



Национальный исследовательский  
**Томский государственный университет**

# СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ МЕДИ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

Работу выполнила:

Гончарова Д. А.

Научный руководитель:

доцент, к.ф.-м.

Светличный В. А.

# Применение

## Биомедицина:

- Антибактериальные и бактериостатические материалы;
- Бицидные добавки.

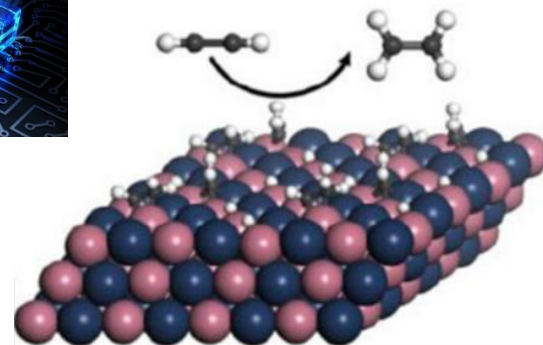
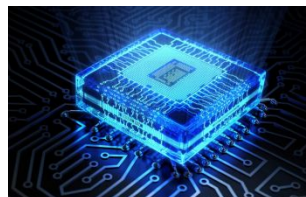
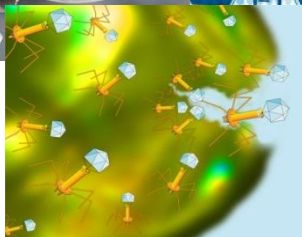
## Оптоэлектроника:

- Газовые датчики;
- Миниатюрные устройства.

## Катализ:

- Гетерогенные и нанесенные катализаторы;
- Фотокатализаторы.

## Медьсодержащие НЧ

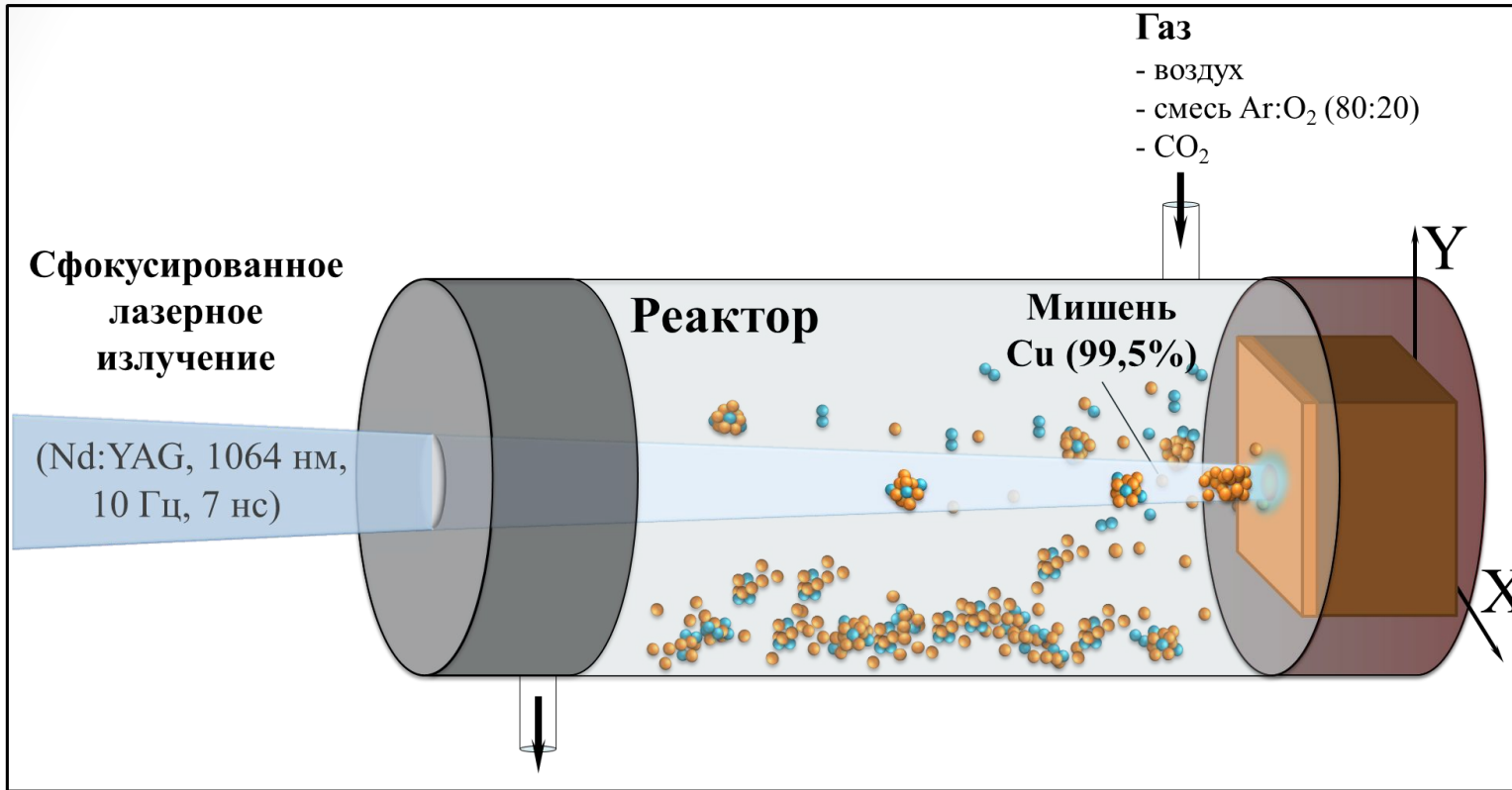


**Цель работы:** Получение медьсодержащих наночастиц меди с заданными характеристиками методом импульсной лазерной абляции в газовой среде.

## Задачи

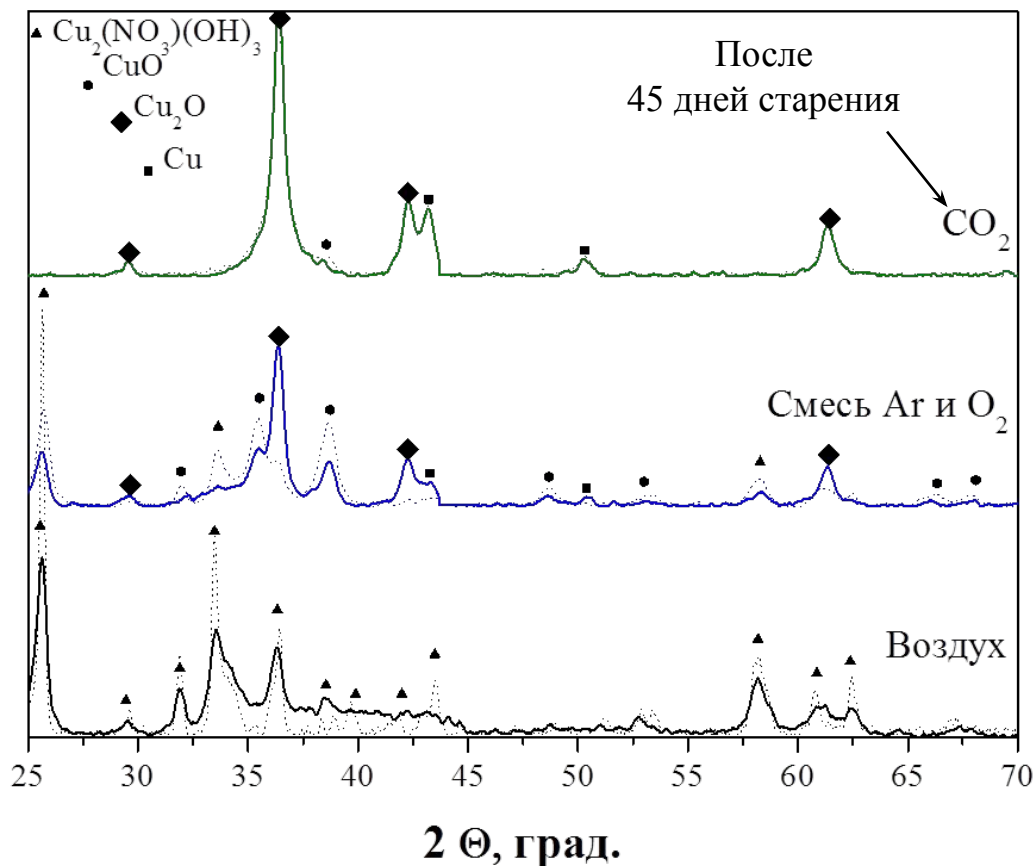
- Получение наночастиц импульсной лазерной абляцией меди в газовой среде (воздух, смесь Ar:O<sub>2</sub> (80:20), CO<sub>2</sub>);
- Исследование влияния состава реакционной среды на фазовый состав, строение и свойства, полученных наночастиц.

# Синтез исследуемых материалов



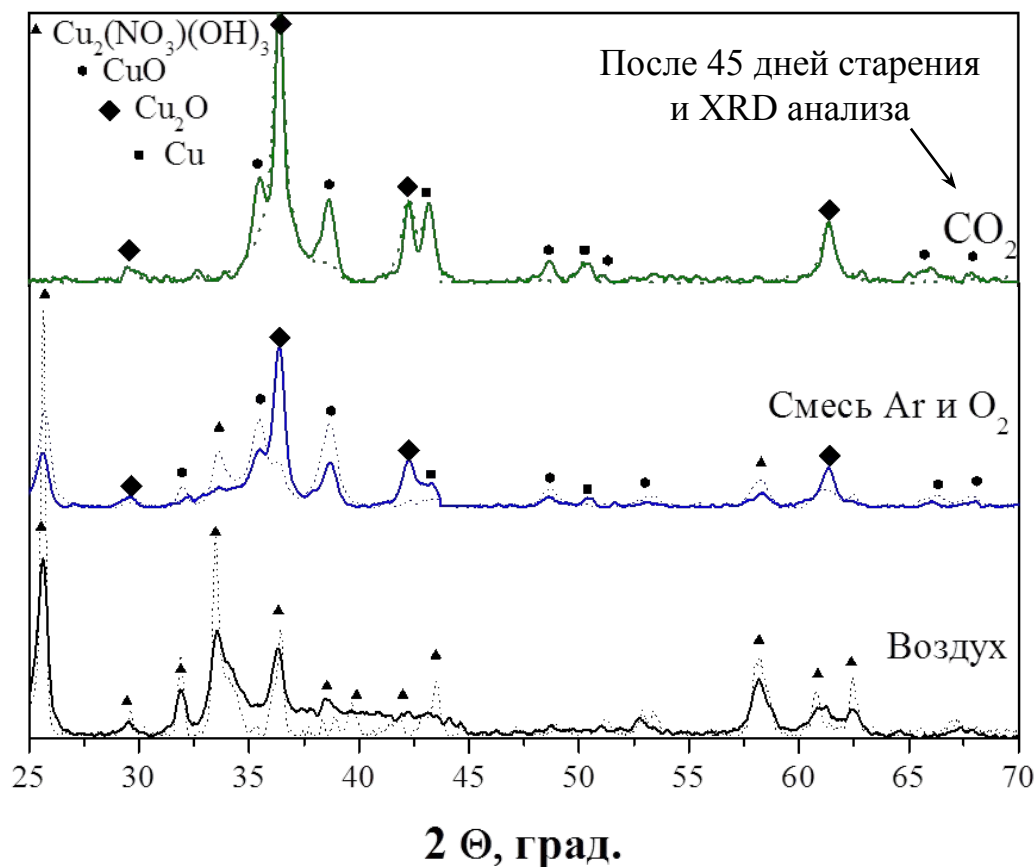
*Схема установки для получения НЧ ИЛА в газе*

# Исследование фазового состава нанопорошков



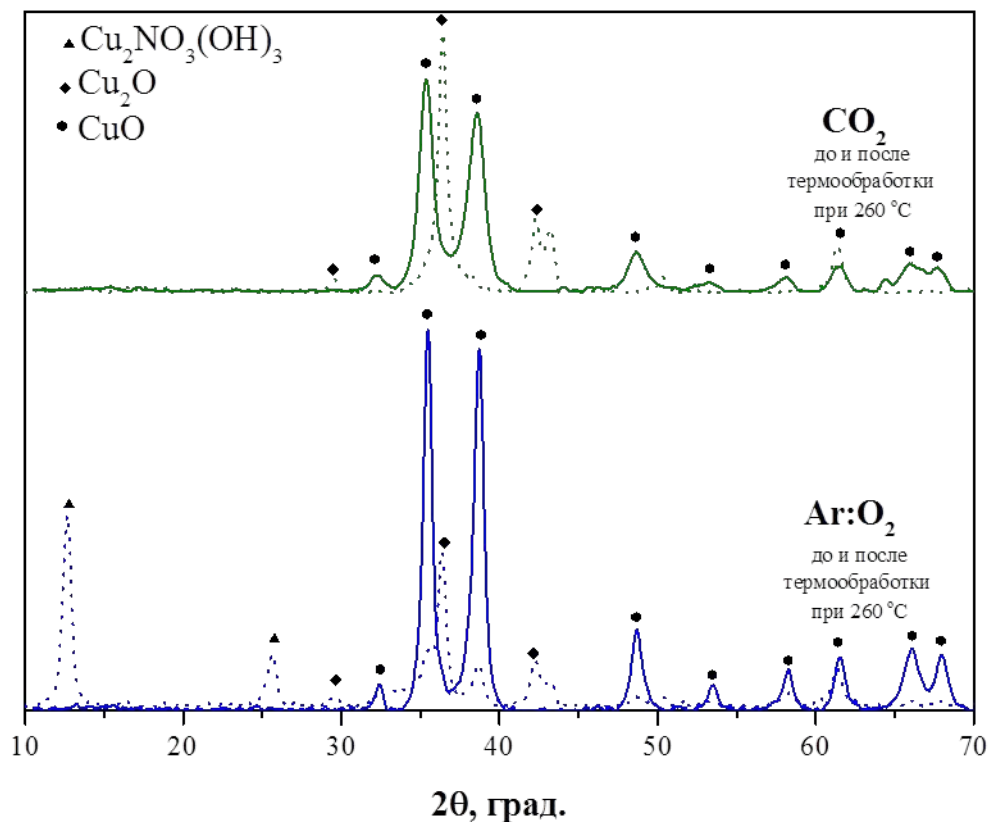
*Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах свежеприготовленные порошки (прямая линия), состаренные (пунктирная линия)*

# Исследование фазового состава нанопорошков



*Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах свежеприготовленные порошки (прямая линия), состаренные (пунктирная линия)*

# Исследование фазового состава нанопорошков после термического воздействия

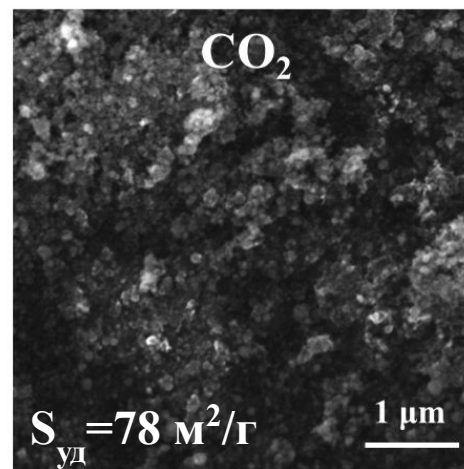
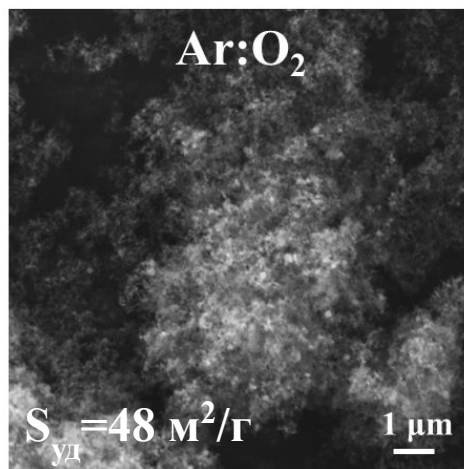
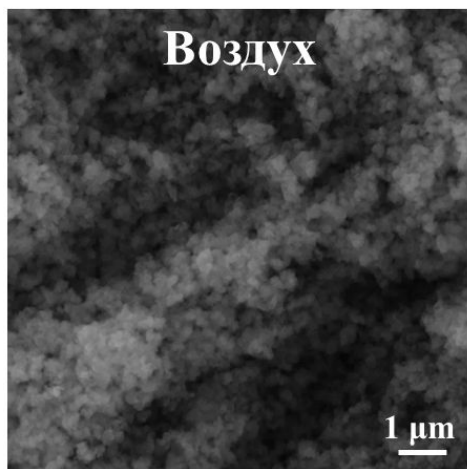


*Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах отожженных при  $260^\circ\text{C}$  (прямая линия), свежеприготовленные порошки (пунктирная линия)*

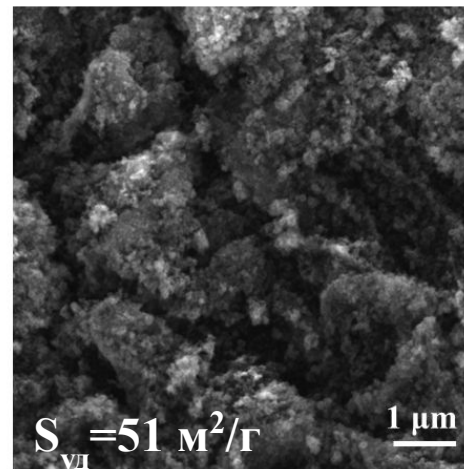
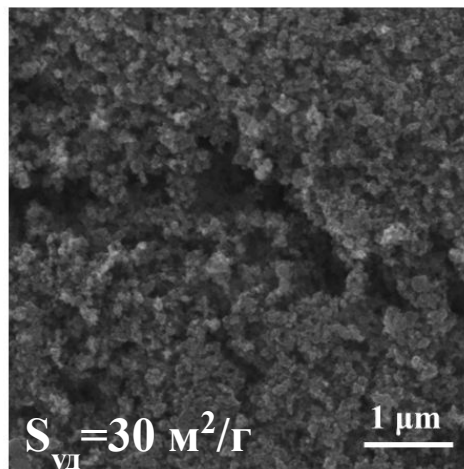
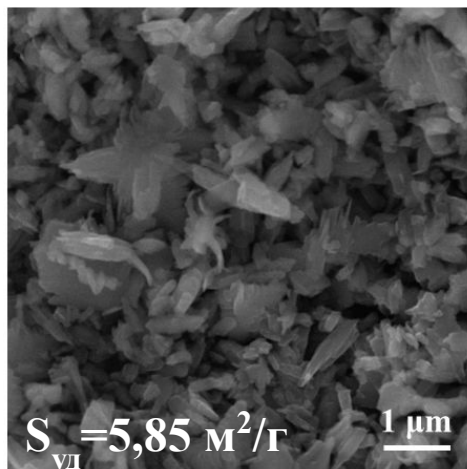


# Характеристики поверхности полученных нанопорошков

## СЭМ изображения исходных порошков

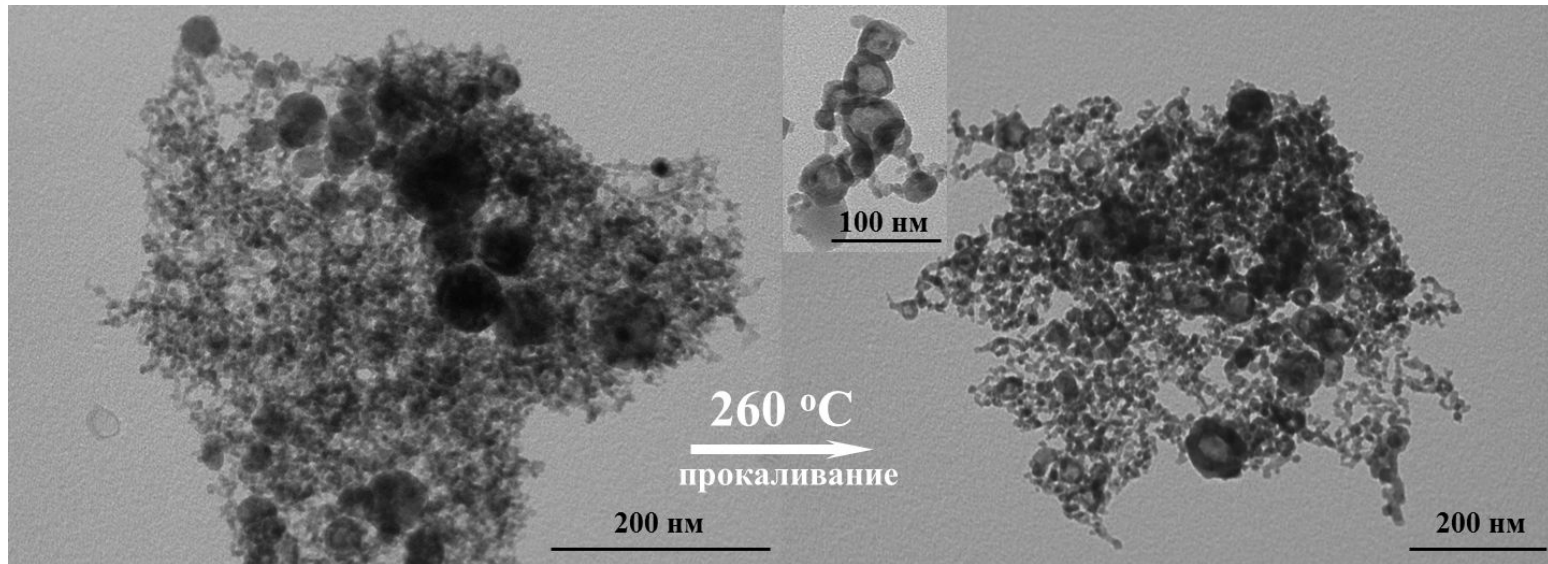


## После термической обработки при 260 °С





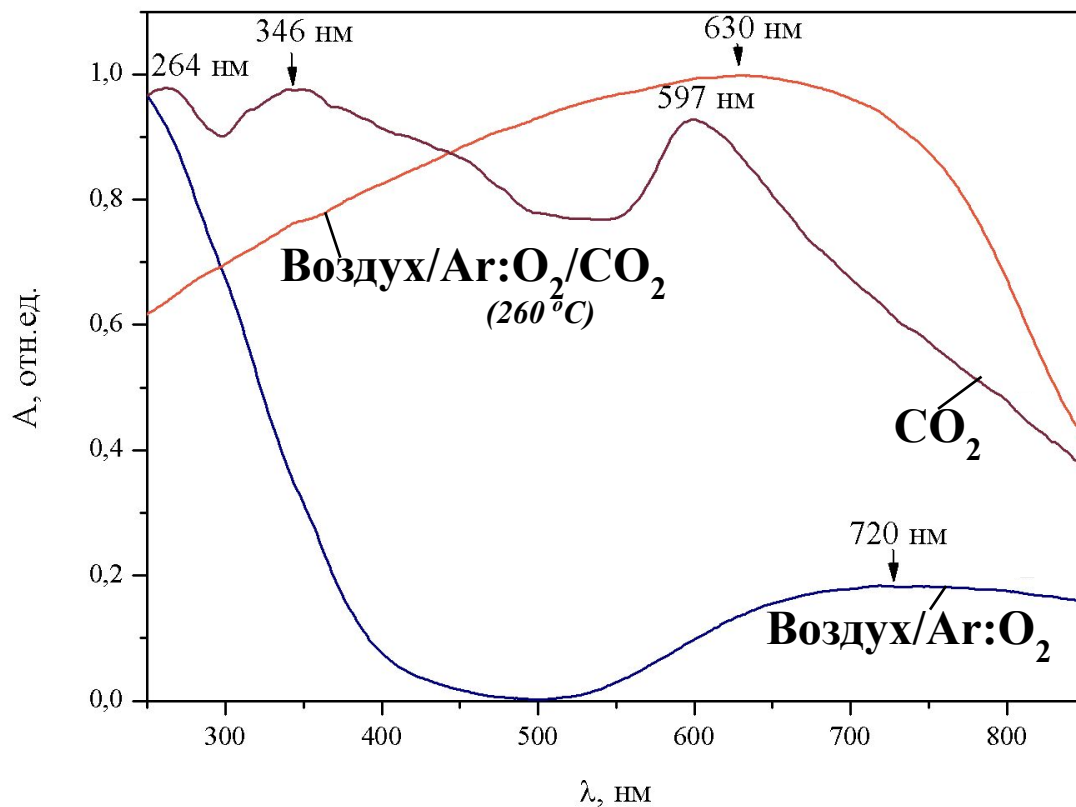
# Особенности структуры НЧ после прокаливания



*ПЭМ изображения НЧ, полученных лазерной абляцией меди в углекислом газе, исходный (слева) и прокаленный при 260 °С (справа)*



# Оптические свойства полученных порошков



*Спектры СДО порошков наночастиц, полученных в различных средах*

# Выводы

Получены наночастиц импульсной лазерной абляцией меди в газовой среде (воздух, смесь Ar:O<sub>2</sub> (80:20), CO<sub>2</sub>).

Установлено, что:

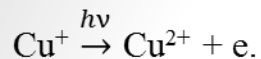
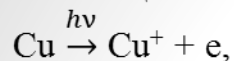
- ИЛА меди в воздухе образуется моноклинная фаза основного нитрата меди;
- В смеси аргона и кислорода образуется моноклинные фазы основного нитрата меди и оксида меди (II) и кубическая фаза Cu<sub>2</sub>O;
- ИЛА меди в углекислом газе получены кубические фазы оксида меди (I) и металлической меди, в структуре Cu@Cu<sub>2</sub>O;
- Порошки полученные в воздухе и смеси аргона и кислорода менее стабильны, в отличие от полученных в углекислом газе
- Отжиг порошков при 260 °С, полученных ИЛА меди в различных газовых смесях, приводит к образованию моноклинной фазы CuO с различной морфологией.
- Рентгеновское облучение ускоряет процесс окисления порошка, полученного в углекислом газе.

Исследованы оптические свойства полученных нанопорошков.

# Возможные реакции взаимодействия

## Плазма меди (мишени)

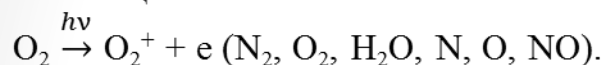
Ионизация:



Различные виды высокоэнергичных, ионизированных и возбужденных атомов и кластеров меди ( $\text{Cu}_m^+$ ,  $\text{Cu}_m^*$ ,  $\text{Cu}_m^{n*+}$ , где  $m=1$  – атом,  $m>1$  – кластер)

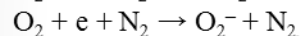
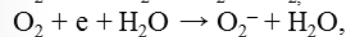
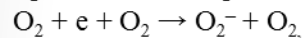
## Плазма среды (воздуха) ( $\text{N}_2:\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ в соотношении 4:1:0,05)

Ионизация:

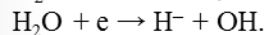
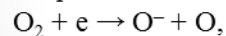


Гибель электронов:

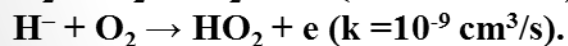
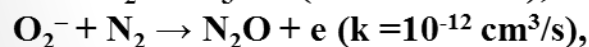
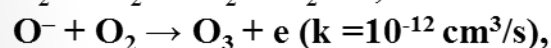
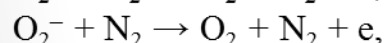
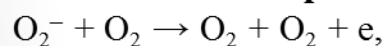
Трехчастичное прилипание электронов



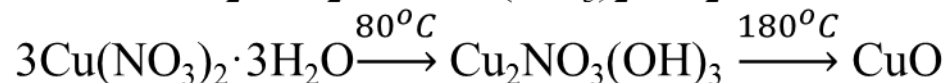
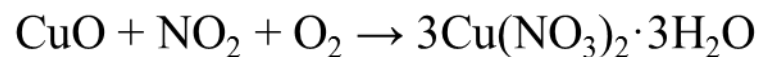
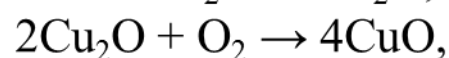
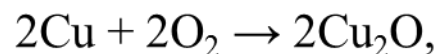
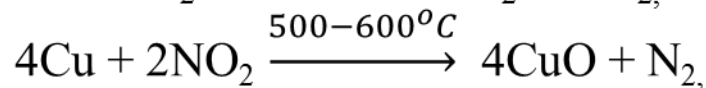
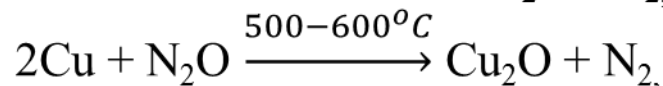
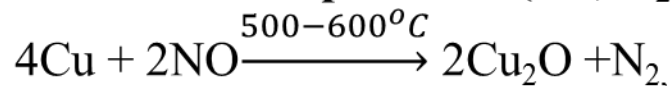
И процессы диссоциативного прилипания



**Отлипание электронов:**



## **Химические реакции (Cu, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)**

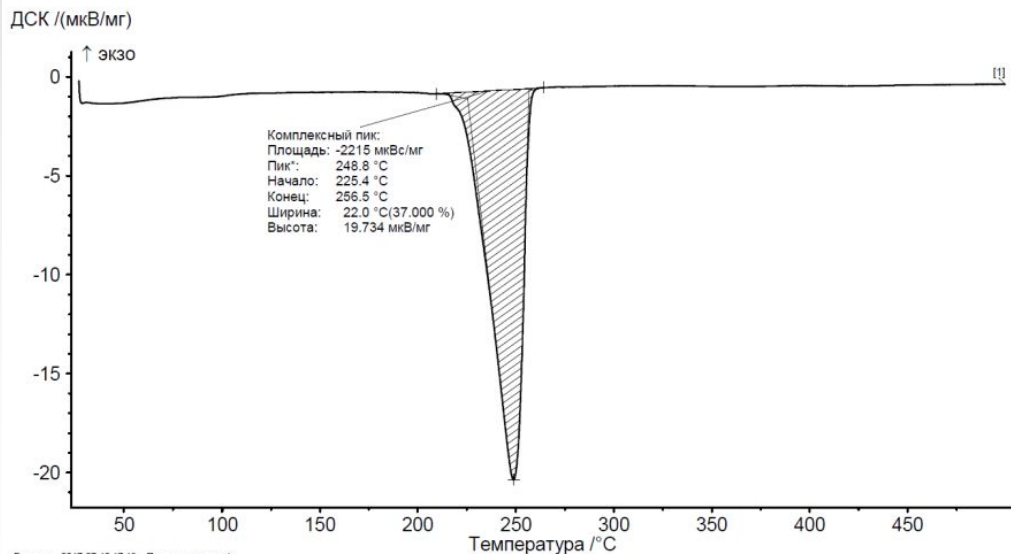


# Рентгенофазовый анализ

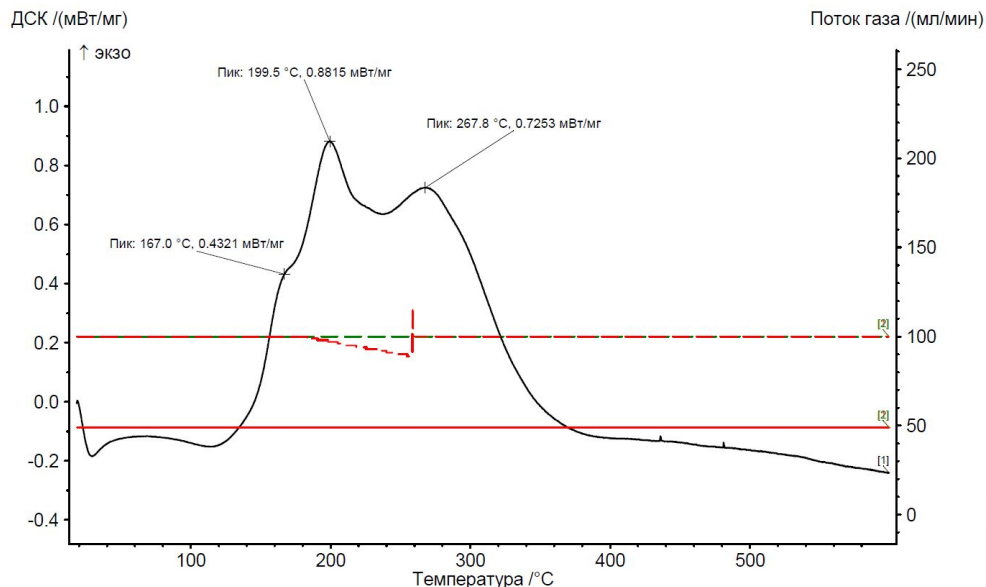
Таблица – Данные РАФ, рассчитанные в POWDERCell 2.4

Образец	Фаза	Сингония (пространственная группа)	Содержание фазы, %	$d_{\text{ср.кристалл}}$ нм
CO <sub>2</sub> (свежий)	Cu <sub>2</sub> O	Кубическая (224)	86,8	10,24
	Cu	Кубическая (225)	13,2	-
CO <sub>2</sub> (45 дней после анализа XRD)	Cu <sub>2</sub> O	Кубическая (224)	51,8	19,71
	<b>CuO</b>	Моноклинная (15)	<b>40,1</b>	25,13
	Cu	Кубическая (225)	8,1	-
Ar:O <sub>2</sub> (свежий)	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> (NO <sub>3</sub> )	Моноклинная(4)	62,4	26,41
	<b>Cu<sub>2</sub>O</b>	Кубическая (224)	<b>21,8</b>	14,43
	CuO	Моноклинная (15)	15,8	10,88
Ar:O <sub>2</sub> (после 1 дня)	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> (NO <sub>3</sub> )	Моноклинная (4)	87,7	22,47
	<b>CuO</b>	Моноклинная (15)	<b>12,3</b>	11,04
Air (свежий)	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> (NO <sub>3</sub> )	Моноклинная (4)	100	18,64
Air (после 1 дня)	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> (NO <sub>3</sub> )	Моноклинная (4)	100	34,73

# ДСК



Кривые ДСК полученные для порошка, приготовленного ИЛА Си в воздухе

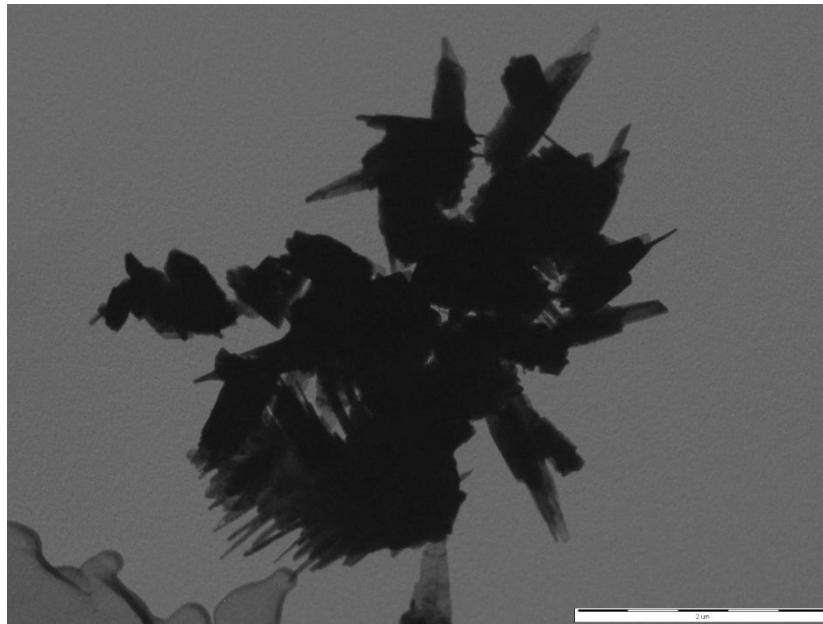
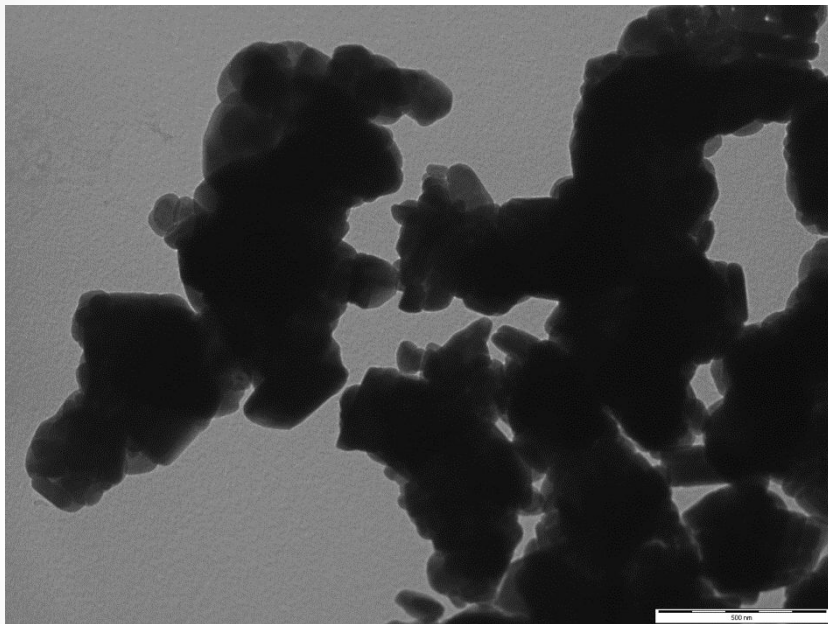


Кривые ДСК полученные для порошка, приготовленного ИЛА Си в CO<sub>2</sub>

XV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Перспективы развития фундаментальных наук»



# TEM



*ПЭМ изображения НЧ, полученных лазерной абляцией меди в воздухе, исходный (слева) и прокаленный при 260 °С (справа)*