

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Кочева Владислава Дмитриевича** на тему «Неоднородная зарождающаяся сверхпроводимость в органических металлах и селениде железа», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния», и состоявшейся в НИТУ МИСИС 8 сентября 2025 года

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 23.06.2025, протокол № 30.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической физики и квантовых технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук; по совместительству – профессор кафедры теоретической физики и квантовых технологий НИТУ МИСИС, д.ф.-м.н. **Григорьев Павел Дмитриевич**.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 30 от 23.06.2025) в составе:

1. Савченко Александр Григорьевич – д.ф.-м.н., заведующий кафедрой физического материаловедения НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Ховайло Владимир Васильевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;
3. Зверев Владимир Николаевич – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории электронной кинетики федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, НИТУ МИСИС;
4. Покровский Вадим Ярославович – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории фотоэлектронных явлений федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук;
5. Рубцов Алексей Николаевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры квантовой электроники физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований неоднородной зарождающейся сверхпроводимости в квазиодномерных органических металлах (на примере $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ и $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$) и в селениде железа (FeSe):

- разработана научная концепция, раскрывающая микроскопические причины наблюдаемой пространственной сегрегации фаз волны плотности и сверхпроводимости в квазиодномерных органических металлах;
- проведена оценка геометрических размеров сверхпроводящих включений на фоне волны плотности в квазиодномерных органических металлах;
- определены геометрические размеры и форма сверхпроводящих включений в селениде железа.

Результаты проведенных исследований находятся в полном согласии с известными литературными данными и математическими моделями.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- путём прямого расчёта коэффициентов разложения Ландау-Гинзбурга свободной энергии волн плотности для органических металлов $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ и $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ **показано**, что переход между фазой волны спиновой/зарядовой плотности и сверхпроводящим состоянием при низких температурах (вдали от критической температуры) является переходом первого рода, что впервые теоретически обосновывает пространственное разделение фаз волны плотности и сверхпроводимости на микроскопическом масштабе;
- с использованием разложения Ландау-Гинзбурга свободной энергии, **проведена оценка** минимальных размеров сверхпроводящих доменов (> 1 мкм) в $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ и $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$, подтверждённая расчётами вероятности перколяции в образце конечных размеров, а также имеющимися экспериментальными данными;
- **обобщение** приближения Максвелла-Гарнетта для проводимости в гетерогенных анизотропных сверхпроводниках с удлинёнными сверхпроводящими доменами с двумя перпендикулярными ориентациями и равными объёмными долями (что соответствует нематической доменной структуре в различных железосодержащих сверхпроводниках), позволило соискателю **получить аналитические выражения** для относительной избыточной проводимости вдоль и поперёк слоёв, но для FeSe, где также наблюдается неоднородное зарождение сверхпроводимости (хотя и иной, нежели в органических металлах, физической природы).

Практическая значимость определяется тем, что:

- **предложен** новый метод оценки размеров сверхпроводящих доменов в объёме исследуемых образцов посредством комбинации данных по диамагнитному отклику, данных об анизотропии уменьшения электросопротивления выше температуры сверхпроводящего перехода и перколяционных расчётов;
- в рамках модели двух каналов межслоевого тока (прямого и непрямого) **выведены аналитические формулы** для расчёта относительной избыточной проводимости в гетерогенных анизотропных сверхпроводниках с удлинёнными сверхпроводящими доменами, в конфигурации, которая соответствует нематической доменной структуре, которые применимы для широкого круга сверхпроводящих материалов – от слоистых сверхпроводников на основе органических металлов, пниктидов и халькогенидов железа, до высокотемпературных купратов;
- **методическую ценность** при изучении различных органических сверхпроводников имеет наглядно продемонстрированная в диссертационной работе эффективность прямого расчёта коэффициентов разложения Ландау-Гинзбурга свободной энергии волн плотности для обобщённой квазиодномерной электронной дисперсии при определении типа фазового перехода (первого или второго рода) «волна плотности – металл»;
- изучение сосуществования сверхпроводимости с волнами плотности может быть полезным для **понимания механизмов высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП)**, что критически важно при разработке композиций и методов синтеза новых ВТСП материалов с улучшенными критическими параметрами.

Методология работы основывается на эффективном применении соискателем комплекса существующих теоретических, расчётных и экспериментальных методов, позволивших, применительно к задачам, решаемым в диссертации, получить достоверные результаты, обладающие несомненной научной новизной.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность и обоснованность заключения по работе, а также научных положений,

вынесенных соискателем на защиту, не вызывают никаких сомнений. Для анализа рода фазового перехода «металл – волна плотности» в органических металлах $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ и $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ был использован известный теоретический метод разложения свободной энергии Ландау-Гинзбурга, а результаты оценки размеров сверхпроводящих доменов были подтверждены несколькими независимыми методами. Для экспериментальных исследований использовалось современное оборудование и стандартизованные методики. Выводы, касающиеся соединения FeSe , подтверждены натурными экспериментами на микромостиках FeSe и согласуются с полученными значениями анизотропии избыточной проводимости выше температуры перехода в сверхпроводящее состояние. В целом же, полученные результаты не противоречат современным представлениям физики твёрдого тела и, в частности, физики сверхпроводников, и сопоставимы с опубликованными данными других авторов по аналогичной тематике. Результаты работы были представлены на 4 международных и 1 российской научных конференциях, что также подтверждает их высокую достоверность и корректность.

Личный вклад соискателя

В представленном диссертационном исследовании вклад соискателя, по сути, является определяющим и заключается в выполнении теоретических и численных исследований (включая программирование вычислений методом Монте-Карло), анализ и систематизацию литературных данных, обработку и интерпретацию теоретических, численных и экспериментальных результатов, участия в подготовке публикаций по теме диссертации и представлении устных и стендовых докладов на научных конференциях.

Результаты диссертационной работы **опубликованы** в 3 печатных работах в рецензируемых научных изданиях уровня Q1-Q2, входящих в базы Web of Science и Scopus.

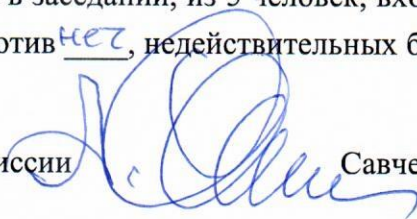
Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени **не нарушен**.

Диссертация Кочева Владислава Дмитриевича на тему «Неоднородная зарождающаяся сверхпроводимость в органических металлах и селениде железа» **соответствует** критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как представленные в ней результаты и выводы, полученные на основании исследований автора, обладают несомненной научной новизной, носят фундаментальный характер, в частности, вносят весомый вклад в понимание микроскопических причин наблюдаемой пространственной неоднородности зарождающейся сверхпроводимости в органических металлах и в селениде железа, и безусловно значимы для развития фундаментальных основ физики конденсированного состояния и, в частности, методологии теоретических и экспериментальных исследований в области сверхпроводимости гетерогенных анизотропных соединений и систем.

Экспертная комиссия, учитывая актуальность, теоретический вклад и уровень научных результатов, приняла решение **о возможности присуждения** Кочеву Владиславу Дмитриевичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования Экспертная комиссия в составе 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав Экспертной комиссии, проголосовала: за 4, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии



Савченко Александр Григорьевич

8 сентября 2025 года