

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна**  
**лаборатория прочности**

**Научный руководитель** – д.т.н. Волков Алексей Юрьевич

**Специальность** 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

**Тема работы** – Уточнение температурно-концентрационной границы превращения беспорядок $\leftrightarrow$ порядок ( $A1\leftrightarrow L1_2$ ) в сплавах Cu-Pd с малым содержанием палладия

**Задача текущего года**

Получение сплава Cu-5,9 ат.%Pd, проведение резистометрических экспериментов, рентгеноструктурного анализа, электронно-микроскопических исследований; изучение физико-механических свойств образцов после различных термомеханических обработок.

**Результаты, полученные в текущем году**

Проведено измерение электропроводности образцов сплавов Cu-Pd после различных термомеханических обработок. Построены зависимости электросопротивления от температуры закалки и от истинной деформации чистой Cu и различных сплавов Cu-Pd.

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна**  
**лаборатория прочности**

**Апробация работы**

**Статьи**

1. Волков А.Ю., Новикова О.С., Костина А. Е., Антонов Б.Д. Изменение электрических и механических свойств меди при легировании палладием. // Физика металлов и металловедение. 2016. том 117. № 9. С. 263—269.
2. Волков А.Ю., Костина А. Е., Волкова Е.Г., Новикова О.С., Антонов Б.Д. Микроструктура и физико-механические свойства сплава Cu-8ат.%Pd. // Физика металлов и металловедение. 2017. том 118. № 12. С. 1312—1322.
3. Костина А. Е., Волков А.Ю. Влияние длительных отжигов на структуру и свойства деформированного сплава Cu-8ат.%Pd. // Вектор науки тольяттинского государственного университета. 2017. №3 (41). С. 76—83.
4. Новикова О. С., Лавринова К.О., Костина А. Е., Кругликов Н. А., Елохина Л. В., Волков А. Ю. Использование резистометрии для определения температурно-концентрационной границы фазового превращения  $L1_2 \rightarrow A1$  в сплавах Cu–Pd // Неорганические материалы. 2019. том 55. № 2. С. 133 — 142.

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности**

## **Апробация работы**

### **Статьи**

5. Volkov A.Yu., Novikova O.S., Volkova E.G., Glukhov A.V., Kostina A.E., Antonov B.D. Evolution of the microstructure, electrical resistivity and microhardness during atomic ordering of cryogenically deformed Cu-47at.%Pd alloy. // Journal of Alloys and Compounds. 2020. Volume 838. 155591.
6. Volkova E.G., Novikova O.S., Kostina A.E., Glukhov A.V., Volkov A.Yu. Structure and properties of Cu-based alloys diluted by Pd and Ag. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Volume 1008.
7. Volkov A.Yu., Antonova O.V., Glukhov A.V., Komkova D.A., Antonov B.D., Kostina A.E., Livinets A.A., Generalova K.N. Features of the disorder→order phase transition in non-stoichiometric Cu-56at%Au alloy // Journal of Alloys and Compounds. 2021. Volume 891. 161938.
8. Костина А. Е., Новикова О.С., Глухов А. В., Антонов Б.Д., Волков А.Ю. Формирование ближнего атомного порядка в сплавах Cu-Pd с малым содержанием палладия: резистометрическое исследования. // Физика металлов и металловедение. 2022. том 123. № 1. С. 40—46.

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности**

## **Апробация работы**

### **Тезисы докладов на международных конференциях**

1. Костина А.Е. Новикова О. С., Волков А. Ю. Влияние малых добавок палладия на электропроводимость и механические свойства меди. Инновации в материаловедении и металлургии: материалы IV Международной интерактивной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2015. С. 150—154 .
2. Костина А.Е. Новикова О. С., Волков А. Ю. Разработка термически стабильных высокопрочных однофазных ГЦК сплавов Cu-Pd, обладающих высокой коррозионной стойкостью и электропроводностью. Сборник тезисов LVII международной конференции «Актуальные проблемы прочности». Севастополь. 2016. С. 93
3. Костина А.Е., Красноперова Ю.Г., Дегтярев М.В. Эволюция структуры однофазных сплавов Ni–Cr<sub>x</sub> (X = 2–12.5 ат.%) при деформации сдвигом под давлением. Сборник тезисов LVII международной конференции «Актуальные проблемы прочности». Севастополь. 2016. С. 92
4. Костина А.Е., Новикова О.С., Волков А.Ю. Формирование упорядоченной L1<sub>2</sub> фазы в сплаве Cu–5,9 ат.%Pd в результате длительного низкотемпературного отжига. Сборник тезисов LXIV международной конференции «Актуальные проблемы прочности». Екатеринбург. 2022. С. 243

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности**

## **Апробация работы**

### **Тезисы докладов на российских конференциях**

1. Костина А.Е., Новикова О.С., Волков А. Ю. Структура и свойства сплавов меди с малыми добавками палладия и серебра. Тезисы докладов XVII всероссийской школы-семинара по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-17). 2016. С. 136.
2. Новикова О.С., Костина А.Е., Волков А. Ю. Уточнение «медного угла» фазовой диаграммы системы Cu-Pd. Тезисы докладов XVIII всероссийской школы-семинара по проблемам физики конденсированного состояния вещества (СПФКС-18). 2017. С. 86.
3. Волкова Е.Г., Новикова О.С., Костина А.Е. , Глухов А.В. . Структура и свойства сплавов меди с низким содержанием палладия и серебра // Открытая школа-конференция стран СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы», Уфа, 5-9 октября, 2020: Сборник трудов.- Уфа:РИЦ БашГУ.- 175 с.

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна**  
**лаборатория прочности**

**Экзамены**

**Экзамен по иностранному языку**  
Сдан 06.2020 оценка – «отлично»

**Экзамен по философии**  
Сдан 10.2020 оценка – «отлично».

**Зачет по педагогике**  
Сдан 05.2021

**Участие в грантах**

1. Проект РФФИ 16-33-00466\_мол\_а «Обеспечение термической стабильности и высоких физико-механических свойств ультрамелкозернистых однофазных ГЦК...»  
Руководитель – Красноперова Ю.Г., **Степень участия** – исполнитель
2. Проект РФФИ 18-03-00532, «Влияние сильных деформационных и длительных термических воздействий на формирование сверхструктур типа L1<sub>2</sub> и V2 в сплавах Cu-Pd»  
Руководитель – Новикова О.С. **Степень участия** – исполнитель
3. Проект РНФ №21-13-00135. «Разработка новых подходов к формированию высокопрочного состояния в упорядоченных по типу L1<sub>0</sub> сплавах Cu-Au».  
Руководитель – Волков А. Ю. **Степень участия** – исполнитель

**Патент**

1. Пат. RU 2643733 С2 Российская Федерация, МПК С22F 1/14 С22С 5/04.  
Заявитель и патентообладатель ИФМ УРО РАН. № 2016117794; заявл. 04.05.2016;  
опубл. 05.02.2018 Бюл. № 4. Способ изготовления резистивного материала из упорядочивающегося сплава на основе Cu-Pd. Волков А. Ю., Антонова О. В.,  
Новикова О.С., Костина А. Е.

**Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна**  
**лаборатория прочности**

**Таблица показателей**

Показатель	Баллы	Кол-во 1 год	Кол-во 2 год	Кол-во 3 год	Итого
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	4	2	2	160
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0	0	0
патент	20	1	0	0	20
соавторство в монографии	5	0	0	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	0	0	0	0
тезисы доклада на международной конференции	5	3	0	1	20
тезисы доклада на российской конференции	3	2	1	0	9
участие в конференции с устным докладом	2	3	0	1	8
участие в конференции со стендовым докладом	1	1	0	0	1
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	1	1	0	40
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	0	0	0	0
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	2	1	0	15
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0	0	0
Общая сумма баллов		158	68	47	273

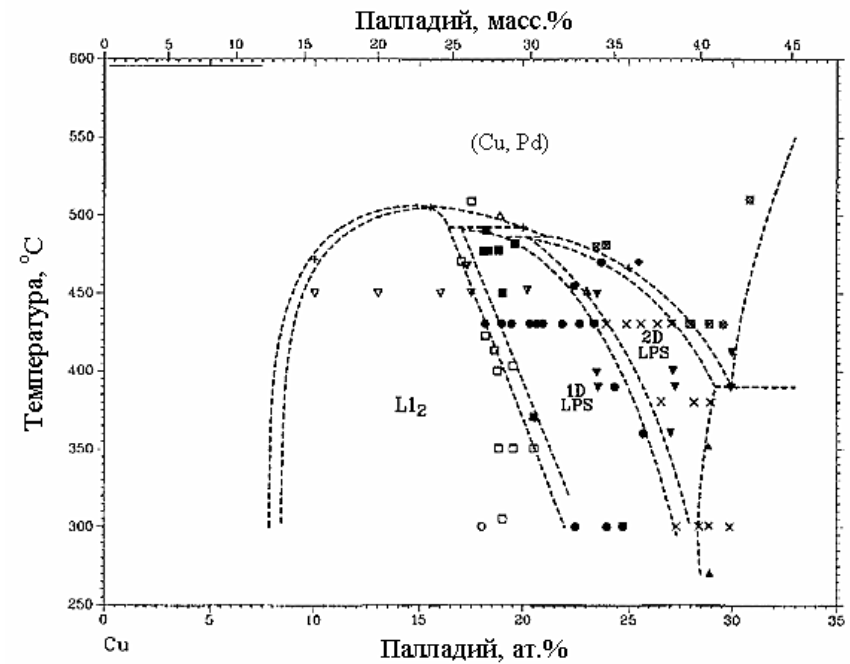
Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
 лаборатория прочности

## Результаты работы

### Состав исследованных сплавов Cu-Pd

№ сплава	масс.% палладия	ат.% палладия
1	0	0
2	0,8	0,5
3	1,5	0,9
4	2,4	1,4
5	5,0	3,0
6	7,5	4,6
7	9,5	5,9

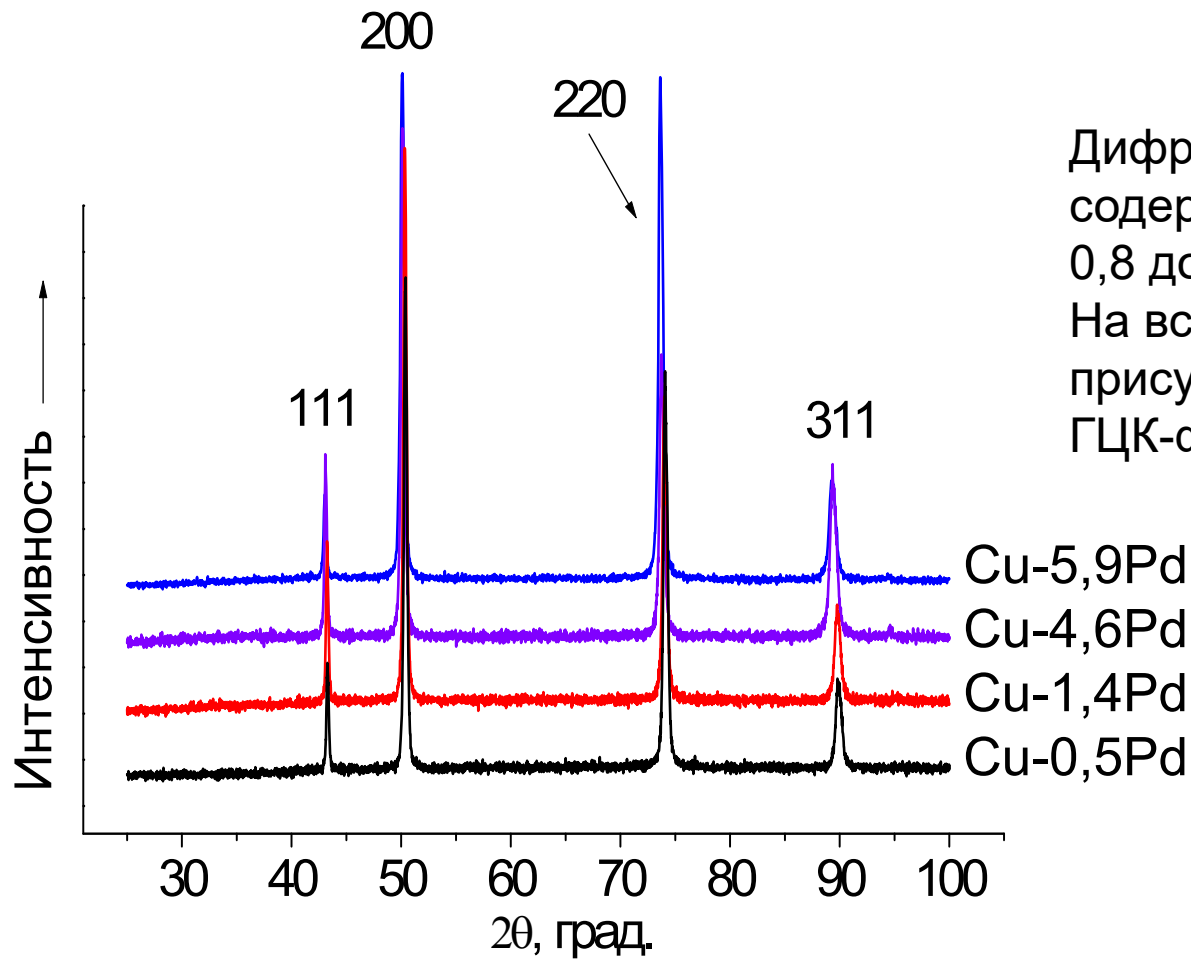
Участок фазовой диаграммы Cu-Pd





Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

## Рентгеноструктурный анализ образцов сплавов Cu–Pd

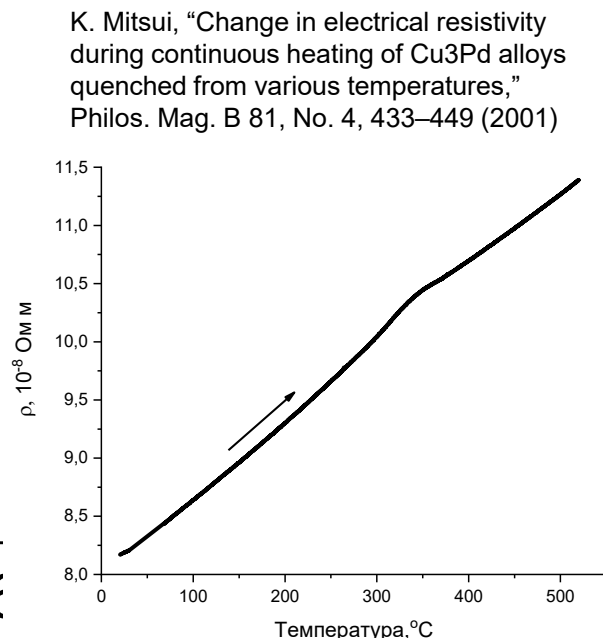
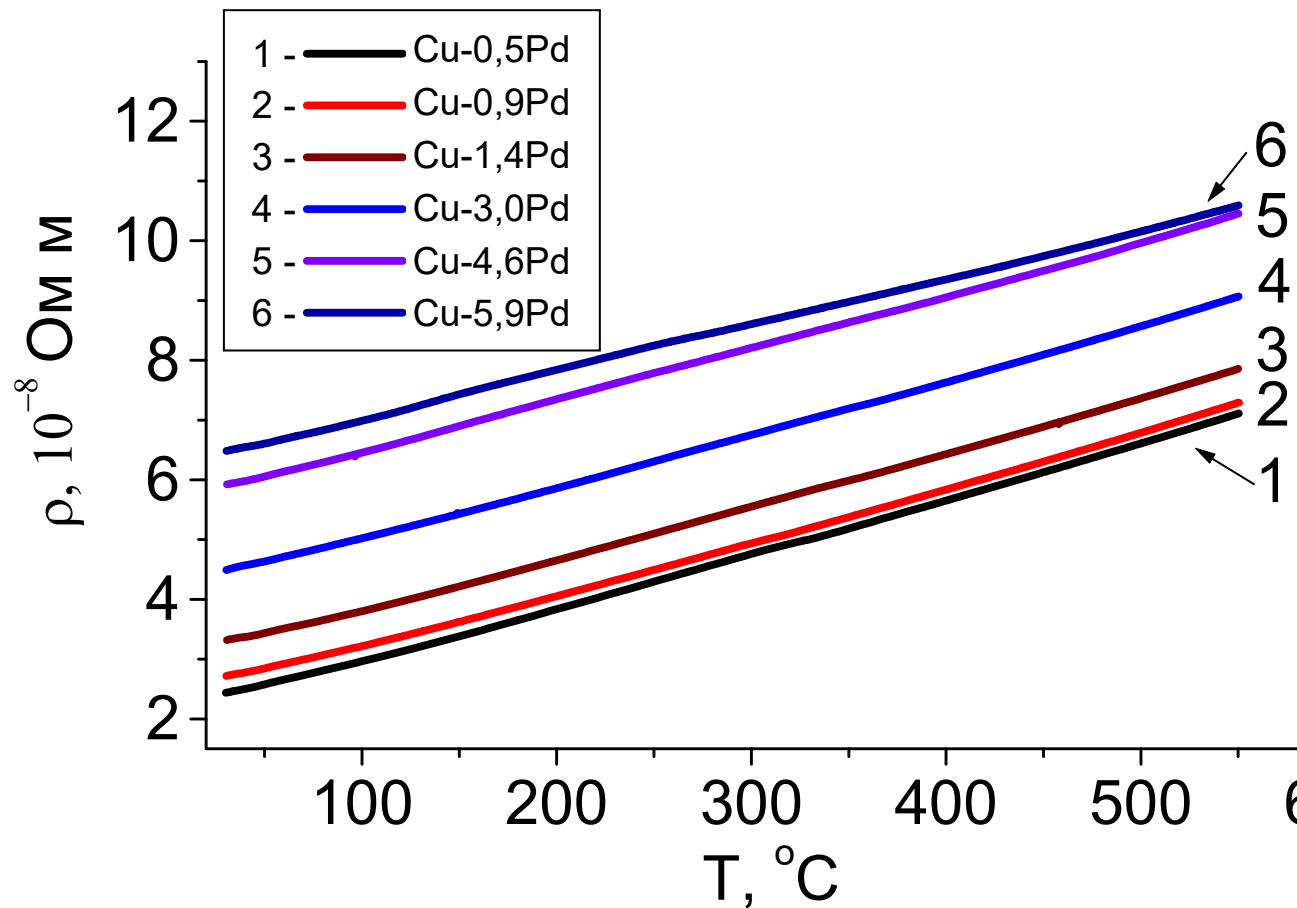


Дифрактограммы образцов с содержанием палладия от 0,8 до 9,5 масс.%.  
На всех дифрактограммах присутствуют линии только ГЦК-фазы.

Образцы находились в закаленном состоянии.

Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

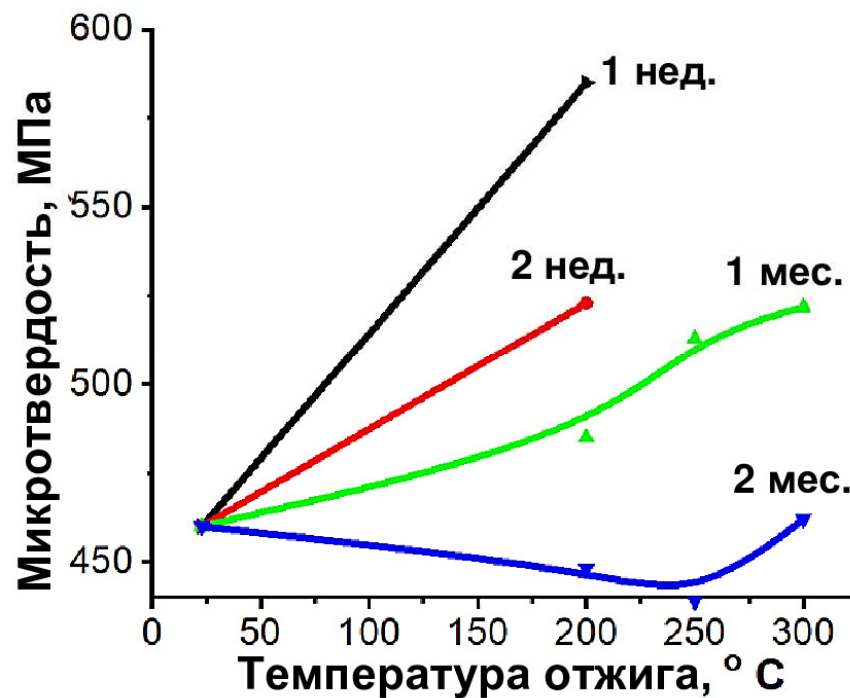
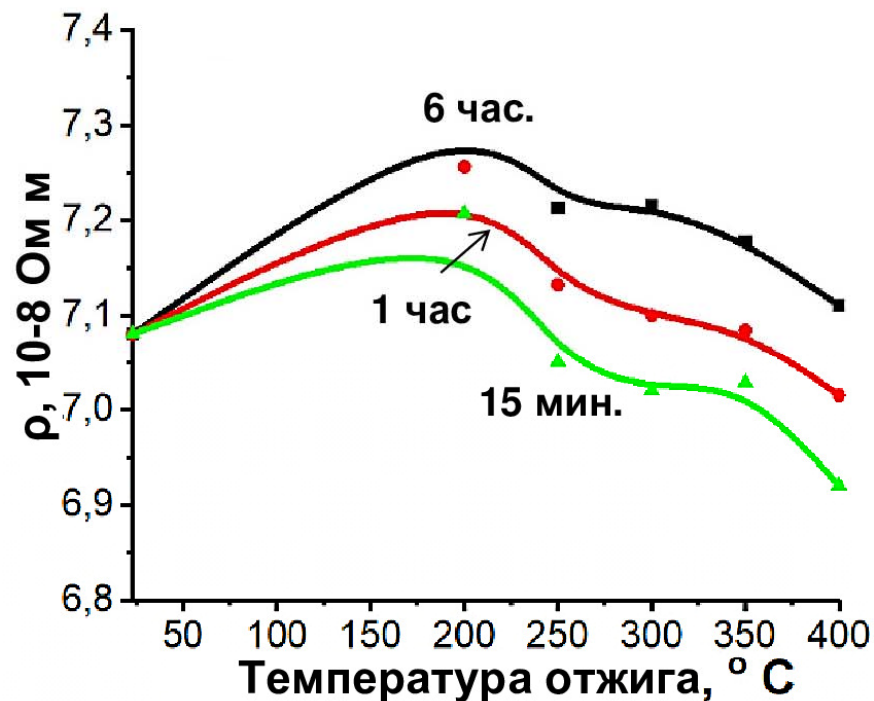
## Температурные зависимости удельного электросопротивления при нагреве сплавов Cu-Pd



Нагрев со скоростью 120 град/ч деформированных волочением образцов ( $\epsilon \approx 7.1$ )

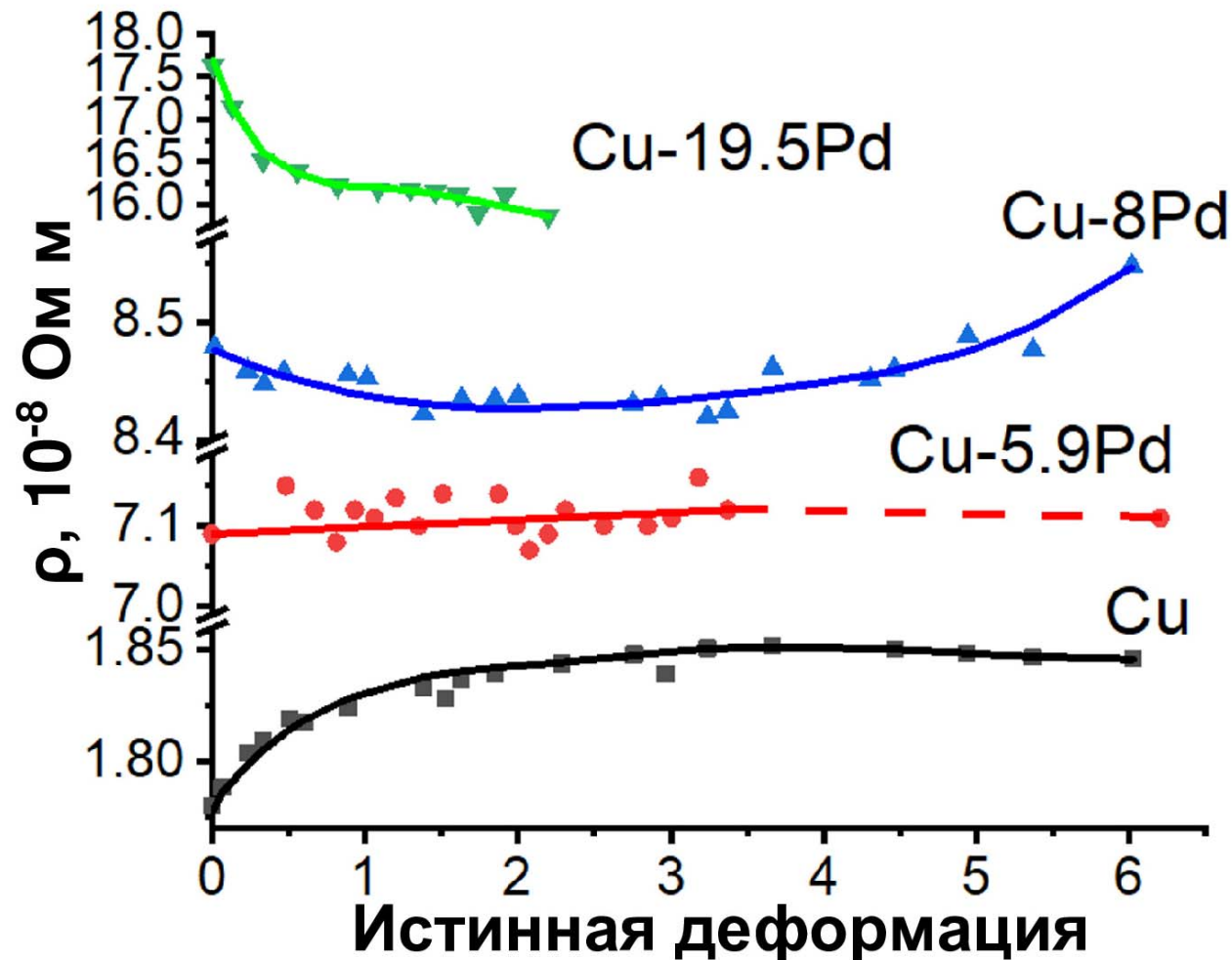
Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

Зависимости удельного электрического сопротивления и  
микротвердости от времени и температуры обработки  
закаленного сплава Cu-5,9 ат.%Pd



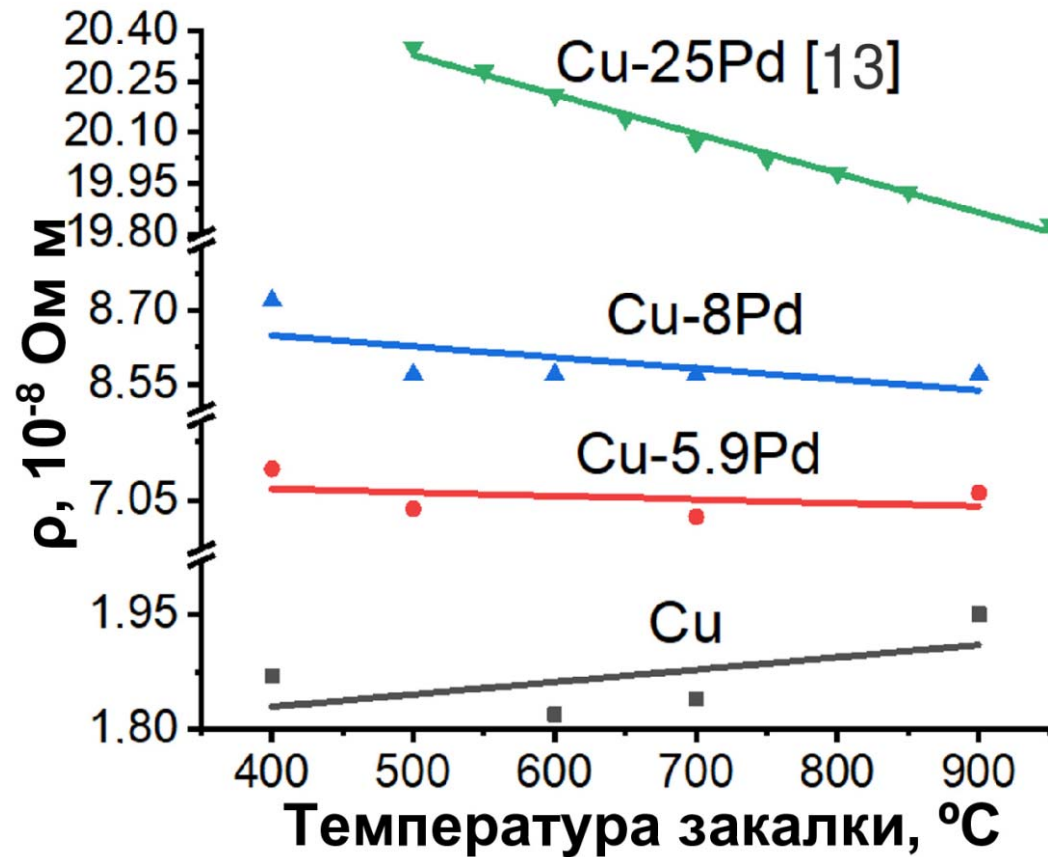
Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

Зависимости электросопротивления от истинной деформации  
чистой Cu и различных сплавов Cu-Pd.



Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

Зависимости электросопротивления от температуры закалки  
чистой Cu и различных сплавов Cu-Pd.



[13] Kim M.J., Flanagan W.F. The effect of plastic deformation on the resistivity and Hall effect of copper-palladium and gold-palladium alloys // Acta Metallurgica, 1967, V.15, p.735-745..

Аспирант 3 года обучения Костина Алина Евгеньевна  
лаборатория прочности

## Заключение по работе:

Обнаружено формирование ближнего порядка в закаленном сплаве Cu–5.9Pd, который на фазовой диаграмме указан как однофазный твердый раствор. Как правило, формирование ближнего порядка является ранней стадией превращения беспорядок → порядок. На основе полученных результатов можно предположить, что низкотемпературные отжиги могут привести к формированию зародышей упорядоченной L1<sub>2</sub> фазы в сплаве Cu–5.9Pd.

**Благодарю за внимание!**