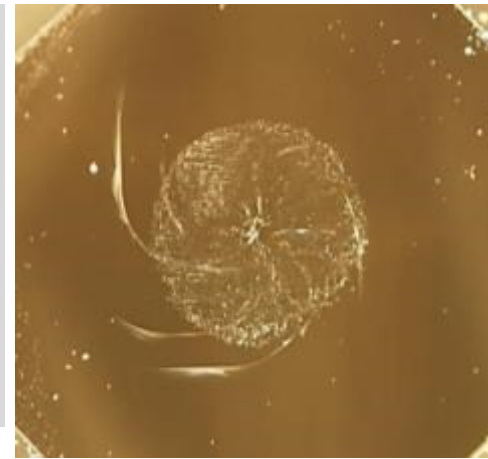
Фуллеренол – водорастворимая форма фуллерена, с посаженными на его поверхность ОН группами.



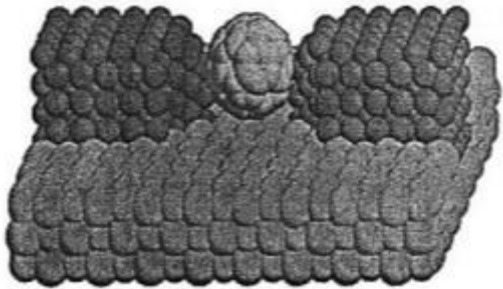
Фуллерит – молекулярный кристалл, в узлах решетки которого располагаются молекулы фуллерена.



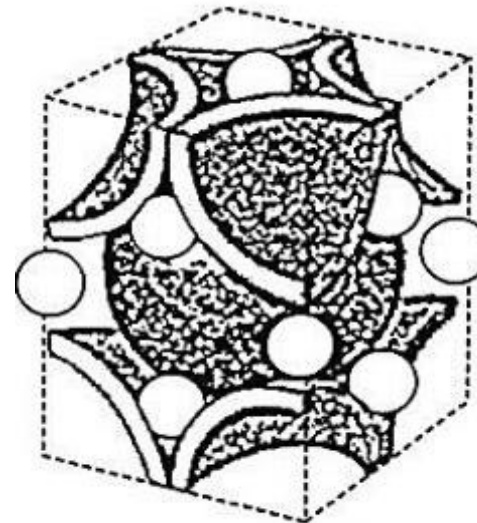
- За открытие фуллеренов физикам Р. Смоли, Х. Крото и Р. Керлу в 1996 году была присуждена Нобелевская премия.



- Царапины от образца фуллерита на алмазном пуансоне.

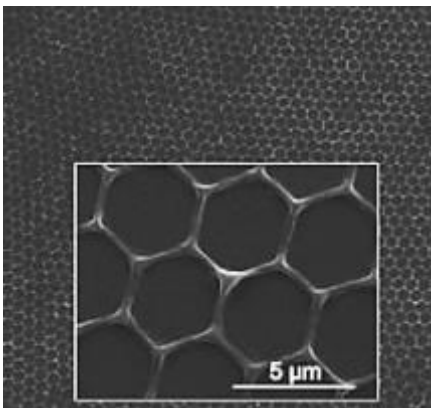


- Схема молекулярного транзистора на основе фуллерена.



- Строение ячейки интеркалированного фуллерена.

$A_3C_{60}$ , ГЦК



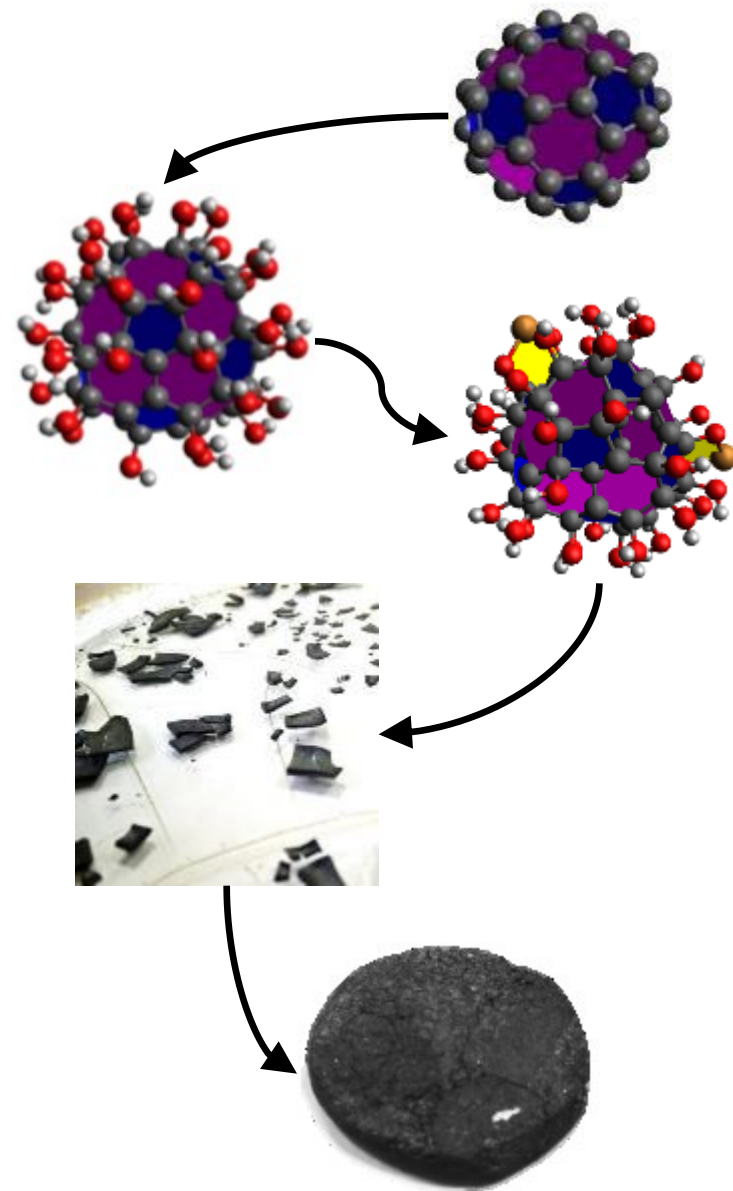
- Прозрачный солнечный элемент – фуллерен с полимером.

## Цели работы:

- Получение фуллерита меди
- Исследование свойств нового вещества

## Задачи работы:

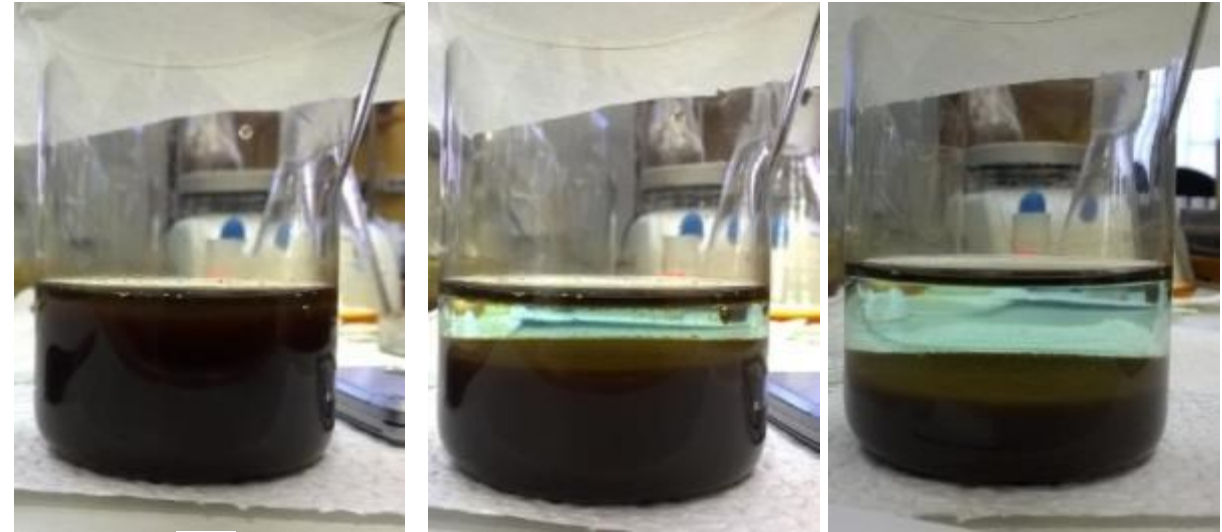
- Разработка методики проведения эксперимента
- Синтез нового вещества
- Получение образцов конечного продукта
- Анализ свойств образцов фуллерита меди



# Эксперимент 1



Реакция в ускоренной съемке (x4)



1

2

3

Процесс выпадения осадка.

1 – непосредственно после смешивания. 2 – через 1.5  
часа 3 – через 5 часов

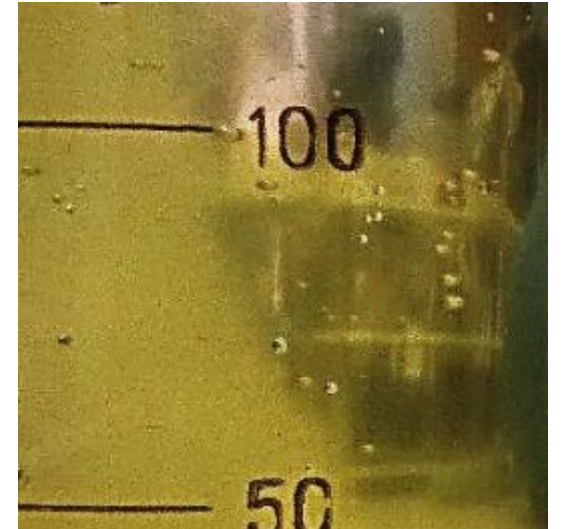


# Эксперимент 2

- Осадок нерастворим в воде и органических растворителях.
- Размер чешуек зависит от плотности высушиваемого раствора и колеблется от 1 до 9мм.
- При дроблении получается гомогенный черный порошок, не растворимый в воде и органическом растворителе.



Высушенный осадок



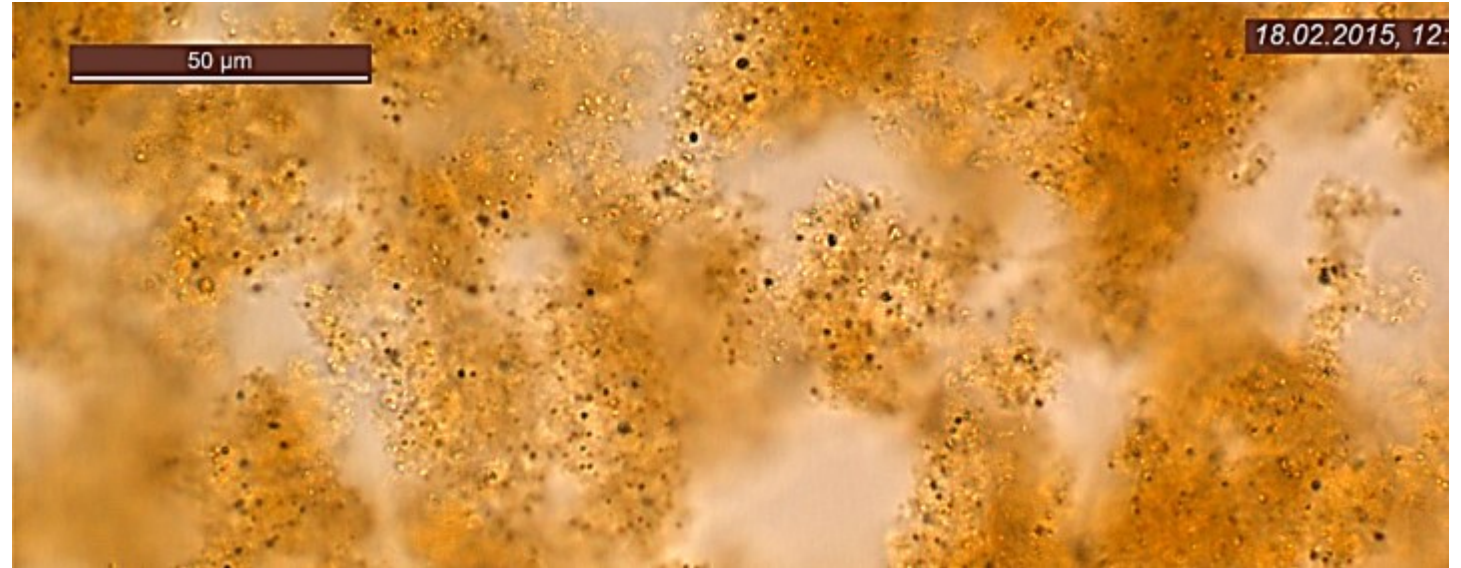
Выделение газа



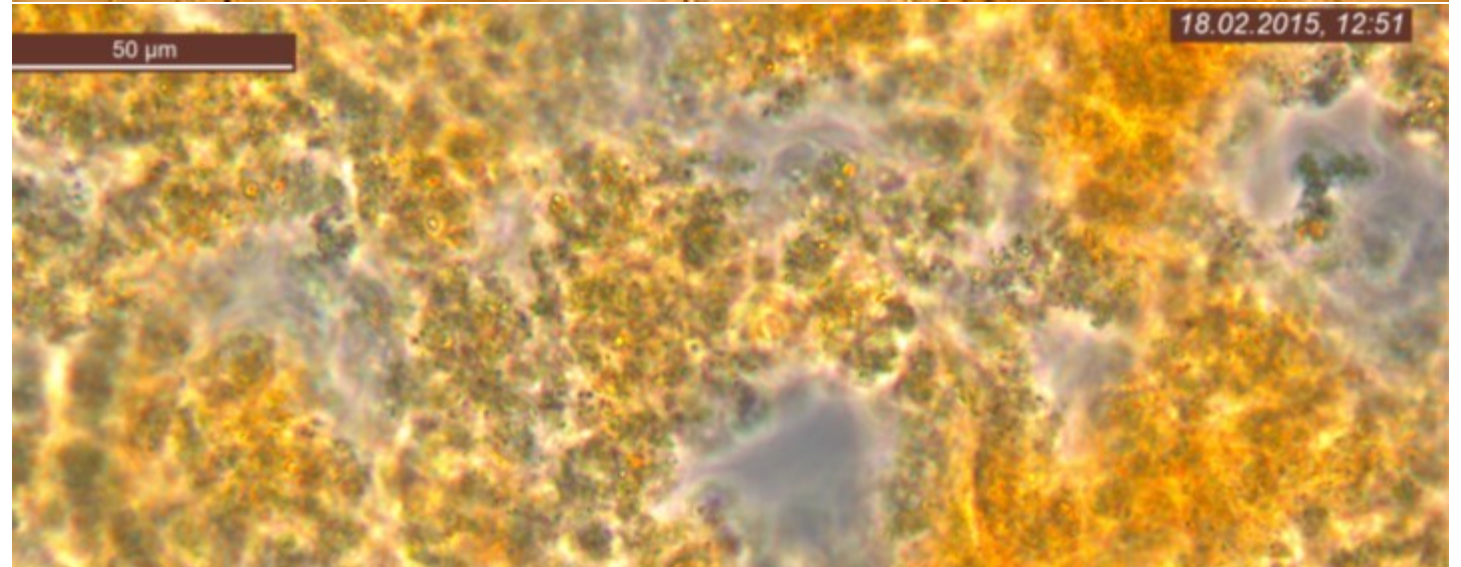
Сбор газа

# Фазово-контрастная интерференционная световая микроскопия 1

Осадок в световом поле

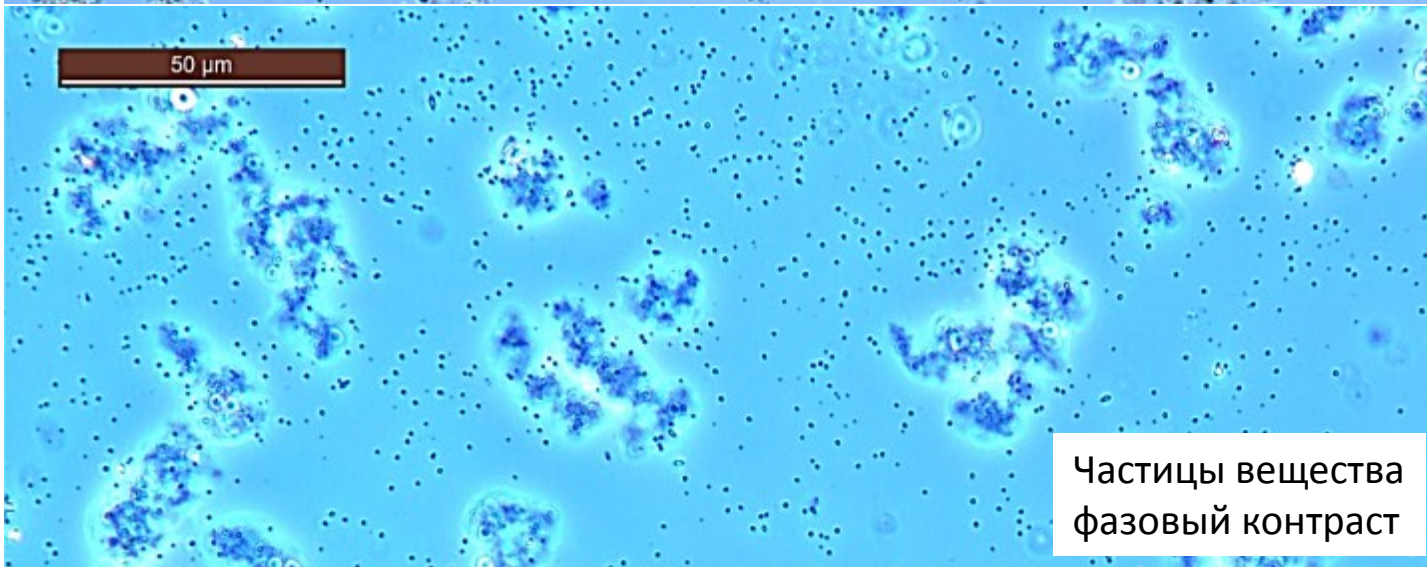
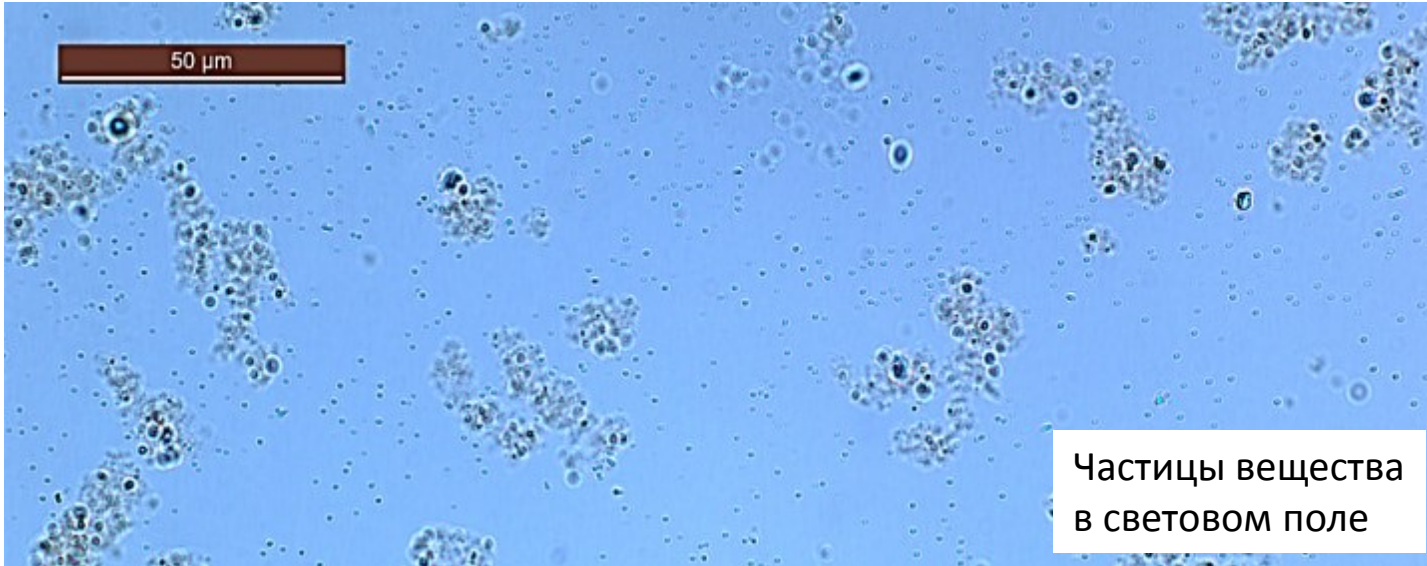


Осадок фазовый контраст



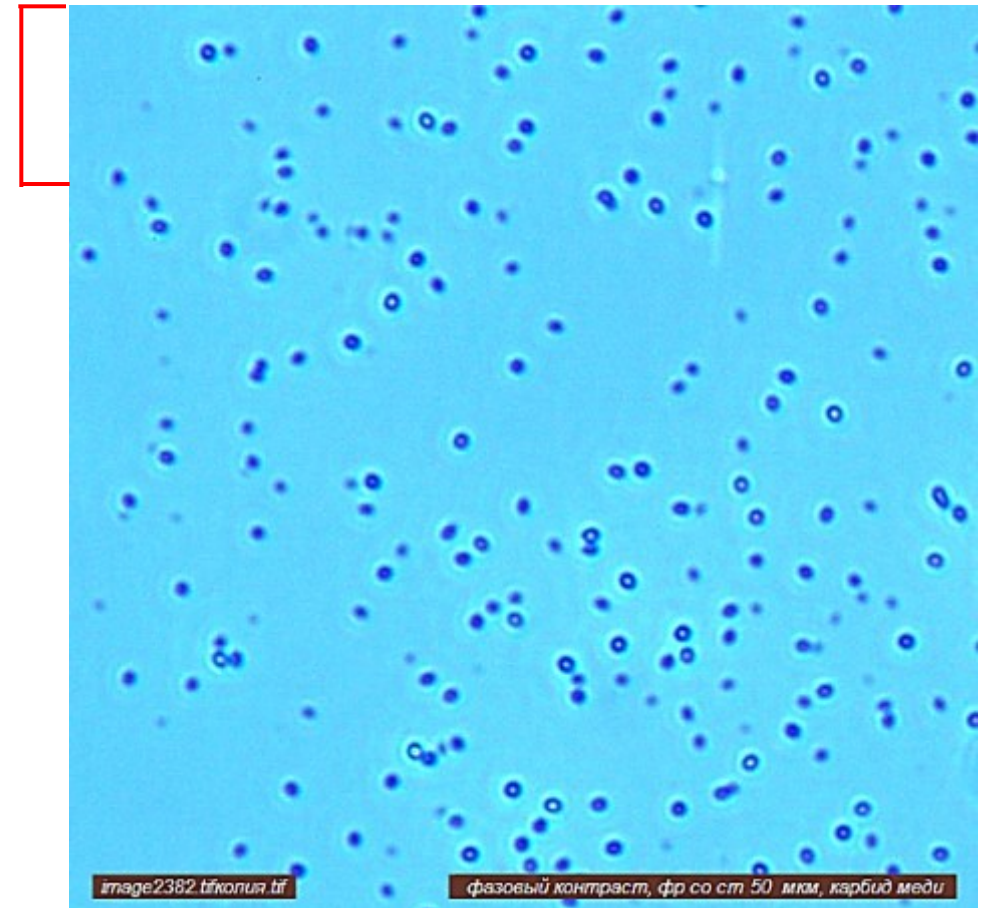


# Фазово-контрастная интерференционная световая микроскопия 2



10мкм

Увеличенное изображение





# Химический анализ

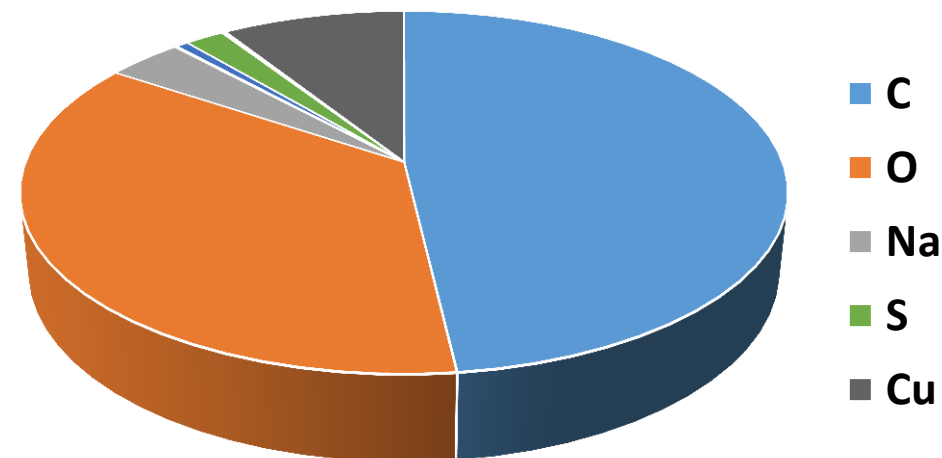
| Элемент | Весовой % порошок | Весовой % Спеченный образец | Ср. Кв. отклонение % |
|---------|-------------------|-----------------------------|----------------------|
| C       | 49,54             | 84,9                        | 0,09                 |
| O       | 37,66             | -                           | 0,14                 |
| Na      | 0,75              | -                           | 0,04                 |
| S       | 1,94              | -                           | 0,02                 |
| Ca      | 0,07              | -                           | 0,01                 |
| Cu      | 10,04             | 15,1                        | 0,07                 |
| Сумма   | 100               | 100                         | -                    |

Количество атомов в конечном продукте при пересчете на одну молекулу фуллерена (60 атомов C):

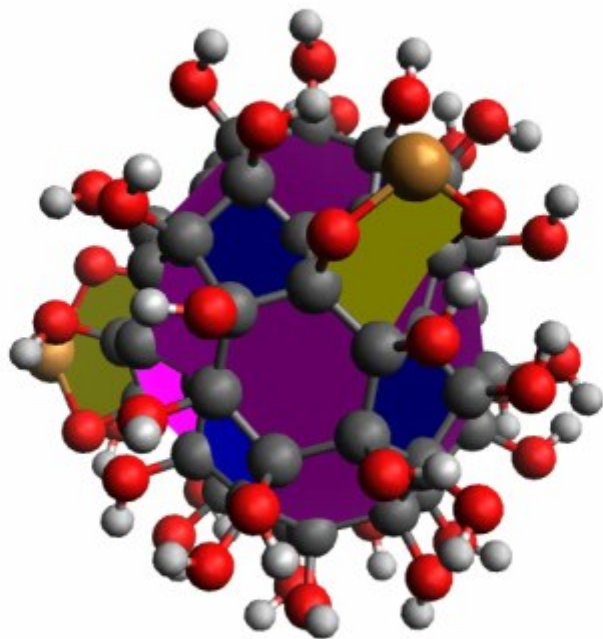
Углерод – 60.12 шт.

Кислорода – 33.94 шт.

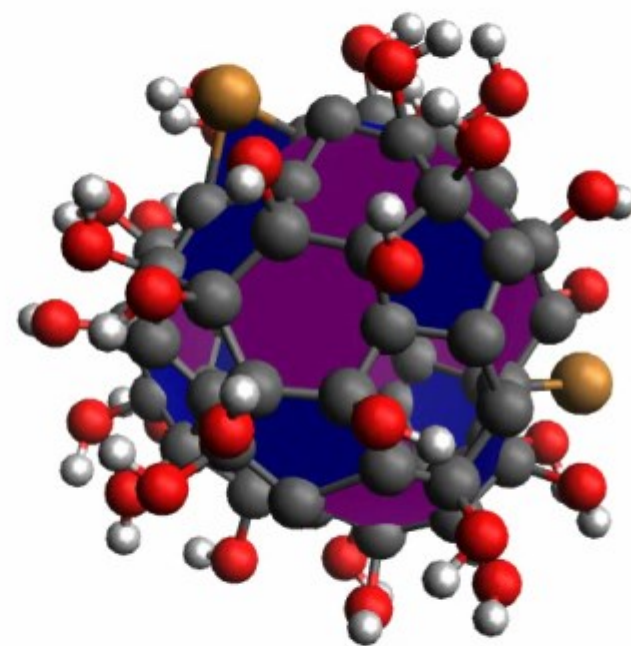
Медь – 2.13 шт.



# Вероятные модели фуллеренита меди



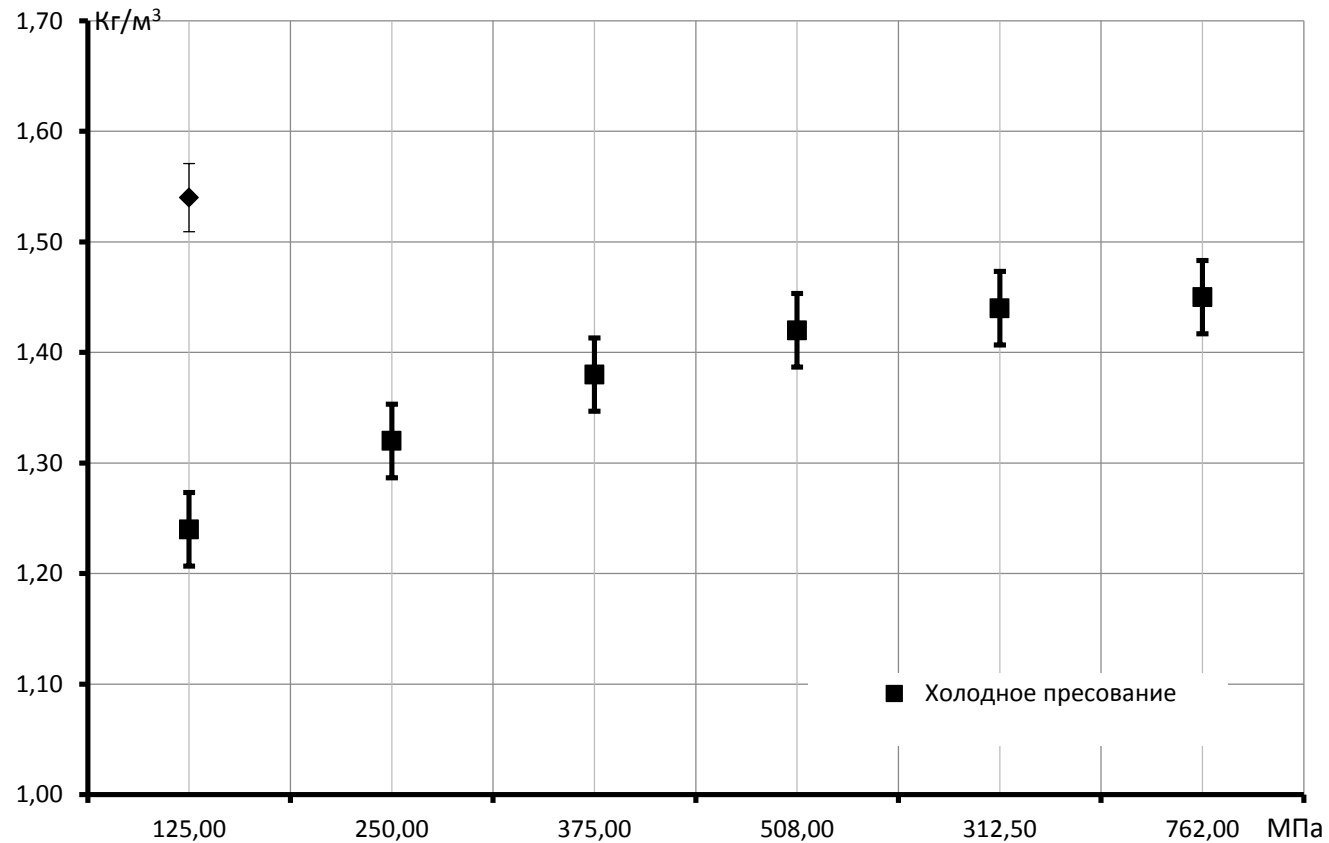
Модель фуллеренола меди с кислородным мостом



Модель фуллеренола меди без кислородного моста

# Спекание образцов

| №                                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    |
|---------------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Температура спекания °С               | -    | -    | -    | -    | -     | -    | 900  |
| Давление для холодного пресования МПа | 125  | 250  | 375  | 508  | 312.5 | 762  | -    |
| Плотность г/мм <sup>3</sup>           | 1.24 | 1.32 | 1.38 | 1.42 | 1.44  | 1.45 | 1.54 |



Образец, полученный холодным пресованием.

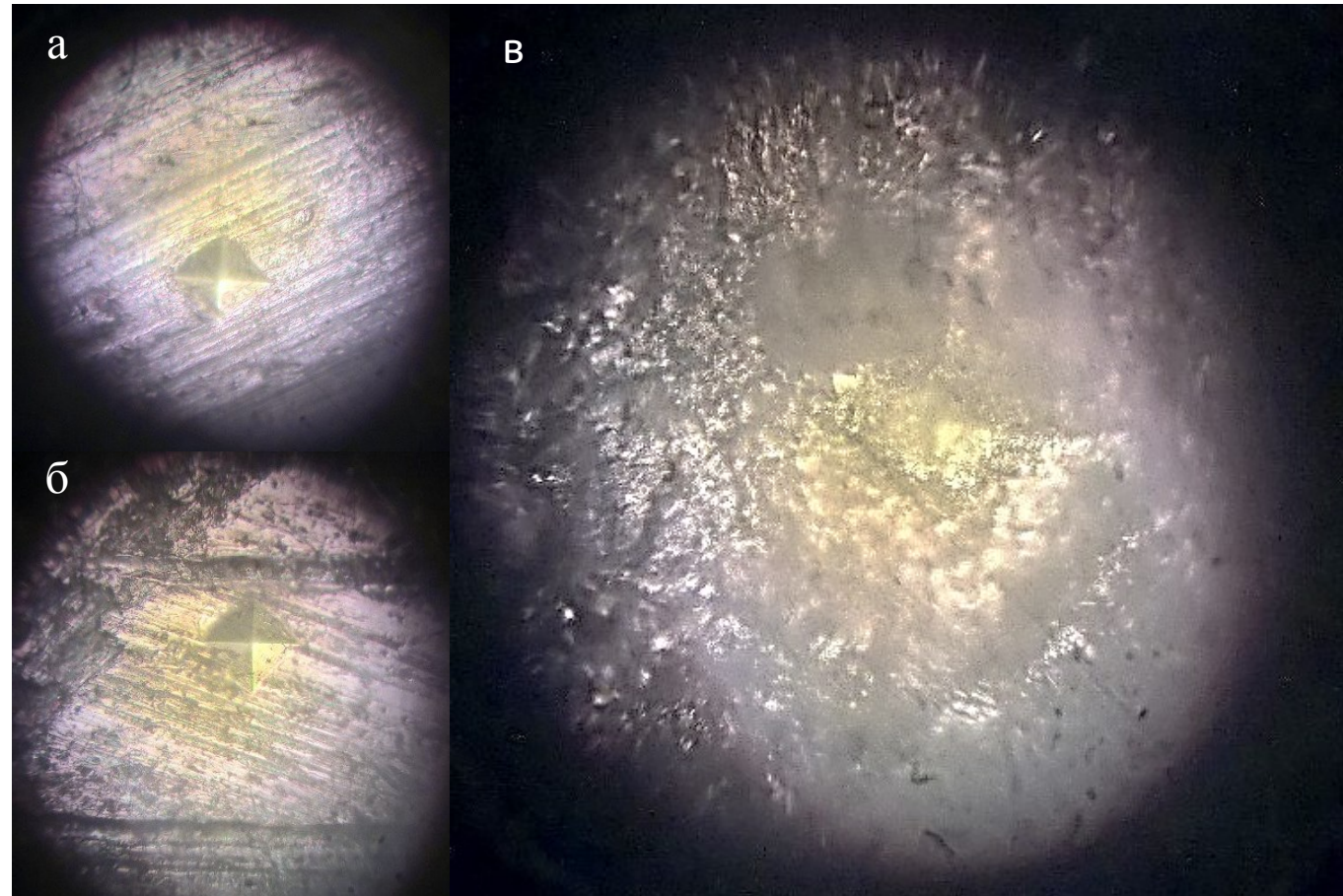


Образец, полученный горячим вакуумным спеканием.



# Твердость

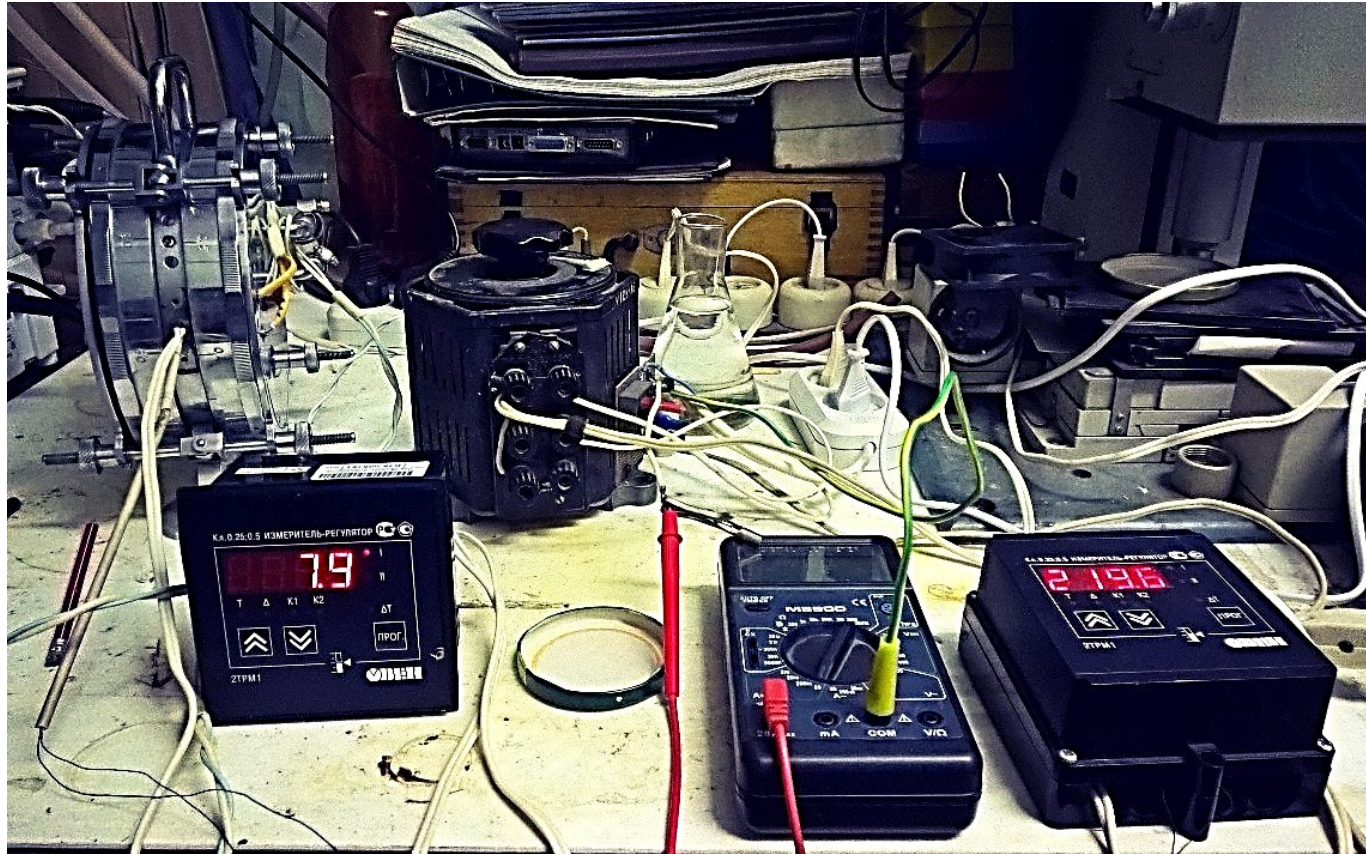
|                  | Диагональ отпечатка мкм | Нагрузка г. | Твердость Кг/мм <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------------|-------------|------------------------------|
| Фуллерит меди    | 39,6                    | 200         | 236,50648                    |
| Образец стали    | 38,4                    | 200         | 251,5191                     |
| Образец алюминия | 90                      | 200         | 45,787654                    |



Изображение отпечатка индентора  
а – алюминий, б – сталь, в – фуллерит меди

# Теплопроводность 1

Измерялась Калориметрическим методом при помощи дифференциального бикалориметра.



Установка для измерения теплопроводности

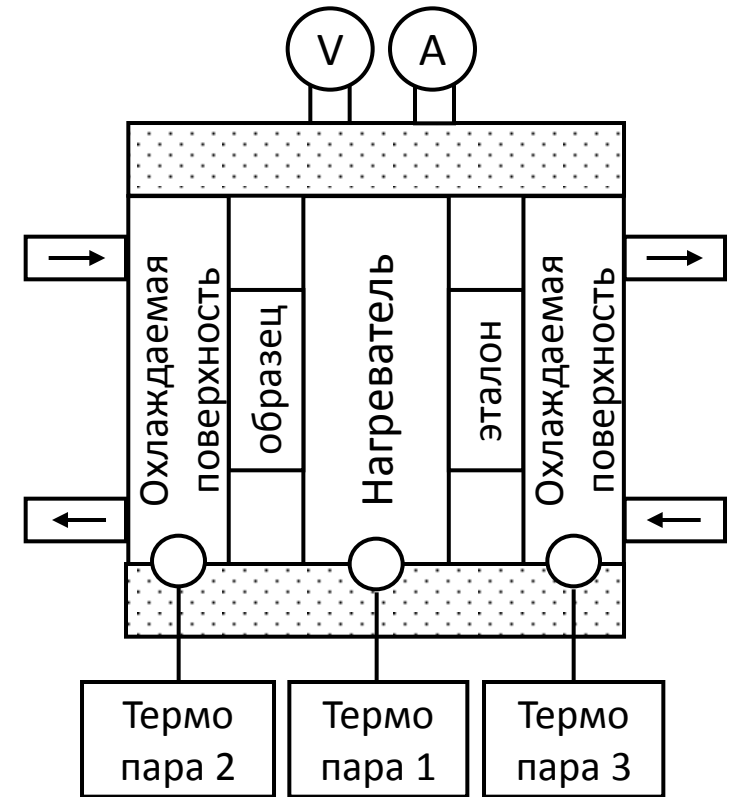
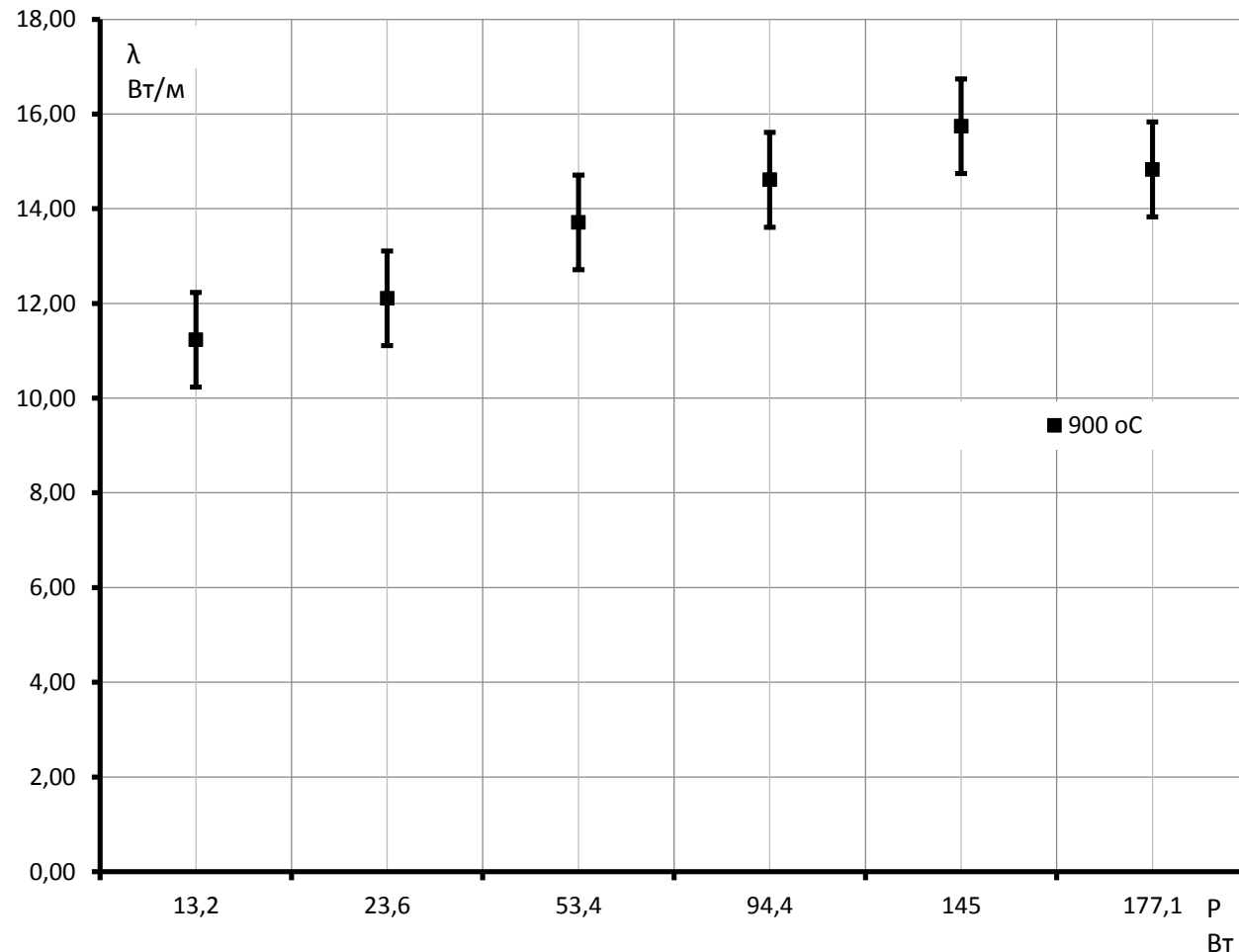


Схема установки



# Теплопроводность 2

| Ток нагревателя А | Мощность нагревателя Вт | Температура нагревателя °С | Температура образца °С | Температура эталона °С | Коэффициент теплопроводности Вт/м |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 0,44              | 13,2                    | 29,20                      | 7,30                   | 6,80                   | 11,23285                          |
| 0,59              | 23,6                    | 50,60                      | 6,90                   | 6,20                   | 12,10737                          |
| 0,89              | 53,4                    | 84,20                      | 7,00                   | 6,10                   | 13,71331                          |
| 1,18              | 94,4                    | 141,30                     | 7,10                   | 6,10                   | 14,61002                          |
| 1,45              | 145                     | 192,70                     | 7,50                   | 6,20                   | 15,74376                          |
| 1,61              | 177,1                   | 224,30                     | 8,00                   | 6,40                   | 14,82964                          |



Теплопроводность образца в зависимости от мощности нагревателя





# Сопротивление образца и его зависимость от температуры 2

| Температура образца<br>°C | Сопротивление<br>образца Ом |
|---------------------------|-----------------------------|
| -14,00                    | 3,92                        |
| 22,60                     | 4,92                        |
| 40,00                     | 5,12                        |
| 60,00                     | 5,43                        |
| 80,00                     | 5,58                        |
| 100,00                    | 5,66                        |
| 120,00                    | 5,72                        |
| 140,00                    | 5,75                        |

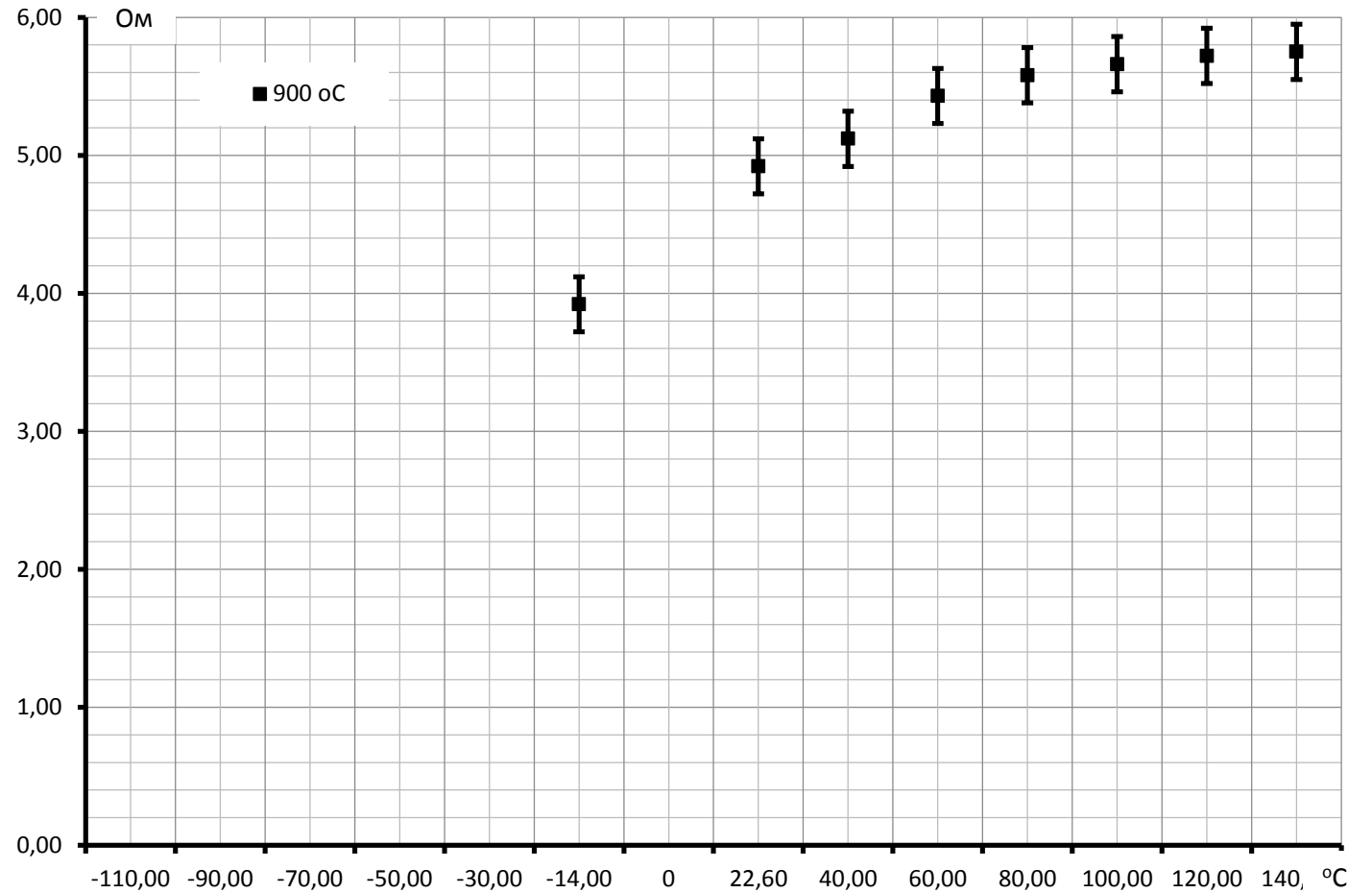


График зависимости сопротивления от температуры

# Классификация фуллерита меди

## Металлоподобные карбиды

- не разлагаются водой
- проводят ток
- медь – металл
- включают любую связь (ионную ковалентную металлическую)

## Фуллерен интеркалированный медью

- стехиометрия
- потенциально сверхпроводники

## Фуллериты

- стехиометрия
- структура - аморфный фуллерит



# Заключение

- В работе был изучен метод синтеза нового вещества фуллерита меди.
- Были изучены некоторые свойства нового вещества.
- Твердость и химическая стойкость полученных образцов позволяет говорить об отсутствии ограничений с этой стороны для технического использования вещества в электронной и прочей промышленности.
- Зависимость сопротивления от температуры делает материал перспективным для исследований в области высокотемпературной сверхпроводимости.
- Несмотря на увеличение способности рассеивать тепло, относительно низкая теплопроводность может стать причиной ограничений для использования материала в высоковольтной электронике.