

ОТЗЫВ
официального оппонента о диссертации
Клавдии Андреевны КОТВИЦКОЙ
“ВПЛИВ ДЕФЕКТИВ РІЗНОЇ МОРФОЛОГІЇ НА МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ
ВЛАСТИВОСТІ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Re = Y, Ho, Pr)”
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
(специальность 01.04.07 – физика твердого тела)

Цель диссертационной работы Клавдии Андреевны Котвицкой – “выяснение физической сути влияния точечных и плоских дефектов на магниторезистивные свойства соединений $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Re = Y, Ho, Pr) и установлении физических закономерностей формирования состояния с проводимостью – переход диэлектрик – металл, сверхпроводник – ферми жидкостный металл – несверхпроводник, при варьировании концентрации носителей, при условии изменения концентрации лабильной компоненты в широком интервале, а также замены элементов, которые входят в состав этих соединений” (стр. 8 диссертации).

Уже формулировка цели работы К.А. Котвицкой свидетельствует об актуальности темы диссертационной работы. Действительно, фактически в работе речь идет о двух важнейших аспектах проблемы высокотемпературной сверхпроводимости:

- Расширение существующих представлений о возможной природе и механизмах проявления этого уникального явления.

- Поиск эмпирических путей повышения критических параметров ВТСП путем модификации химического состава, кристаллической и дефектной структуры.

Об актуальности диссертационной работы свидетельствует также то, что работа выполнялась в рамках ряда тем НИР по программам МОН Украины.

Для достижения цели работы разработана и реализована программа исследований, включающая решение следующих задач:

1. Выращивание совершенных монокристаллов $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Re = Y, Ho, Pr)...
2. Структурные и металлографические исследования полученных образцов...
3. Исследования процессов переноса заряда ВТСП на основе иттрия в зависимости от температуры и давления...
4. Изучение процессов обратимости при обработке объектов исследования квазигидростатическим давлением.
5. Изучение особенностей влияния Pr и магнитных примесей на формирование сверхпроводящего состояния...
6. Изучение природы возбуждений квазичастицами в сильно коррелированных квазидвумерных системах...

7. Исследование процессов релаксации электросопротивления в условиях скачкообразного изменения температуры...

8. Определение области реализации переходов вида металл - изолятор на температурных зависимостях электропроводности в монокристаллах $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{Re} = \text{Y}$, Ho) с дефицитом кислорода...

9. Исследование влияния магнитного поля на характер динамических фазовых переходов в монокристаллах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$...

На первый взгляд и цель диссертационной работы, и перечень поставленных задач представляются совершенно неподъемными... Свою основную роль как официального оппонента я вижу в установлении на основании ознакомления с диссертацией и опубликованными работами Клавдии Андреевны того, что цель работы достигнута, а поставленные задачи успешно решены. Для этого необходимо рассмотреть структуру диссертационной работы, а также, естественно, новизну и достоверность основных полученных в работе результатов.

Структура диссертации К. А. Котвицкой такова. Работа состоит из Введения, пяти разделов, Выводов и библиографического списка, включающего 177 назв.

Введение написано в полном соответствии с требованиями ДАК МОНУ, предъявляемыми к данным разделам кандидатских диссертаций.

Раздел 1 “*Нормальный электротранспорт у ВТСП-сполуках $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{Re} = \text{Y}$ або лантаноїди) в умовах екстремальних впливів*” являет собой классический литературный обзор. При этом, однако, взгляд диссертантки на современное состояние проблемы представляется излишне мрачным (природа высокотемпературной сверхпроводимости не установлена, природа псевдощелевого состояния также не очень ясна, ферми поверхности ВТСП не построены и т.д.). Правда воздается должное установлению симметрии сверхпроводящего состояния (d-тип). Впрочем, несмотря на весь пессимизм диссертантки, обзор написан достаточно квалифицировано. В первую очередь это относится к изложению вопросов связанных со псевдощелевым состоянием в ВТСП при $T > T_c$.

Раздел 2 “*Об’єкти та методи досліджень*”. Методические достижения диссертантки заключаются в развитии технологии получения монокристаллов ВТСП различного состава с регулируемыи дефектами и создании прибора, позволяющего изменять взаимную ориентацию **H** и базисной плоскости *ab* образцов. Я считаю, что материал раздела 2, относящийся к синтезу монокристаллов различного состава и дефектности, заслуживает вынесения на табло важнейших результатов работы К. А. Котвицкой.

Розділ 3 “*Вплив високого тиску на провідність у базисній площині слабо легованих празеодимом монокристалів $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$* ” посвящен изучению негативного влияния присутствия ионов празеодима на сверхпроводимость $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. В отличие от работ большинства предшественников, в диссертации были проведены исследования влияния высокого гидростатического давления (до 17 кбар) на резистивные характеристики в базисной ab - плоскости слабодопированных празеодимом ($x \approx 0,05$) монокристаллических образцов $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.

Розділ 4 “*Структурна релаксація, зумовлена стрибкоподібною зміною температури в недодопованих киснем монокристалах $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re=Y, Ho$)*”. В Розділе рассматриваются процессы фазового расслоения, упорядочение атомов кислорода и т.п. и их влияние на температурную зависимость электросопротивления. С моей точки зрения содержание данного раздела значительно шире, чем его название.

В **Розділі 5** “*Паракогерентний перехід і 2D-3D кросовер у монокристалах $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з малим дефіцитом кисню*” рассматриваются различные аспекты проблемы фазовых переходов в вихревой структуре монокристаллов ВТСП.

Структура диссертационной работы вполне логична.

Остановлюсь на анализе *новизны* и *достоверности* основных выводов диссертации К. А. КОТВИЦКОЙ (с. 104).

1. Прикладання високого тиску до монокристалів $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($x \leq 0,05$) приводить до істотного розширення інтервалу лінійної залежності $\rho_{ab}(T)$, та відповідного звуження температурної ділянки проявлення псевдоцілінного режиму. При цьому надлишкова провідність підпорядковується експоненціальній температурній залежності в широкому інтервалі температур, а температурна залежність псевдоціліни задовільно описується в рамках теорії кросовера БКШ–БЕК.

Защите данного вывода частично посвящен Розділ 3. (пп. 3.1, 3.2). Диссертантке удалось показать суть основных полученных экспериментальных результатов на Рис. 3.1. *Новизна* и *достоверность* результатов, защищенных данным выводом, не вызывает никаких сомнений. К суждению же о том, что температурная зависимость псевдощели описывается в рамках теории кросовера БКШ-БЕК [55, 56] следует отнестись с некоторой осторожностью.

2. Еволюція під тиском режиму флуктуаційної провідності в слабо допованих празеодимом зразках $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ вірогідно визначається двома процесами: зміною співвідношення між ξ_c і d , з одного боку, і, зумовленим внесенням домішки празеодима, зміщенням рівня Фермі відносно особливостей густини станів – з іншого.

Прикладання високого тиску до монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, приводить до суттєвого зростання величини баричної похідної dT_c/dP .

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 3. (п. 3.3).

Диссертантка существенно упростила стоящую перед оппонентом задачу установления *новизны и достоверности* данного вывода, введя в формулировку его наречие “вірогідно” для описания природы эволюции флуктуационной проводимости в слабодопированных монокристаллах $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при приложении высокого давления. По-видимому, данные, приведенные на Рис. 3.5 дают основание согласиться с точкой зрения диссертантки о наличии двух вкладов в температурные и барические зависимости избыточной проводимости.

3. Збільшення ступеня нестачі кисню в сполуках $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re = Y, Ho$) стимулює процеси перерозподілу лабільної компоненти між різними фазами в об'ємі експериментальних зразків, які, в свою чергу, також можуть розрізнятися ступенем кисневої нестехіометрії.

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 4. (п. 4.1).

Для обоснования данного вывода проведены серии резистивных измерений монокристаллов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $HoBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с заведомо заниженным значением кислородного индекса (см. Рис. 4.1). Недостаток кислорода в позициях O(1) приводит к появлению ряда особенностей в температурных зависимостях электросопротивления: изменение критической температуры, изменение хода зависимостей сопротивления от температуры в нормальном состоянии и т.п. Для управления распределением ионов кислорода в кристаллических решетках монокристаллов ВТСП диссертантка использовала варьирование режимов термической обработки в широких диапазонах температур и времен. Обнаруженные эффекты диссертантка связывает с протеканием процесса “перераспределения лабільной компоненти между различными фазами”. Однако, совершенно неясно, какой смысл диссертантка вкладывает в понятие “фаза”. Имеется ли в виду фаза отличающиеся по своей структуре (OI-, OII-, T-фаза) или OI-фаза с различными значениями кислородного индекса. К сожалению, в соответствующем подразделе диссертации отсутствуют какие-либо упоминания об использовании методов рентгеноструктурного анализа для обоснования тех серьезных изменений в кристаллической структуре, о которых пишет диссертантка.

Тем не менее, следует признать *новизну и достоверность* данного вывода.

4. Встановлено, що інтенсивність процесів структурної релаксації в нестехіометричних купратах системи 1-2-3 істотним чином залежить від природи рідкоземельного іона. При цьому енергія активації дифузії лабільної компоненти може варіюватися від 0,95 до 0,98 еВ при заміні в цих сполуках ітрію на гольмій, що, завдяки більш сильній залежності $T_c(\delta)$, може приводити до значного посилення релаксаційних процесів у кисневій підсистемі.

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 4. (п. 4.2).

Я не сомневаюсь в *новизне* и *достоверности* данного вывода (основные результаты показаны на Рис. 4.2).

5. Зниження ступеня допування киснем в зразках $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re = Y, Ho$) приводить до посилення ефектів локалізації та здійснення в системі переходу типу метал-діелектрик, який завжди передує надпровідному переходу.

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 4. (пп. 4.3, 4.4).

Я не сомневаюсь в *новизне* и *достоверности* данного вывода (основные результаты показаны на Рис. 4.3, 4.4).

Но я далеко не уверена в целесообразности разделения Выводов 3, 4 и 5 на три различных положения, поскольку все они относятся к рассмотрению близких по своей сути эффектов, связанных, как полагает автор, с поведением лабильного решеточного кислорода.

6. Встановлено, що збільшення часу відпалювання зразків $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re = Y, Ho$) при кімнатній температурі приводить до суттєвого зміщення точки переходу метал-діелектрик T_M в область більш високих температур, що, ймовірно, пов'язано зі зниженням частки напівпровідникового вкладу в провідність зразків.

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 4. (п. 4.5).

Облегчая труд официального оппонента, диссертантка в формулировке вывода вводит наречье “*ймовірно*”. Тем не менее, есть основания считать защищаемое положение *новым* и *достоверным*, хотя с моей точки зрения его можно было бы отнести к плеяде выводов, объединяемых поведением лабильного кислорода.

7. Прикладання постійного магнітного поля до монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з нестачею кисню, приводить до появи додаткового паракогерентного переходу на температурних залежностях надлишкової провідності в базисній ab -площині в області резистивних переходів в надпровідний стан.

8. Збільшення кута $\alpha \equiv \angle(H, ab)$ приводить до одночасного зростання амплітуди і ширини піку, що відповідає цьому переходу, і його зміщення в область більш низьких температур, що є наслідком зменшення, з ростом α , внеску власного пінінгу

вихорової підсистеми і посиленням ролі об'ємного пінінгу, зумовленого наявністю в структурі експериментального зразка кластерів кисневих вакансій. При температурах нижче критичної $T < T_c$, відбувається пригнічення динамічного фазового переходу виду вихорова рідина – вихорова решітка і формування в системі переходу виду вихорова рідина – вихорове «бреггівське» скло.

По моему мнению будет целесообразным совместное рассмотрение новизны и достоверности Выводов 7 и 8.

Защите данных достаточно близких по своей сути выводов частично посвящен Раздел 5. (пп. 5.1, 5.2).

Основные экспериментальные результаты, свидетельствующие в пользу справедливости данных выводов, приведены на Рис. 5.1, 5.2.

Наиболее существенно следующее:

1. на всех кривых температурной зависимости избыточной проводимости независимо от угла α между полем и плоскостью переноса заряда ab , обнаружен достаточно протяженный участок с постоянным углом наклона, наличие которого свидетельствует о проявлении в системе трехмерного (3D) режима существования флуктуационной проводимости.

2. в постоянном магнитном поле при увеличении угла $\alpha \equiv \angle(H, ab)$ имеет место эффект трансформации формы кривой сверхпроводящего перехода, указывающий на протекание динамического фазового перехода от разупорядоченной фазы к фазе вихревого «брегговского» стекла.

Есть основания считать оба вывода *новыми* и *достоверными*.

9. Безпосередньо поблизу T_c ФП задовільно описується тривимірною моделлю Асламазова–Ларкіна для шаруватих надпровідних систем. При цьому збільшення кута розорієнтації $\alpha \equiv \angle(H, ab)$ приводить до загального відносного розширення температурного інтервалу прояву режиму флуктуаційної параводності.

Защите данного вывода частично посвящен Раздел 5. (п. 5.3).

По моему мнению, суть данного вывода заключается в поиске места результатов, полученных Клавдией Андреевной, в современных теориях флуктуационной проводимости. В пользу возможности рассмотрения результатов диссертантки в качестве тест-объекта для установления справедливости того или иного теоретического подхода свидетельствует высокий методический уровень диссертационной работы. Как показано в Разделах 2 и 5, объектами исследования служили “идеальные” (т.е. не содержащие двойников) монокристаллы $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с дефицитом кислорода, развита совершенная технология приложения достаточно сильных магнитных полей с заданной ориентацией. Совокупность

полученных результатов дала основание диссертантке утверждать о правомерности применимости к описанию поведения флуктуационной парапроводимости классической трехмерной модели Асламазова-Ларкина. Проведенная диссертанткой (см. стр. 99 – 101) большая аналитическая работа в этом направлении к сожалению приведена в диссертации лишь в виде конечного результата.

Есть все основания считать данный вывод *новым и достоверным*.

У меня нет замечаний, относящихся к диссертационной работе К.А. КОТВИЦКОЙ *в целом*. Однако работа не лишена ряда недостатков:

1. По структуре диссертации. Кроме литобзора (Раздел 1) практически каждому разделу оригинальной части предшествует пространное вступление, носящее характер дополнения к литобзору. Зачем?

2. По выводам к диссертации. Выводов чересчур много. Диссертация читалась бы (в том числе и официальным оппонентом) гораздо легче при сокращении числа последних хотя бы на треть.

3. Мне представляется, что стратегия выращивания монокристаллов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ из эвтектического расплава описана с излишней подробностью, поскольку подобная стратегия была разработана еще в конце 80-ых годов XX столетия, а относительно получения более сложных объектов ($Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$) ни слова не сказано.

Все высказанные замечания не носят принципиального характера, не затрагивают общей высокой оценки диссертации и не могут повлиять на положительное впечатление от полученных в работе новых и важных результатов и ее содержания.

Научная значимость работы Клавдии Андреевны КОТВИЦКОЙ заключается в установлении влияния разного рода экстремальных воздействий (температура, давление, магнитное поле) на электрофизические свойства монокристаллов $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re = Y, Ho, Pr$) с заданной топологией дефектной структуры, что дает возможность не только проверить адекватность многочисленных теоретических моделей, но и очертить эмпирические пути повышения критических параметров ВТСП-соединений.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке и реализации новых путей изучения фундаментальных свойств сверхпроводников.

Диссертационная работа К.А. Котвицкой оформлена в соответствии с требованиями ДАК МОН Украины к кандидатским диссертациям и написана хорошим научным языком. Основные результаты работы Клавдии Андреевны Котвицкой опубликованы в

отечественной и Международной научной печати и доложены на ряде конференций и семинаров.

Автореферат отражает основное содержание и структуру диссертационной работы.

На основе изложенного выше считаю, что диссертационная работа **К.А. Котвицкой** **“Вплив дефектів різної морфології на магніторезистивні властивості монокристалів $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{Re} = \text{Y, Ho, Pr}$)”** полностью соответствует паспорту специальности 01.04.07, физ.-мат. науки, является завершённой научной работой и отвечает всем требованиям предъявляемым к кандидатским диссертациям, а именно пунктам 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника” и требованиям Департамента по аттестации кадров Министерства образования и науки Украины, а ее автор **заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – “физика твердого тела”**.

Официальный оппонент
старший научный сотрудник
ННЦ ХФТИ НАНУ,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник



Т.В. Сухарева



25 апреля 2016 г.