

УДК: 539.1/539.2; 538.9; 537.9

Калмыков Н.Н., канд. соц. наук,

Генеральный директор издательства «Целлюлоза»

Россия, Москва

РАННЯЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ ПОЛЯРОНОВ: ПРИОРИТЕТ, РЕЦЕПЦИЯ И ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЕ ИСКАЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РАБОТ Н. И. КРИВКО, А. И. ГУБАНОВА И Н. М. РЕЙНОВА, 1959–1960)

Аннотация. В статье проведён источниковедческий анализ ранней экспериментальной верификации мобильных поляронов в Cu_2O методом циклотронного (диамагнитного) резонанса по публикации 1959–1960 гг. (А. И. Губанов, Н. И. Кривко, Н. М. Рейнов). Цель исследования — зафиксировать приоритет постановки прямой экспериментальной проверки через измерение поляронной массы и проследить раннюю международную рецепцию первоисточника. Методология включает верификацию первичных формулировок и дат, анализ ранних зарубежных цитирований (1963–1966), а также сопоставление рамки новизны рецензируемых публикаций с её расширениями в медийных пересказах. Показано, что первоисточник рано включён в международный ссылочный оборот и сохраняет признание в последующей рецензируемой литературе; при этом в медиадискурсе встречаются обобщающие формулы «впервые», расширяющие объём заявленной новизны по сравнению с рамкой рецензируемой публикации. Сформулирована историографически корректная позиция, разграничивающая приоритет первичной экспериментальной фиксации и позднейшие узкоспецифические новизны, относящиеся к отдельным классам материалов и типам доказательства.

Ключевые слова: поляроны; циклотронный резонанс; Cu_2O ; эффективная масса; экспериментальная верификация; научный приоритет; историография науки; утрата первоисточника в цепочке ссылок.

UDC: 539.1/539.2; 538.9; 537.9

KALMYKOV N.N., Ph.D. (Sociology)

Position: Chief Executive Officer

Organization: Zelluloza.ru LLC

EARLY EXPERIMENTAL VERIFICATION OF MOBILE POLARONS: PRIORITY, RECEPTION, AND HISTORIOGRAPHIC DISTORTIONS (THE CASE OF N. I. KRIVKO, A. I. GUBANOV, AND N. M. REINOV, 1959–1960)

Abstract. This paper presents a source-based analysis of an early experimental verification of mobile polarons in Cu_2O via cyclotron (diamagnetic) resonance reported in the 1959–1960 work by A. I. Gubanov, N. I. Krivko, and N. M. Reinov. The study documents the priority of the explicit direct experimental verification program based on polaron-mass determination and traces the early international reception of the primary source through citations from 1963–1966. The methodology combines primary-source verification (claims, dates, experimental design), bibliometric tracing of early citations, and a comparative analysis of novelty framing in peer-reviewed papers versus its expansion in media narratives. The results show that the 1959–1960 paper entered the international citation record by 1963–1966 and remains recognized in later peer-reviewed literature, whereas media texts often broaden “first” claims beyond the peer-reviewed scope. The paper formulates a historically sound position on priority and scope, distinguishing the early cyclotron-resonance verification program from later system-specific spectroscopic “first” claims.

Keywords: polarons; cyclotron resonance; Cu₂O; effective mass; experimental verification; scientific priority; historiography of science; loss of the primary source in citation chains.

Введение

Проблема научного приоритета в физике квазичастиц осложняется тем, что теоретическое введение объекта и его экспериментальная верификация во времени нередко разнесены, а позднейшие медийные интерпретации склонны расширять формулы «впервые» и «доказано». Теоретические основания поляронной концепции были заложены в классических работах Х. Фрëлиха (1954) и Т. Холстейна (1959), где электрон рассматривается как носитель, взаимодействующий с фононным полем кристалла и образующий составную квазичастицу особого типа [21–22]. Однако сами по себе теоретические модели большого и малого полярона не заменяют экспериментальную проверку существования мобильных поляронов, что и определяет значимость работ 1959–1960 гг. в контексте данной статьи. В этом смысле задача 1959–1960 гг. состоит не в уточнении теории, а в переводе полярона в режим измеряемого объекта через резонансную массу [1]. При этом выбранный экспериментальный канал верификации должен быть дисциплинарно легитимен: в поляронной физике циклотронный резонанс в магнитном поле рассматривается как один из канонических методов исследования эффективной массы и эффектов, связанных с электрон-фононным взаимодействием, что делает подход циклотронного резонанса (ЦР) релевантным для обсуждения экспериментальной верификации [18].

Объектом настоящего исследования является ранняя экспериментальная верификация мобильных поляронов через измерение эффективной (поляронной) массы методом циклотронного (диамагнитного) резонанса в

кристалле Cu_2O . Предмет исследования — приоритет постановки и реализации данной задачи в публикации 1959–1960 гг., роль Н. И. Кривко как экспериментатора в составе авторского коллектива (А. И. Губанов, Н. И. Кривко, Н. М. Рейнов), а также последующая международная рецепция и историографическая трансформация данного узла.

Цель статьи — документально зафиксировать приоритет ранней экспериментальной программы по прямой проверке существования мобильных поляронов и показать, каким образом позднейшие формулировки заявок на новизну в научных и околонучных публикациях расширяют рамку новизны по сравнению с первоисточником.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) реконструировать постановку задачи «прямое экспериментальное подтверждение» и установить хронологический приоритет публикации 1959–1960 гг. [1];
- 2) проанализировать роль Н. И. Кривко как экспериментатора на основе корпуса его ранних работ [2–4];
- 3) проследить раннюю международную рецепцию первоисточника (1963–1966) и последующую нормализацию результатов (1970-е гг.) [5–7, 19, 20];
- 4) сопоставить современные формулировки в рецензируемых публикациях (PRL 2025) с медийными интерпретациями и выявить расхождение объёма заявленной новизны [8–10, 11, 13–16];
- 5) сформулировать корректную историографическую позицию относительно приоритета и вклада Н. И. Кривко и его коллег.

Научная новизна работы состоит в источниковедчески верифицированной реконструкции приоритета экспериментальной верификации мобильных поляронов в 1959–1960 гг., в типологизации механизмов «признание / утрата

первоисточника» в последующей литературе и в доказательном разведении узкой новизны рецензируемых публикаций и расширенного медийного дискурса «первооткрывательства».

Под приоритетом в настоящем исследовании понимается совокупность следующих критериев: (1) явная постановка задачи прямой экспериментальной проверки существования мобильных поляронов; (2) реализация измерительного критерия (определение эффективной/поляронной массы методом циклотронного резонанса); (3) публикационная фиксация результата с установленной датой поступления рукописи; (4) ранняя международная рецепция первоисточника в зарубежной научной литературе.

Методы и материалы

Исследование основано на анализе первичных научных публикаций и сопоставлении их с последующей рецепцией в международной литературе. В корпус первичных источников включены: публикация 1959–1960 гг. в ZhETF / Sov. Phys. JETP [1], ранние работы с участием Н. И. Кривко, подтверждающие его экспериментальную компетенцию [2–4], а также статьи зарубежных журналов, в которых первоисточник фигурирует в системе научных ссылок [5], [20], [6]. Для анализа динамики интерпретаций использована публикация 1979 г., посвящённая режимным и примесным факторам в экспериментах ЦР [7], а также современная работа по временно́-разрешённому циклотронному резонансу, демонстрирующая продолжение метода и прямое обращение к ранней линии [8].

Отдельный блок источников составляют материалы PRL 2025 и дополнительные материалы, используемые для фиксации узкой формулы новизны и границ применимости утверждений о первенстве [9, 12]. Пресс- и медийные публикации включены строго как материал для аудита заявок на

новизну и сопоставления дискурсивных расширений с рамкой рецензируемой публикации [11, 13–16].

В статье различаются уровни источников: (а) первичные рецензируемые научные публикации и их переводные версии, используемые как доказательная база (например, [1], [5]–[9], [20]); (б) вторичные научные своды/обзоры, фиксирующие интерпретацию вклада первоисточника и его место в дисциплинарной традиции (например, [19]); (в) пресс- и медийные тексты, рассматриваемые исключительно как материал для аудита заявок на новизну и анализа дискурсивных расширений (например, [11, 13–16]); (г) публицистические свидетельства, используемые только для реконструкции восприятия результата и контекстуальной рецепции, но не как доказательство экспериментального факта [24].

1) источниковедческий анализ (верификация дат, формулировок целей и выводов в первоисточниках);

2) библиометрический анализ ранней международной рецепции (наличие первоисточника в списке литературы и последующих сводных корпусах);

3) сравнительный анализ формулировок заявок на новизну (рецензируемые публикации vs пресс/медиа) с фиксацией объёма заявленной новизны;

4) реконструкцию механизмов утраты первоисточника в цепочке ссылок на примере сопоставления экспериментальной линии ЦР и прикладных работ.

В работе принципиально различаются: (а) теоретическое введение полярона как квазичастицы, (б) экспериментальная верификация мобильных поляронов конкретным методом (циклотронный резонанс), и (в) позднейшие узкие новизны, относящиеся к конкретным классам материалов и типам

доказательства. Отказ от недоказуемых обобщений типа «первый в мире» является осознанным методическим ограничением исследования.

Результаты

1. Приоритетная постановка прямой экспериментальной проверки (1959–1960)

1.1. Формулировка задачи и критерий «прямой проверки»

В первоисточнике 1959–1960 гг. авторы фиксируют центральную проблему полярной физики того периода как отсутствие прямой экспериментальной верификации существования подвижных (мобильных) поляронов. В тексте статьи прямо формулируется задача прямого экспериментального подтверждения существования мобильных поляронов [1], что позволяет опираться на формулировки авторов первоисточника. В качестве критерия «прямой проверки» предлагается измерение эффективной массы носителя заряда, сопоставимой с теоретически ожидаемой полярной массой, в условиях, обеспечивающих наблюдение циклотронного (диамагнитного) резонанса [1].

Ключевым для установления приоритета является то, что данная постановка задачи присутствует в самом тексте статьи, а не в последующих пересказах; кроме того, архив публикации фиксирует дату поступления рукописи 10 июля 1959 г., что задаёт хронологический маркер для сравнения с последующими международными экспериментами и интерпретациями [1].

1.2. Методика: циклотронный (диамагнитный) резонанс в Cu_2O

Экспериментальная программа реализована на кристаллах Cu_2O с использованием диамагнитного (циклотронного) резонанса в магнитном поле при низких температурах. Принципиальным элементом дизайна опыта выступает формирование носителей заряда при освещении (фотоинжекция) и регистрация резонансного поглощения СВЧ-излучения как функции магнитного

поля [1]. В итоге измеряемая величина (резонансное условие) напрямую связывается с эффективной массой носителей.

Для источниковедческого анализа важно, что используется резонансный метод, в котором масса выступает измеряемым параметром; режим опыта задаётся низкими температурами и высокими полями при фотоинжекции; а интерпретация результата привязана к поляронной модели через сопоставление оценок масс [1].

1.3. Результаты: наблюдение нескольких максимумов и интерпретация масс

В работе сообщается о наблюдении нескольких максимумов поглощения, соответствующих различным оценкам эффективной массы. Один из максимумов интерпретируется как «зонная» масса, а другие — как «тяжёлые» массы, сопоставимые с поляронной [1]. Существенно, что вывод строится не на единичном наблюдении, а на сопоставлении нескольких резонансных особенностей с теоретическими оценками, доступными на момент работы.

Для аргумента о приоритете Н. И. Кривко и соавторов важно подчеркнуть: первоисточник фиксирует не только численные оценки и экспериментальную постановку, но и методологическую рамку доказательства — «полярон как измеряемый объект» через резонансную массу. Именно эта рамка делает работу 1959–1960 гг. приоритетным узлом в истории экспериментальной верификации мобильных поляронов [1].

1.4. Приоритет и корректная историографическая формула

На основании первоисточника корректной является следующая формула приоритета: публикация 1959–1960 гг. представляет собой раннюю прямую экспериментальную попытку верификации существования мобильных поляронов через измерение поляронной массы методом циклотронного резонанса в Si_2O , с документально фиксированной датой поступления

рукописи [1]. Утверждения более широкого типа («первое экспериментальное доказательство полярона вообще») требуют иной базы сравнения и не следуют непосредственно из данного источника.

Дополнительно важно, что вклад работы 1959–1960 гг. фиксируется и во вторичном международном корпусе: в обзорных и справочных материалах она описывается как сообщение об экспериментальной поляронной массе в Cu_2O и включается в сводные таблицы/перечни источников по эффективным массам, что подтверждает устойчивость её интерпретации как экспериментального узла поляронной физики [19].

2. Атрибуция экспериментального вклада: резонансная школа и траектория Н. И. Кривко

2.1. Предшествующая резонансная компетенция: Комар–Кривко (1957)

Для атрибуции роли Н. И. Кривко в экспериментальном контуре 1959–1960 гг. существенен корпус его предшествующих работ по резонансным методам. Уже в 1957 г. Кривко выступает соавтором исследования по ферромагнитному резонансу, где представлены количественные параметры (g -фактор и релаксационные времена) и сопоставление измерений при комнатной и гелиевой температуре [2]. Содержательно это указывает на сформированную экспериментальную компетенцию в области СВЧ-измерений, сильных магнитных полей и низкотемпературных режимов, непосредственно релевантную постановке эксперимента ЦР в Cu_2O .

Указанная работа одновременно фиксирует научную среду и предшествующий контур руководства: участие А. П. Комара как соавтора отражает преэминентность экспериментальной школы, в рамках которой формировались навыки и методики, применённые затем в поляронной программе [2].

2.2. Роль теоретического контура (А. И. Губанов) и руководителя/соавтора (Н. М. Рейнов)

В первоисточнике 1959–1960 гг. метод доказательства строится на сопоставлении экспериментально определяемой массы с теоретически ожидаемой поляронной массой [1]. Это требует наличия теоретического контура интерпретации и выбора критериев согласования результата с моделью. В данной конфигурации А. И. Губанов репрезентирует теоретическую линию, обеспечивающую перевод экспериментального измерения в язык поляронной модели, тогда как Н. М. Рейнов выступает как руководитель и соавтор, интегрирующий постановку задачи, эксперимент и интерпретацию в единую публикационную фиксацию результата [1].

Для целей настоящей статьи принципиально, что данное распределение ролей реконструируется не по биографическим свидетельствам, а через функциональные требования метода доказательства, зафиксированные в первоисточнике: экспериментальная часть (измерение ЦР) и теоретическая часть (критерий поляронной массы) образуют связанную систему аргументации [1].

2.3. Непрерывность экспериментального профиля: Krivko–Berger (1966)

Роль Н. И. Кривко как экспериментатора подтверждается и последующими публикациями, где он выступает ведущим автором и реализует независимую экспериментальную программу. В работе 1965/1966 гг. по локальным магнитным полям на поверхности сверхпроводника в смешанном состоянии используется ЭПР-зонд, анализируются режимные эффекты и зависимость результатов от истории намагничивания образца [3]. Наличие самостоятельной экспериментальной линии после 1960 г. снимает интерпретацию Кривко как «номинального» соавтора и укрепляет атрибуцию его роли как носителя экспериментальной компетенции.

2.4. Поздний экспериментальный контур (1989): интерфейс «сверхпроводник–Si»

Для источниковедческой атрибуции научной траектории Н. И. Кривко важно зафиксировать и поздний экспериментальный контур, представленный работой по интерфейсу «сверхпроводник–Si» (ФТТ, 1989) [4]. Данная публикация не относится непосредственно к поляронной проблематике, однако демонстрирует сохранение экспериментального профиля автора в тематике низкотемпературной физики и физики твёрдотельных интерфейсов.

Непрерывность исследовательской линии подтверждается и серией публикаций Н. И. Кривко в «Физике и технике полупроводников» конца 1970-х — начала 1980-х годов [26–28]. Их присутствие в англоязычном ссылочном контуре подтверждается, в частности, использованием ссылки на «Sov. Phys. Semicond. 11, 1315 (1977)» в Applied Physics Letters (1980) [25]. Для настоящей статьи этот контур важен как дополнительное подтверждение международной видимости экспериментатора и устойчивости его научной траектории.

3. Международная рецепция и включение в научный оборот (1963–1966)

3.1. Ранние международные цитирования и дисциплинарное включение

Одним из ключевых критериев устойчивости научного приоритета является скорость и характер международной рецепции первоисточника. Документально подтверждаемыми маркерами раннего включения работы 1959–1960 гг. в международный научный оборот являются её присутствие в зарубежной журнальной литературе 1960-х гг., включая ссылочные упоминания в The Journal of Chemical Physics (1963) [5], Journal de Physique (1965) [20] и physica status solidi (b) (1966) [6]. Наличие первоисточника в системе научных ссылок зарубежных журналов показывает, что экспериментальная постановка задачи и интерпретация результатов были восприняты как релевантные для

обсуждения электронно-фононных взаимодействий и связанных с ними эффектов.

Показательно для аргумента о приоритете то, что первоисточник включён в зарубежную систему ссылок уже в 1963–1966 гг. [5], [20], [6], а его трактовка как сообщения об экспериментальной поляронной массе в Cu_2O дополнительно закрепляется в обзорном корпусе [19]. В дальнейшем канал ЦР в Cu_2O закрепляется как устойчивый экспериментальный инструментарий (1976) и переводится в режим уточнения физических механизмов (1979) [23], [7].

В качестве дополнительного историографического свидетельства привлечено научно-популярное изложение И. Л. Радунской в книге «Безумные» идеи (1965), где группа описана как «доктор физико-математических наук Н. М. Рейнов в сопровождении теоретика А. И. Губанова и экспериментатора Н. И. Кривко»; автор также воспроизводит ключевые параметры эксперимента (криостат с жидким гелием, сантиметровые радиоволны, магнитные поля 2350; 19600; 21600 эрстед) и трактует результат как обнаружение подвижного полярона. Данный источник используется исключительно как свидетельство рецепции и контекста, а не как доказательство экспериментального факта [24].

4. Нормализация и уточнение режимов (1970-е годы)

Развитие экспериментальной поляронной тематики в 1970-е гг. сопровождалось уточнением условий наблюдения циклотронного резонанса и анализом влияния примесей, дефектов и механизмов рассеяния на форму и положение резонансных линий. Публикация 1979 г. в *physica status solidi (b)* [7] представляет собой характерный пример такого этапа нормализации.

В данной работе исследуется влияние примесного рассеяния на циклотронный резонанс носителей в Cu_2O , а также обсуждается возможность внешней природы одной из наблюдаемых линий [7]. Отметим, что постановка вопроса в 1979 г. не направлена на опровержение самой возможности

экспериментального выявления поляронных эффектов, а сосредоточена на уточнении интерпретации и разграничении вкладов внутренних/внешних в наблюдаемых характеристиках.

Это позволяет сделать принципиальный вывод: позднейшая литература развивает и уточняет ранний подход циклотронного резонанса, а не отменяет его. Следовательно, расхождения в численных оценках или в интерпретации отдельных максимумов не могут служить аргументом против приоритета самой постановки задачи прямой экспериментальной проверки мобильных поляронов в 1959–1960 гг. [1].

5. Современное признание и развитие экспериментального канала (2000-е – 2010-е гг.)

В 1970-е годы циклотронный резонанс в Cu_2O закрепляется как международный экспериментальный канал. В частности, в работе Hodbu et al. (1976) методом циклотронного резонанса исследованы электроны и дырки в Cu_2O при низких температурах, а публикация используется в последующей литературе как опорный источник по эффективным массам [23]. Таким образом, формируется промежуточный узел между ранними экспериментами 1959–1960 гг. и более поздними уточняющими исследованиями [1].

В современной физике твёрдого тела циклотронный резонанс остаётся одним из канонических методов исследования эффективной массы носителей и их взаимодействия с решёткой. Работа по временно-разрешённому циклотронному резонансу в Cu_2O (2012 г.) [8] демонстрирует, что данный экспериментальный канал не только сохраняет актуальность, но и расширяется за счёт временного разрешения, позволяя исследовать динамику носителей в неравновесных условиях.

Существенным для настоящего исследования является тот факт, что в современной публикации 2012 г. присутствует ссылка на первоисточник 1959–

1960 г. [8]. Таким образом, 1976–1979 годы задают переход от первичной постановки задачи к режиму нормализации интерпретаций, а 2012 г. демонстрирует современное признание раннего узла в традиции рецензируемых публикаций [23], [7], [8]. Это свидетельствует о сохранении признания в рамках академической традиции: ранний узел не исчез из поля зрения научного сообщества и продолжает рассматриваться как часть истории метода.

В итоге линия 1959–1960 гг. не только имела раннюю международную рецепцию, но и остаётся интегрированной в современную научную литературу.

Для наглядности эволюция ключевых узлов может быть представлена в виде сводной схемы: 1954–1959 — теоретическое оформление поляронной модели [21–22]; 1959–1960 — экспериментальная постановка и измерение поляронной массы методом ЦР [1]; 1963–1966 — ранняя международная рецепция [5], [20], [6]; 1976–1979 — нормализация и уточнение экспериментальных режимов [23], [7]; 2012 — современное признание в рецензируемой литературе [8].

6. Аудит заявок на новизну: рамка рецензируемой публикации и медийное расширение

6.1. Узкая рамка рецензируемой публикации 2025 г.

Для корректной историографической оценки позднейших заявок на новизну принципиально различать формулировки рецензируемой публикации и медийные пересказы. В PRL-2025 авторы формулируют проблему как отсутствие ранее «ясных спектроскопических доказательств» для обсуждаемых квазичастичных состояний в выбранном классе систем и представляют результаты объёмочувствительной фотоэмиссионной спектроскопии, интерпретируемые как поляроноподобное (Holstein) квазичастичное возбуждение [9]. Дополнительно показательно, что данная линия исследования развивалась авторами последовательно: в 2024 г. ими была опубликована

работа, посвящённая тонкой структуре 4f-сигналов и постановке вопроса о взаимодействиях за пределами стандартной Anderson-модели, что методологически превосходит поляронную интерпретацию 2025 г. [17]. Дополнительные материалы уточняют методические и модельные основания интерпретации наблюдаемых спектральных особенностей [12].

Следовательно, научная новизна PRL-2025 локализована в трёх параметрах: (1) тип доказательства — объёмочувствительная спектроскопия; (2) класс материалов — смешанновалентные системы с переходом валентности; (3) конкретные условия эксперимента. Из текста рецензируемой публикации не следует утверждение о «первом экспериментальном доказательстве полярона вообще».

6.2. Медийные формулировки и расширение объёма заявленной новизны

В зарубежных пресс- и медийных публикациях, синдицирующих результаты PRL-2025, встречаются расширенные формулировки типа «эффект ранее не был экспериментально доказан», «впервые сделан видимым» или «поляроны обнаружены впервые» [11, 13–16]. Эти формулировки расширяют объём заявленной новизны по сравнению с рамкой рецензируемой публикации [9, 12].

Для наглядности различия приведём сопоставительную таблицу.

Таблица 1. Сопоставление формулировок заявок на новизну

Источник	Формулировка (кратко)	Объём заявленной новизны	Комментарий
PRL 2025 [9]	«ясные спектроскопические доказательства»	Узкий	Новизна ограничена классом материалов и

			типом доказательства
Дополнительные материалы [12]	модельная интерпретация: полярон Холстейна	Узкий	Уточнение интерпретации в рамках PRL-2025
DESY [11]	«ранее не было экспериментального подтверждения / впервые сделано наблюдаемым»	Расширенный	Расширение без явного ограничения по классу систем
AZoQuantum [13]	«впервые / экспериментально доказано»	Расширенный	Синдикация пресс-формулы с широким объёмом
ChemEurope [14]	«поляроны обнаружены впервые»	Расширенный	Заголовочное обобщение, не совпадающее с рамкой рецензируемой публикации
Gizmodo [15]	«впервые обнаружены поляроны в данном соединении»	Частично ограниченный	Ограничение по материалу присутствует, однако отсутствует указание на предшествующую

			экспериментальную базу работ
--	--	--	------------------------------

Из сопоставления следует, что расширение объёма заявленной новизны возникает преимущественно на этапе популяризации результатов и не выводится из формулировок рецензируемой публикации.

Примечание. В таблице приведены краткие пересказы формулировок; первичные тексты см. в [9, 12], пресс/медиа — в [11, 13–16].

В историографической перспективе подобное расширение создаёт эффект «первооткрывательства», не соответствующий фактическому состоянию дисциплины. Поэтому важно отделять узкую новизну рецензируемой публикации от расширенных медийных формул, которые при отсутствии видимой цепочки ссылок легко создают впечатление «первооткрывательства». Полярон как экспериментально наблюдаемый эффект, в частности через измерение эффективной массы методом циклотронного резонанса, документально фиксируется значительно ранее, включая публикацию 1959–1960 гг. [1].

6.3. Механизм структурной утраты первоисточника в цепочке ссылок

Анализ цепочек ссылок показывает, что в прикладной литературе приоритетные первоисточники могут «исчезать» из видимого контура обоснований. В ряде современных работ по Cu_2O эффективные массы обосновываются через первопринципные расчёты или более поздние источники, без обращения к ранней экспериментальной линии ЦР 1959–1960 гг. [10]. В частности, в [10] массы обосновываются через ссылки 18–19 (Phys. Rev. B 56 (1997); Phys. Rev. B 65 (2002)), минуя ранний экспериментальный узел [1].

Для систематизации различим два типа реакции научного корпуса на первоисточник.

Таблица 2. Прямое признание и утрата первоисточника в цепочке ссылок

Тип	Пример	Характер ссылки
Прямое признание	PRB 2012 [8]	Прямая ссылка на ZhETF/JETP 1960
Утрата первоисточника	Nature 2024 [10]	Использование параметров без ссылки на ранний экспериментальный узел

Подобная утрата первоисточника в цепочке ссылок не обязательно свидетельствует о недобросовестности; однако она размывает приоритет, поскольку ранний экспериментальный узел оказывается вне «естественной» траектории ссылок, повышая вероятность некорректных обобщений типа «впервые доказано».

6.4. Итоговое сопоставление объёма заявленной новизны

Сопоставление текста рецензируемой публикации [9], дополнительных материалов [12] и пресс/медиа-синдикаций [11, 13–16] показывает, что расширение объёма заявленной новизны возникает на этапе популяризации результатов: в рецензируемой публикации новизна ограничена конкретным классом систем и типом доказательства, тогда как в медийном дискурсе нередко используется обобщающая формула «впервые», не воспроизводящая эти ограничения.

Заключение

В завершение зафиксируем основные выводы исследования.

Во-первых, публикация 1959–1960 гг. задаёт раннюю постановку задачи прямой экспериментальной проверки мобильных поляронов через измерение поляронной массы методом циклотронного резонанса в Cu_2O , с зафиксированной датой поступления рукописи и сформулированным критерием

доказательства [1]. Атрибуция роли Н. И. Кривко как экспериментатора с теоретиками соавторами укрепляется как участием в приоритетной публикации, так и корпусом его резонансных и низкотемпературных работ до и после 1960 г. [2–4].

Во-вторых, первоисточник рано включён в международный ссылочный оборот (1963–1966), что подтверждается зарубежными цитированиями [5], [20], [6]. Последующая литература развивает и нормализует экспериментальный канал (включая анализ режимных и примесных факторов), а в современной рецензируемой литературе сохраняется прямое признание раннего узла [7–8].

В-третьих, сопоставление рамки рецензируемой публикации PRL-2025 с пресс- и медийными пересказами показывает, что расширенные формулы «впервые» относятся к дискурсу популяризации и не воспроизводят ограничений по классу систем и типу доказательства, фиксируемых в рецензируемых публикациях [9], [11], [13–16]. Наиболее уязвимым механизмом, поддерживающим такие расширения, является структурная утрата первоисточника в цепочке ссылок, когда ранний экспериментальный узел перестаёт быть видимым в последующих обоснованиях [10].

Таким образом, корректная историографическая позиция требует разведения: (а) ранней экспериментальной верификации мобильных поляронов через массу, измеряемую методом циклотронного резонанса (1959–1960), и (б) позднейших узкоспециализированных спектроскопических идентификаций в конкретных классах материалов. Такое разведение позволяет корректно описывать вклад Н. И. Кривко и его коллег и избегать историографически неточных обобщений о «первооткрывательстве».

Значимость проведённого анализа выходит за пределы вопроса о персональном приоритете. Поляронные эффекты лежат в основе современных представлений о переносе заряда и энергии в твёрдом теле и напрямую связаны

с прикладными направлениями — от оптоэлектроники и фотоэлектрохимии до термоэлектрики и функциональных «квантовых материалов». Историографическая фиксация ранних экспериментальных узлов и опорных параметров (включая эффективные массы, извлекаемые из циклотронного резонанса) важна для корректной реконструкции траекторий развития методов, сопоставления результатов разных школ и повышения воспроизводимости интерпретаций в актуальных исследованиях.

Использованные источники

1. Gubanov A. I., Krivko N. I., Reinov N. M. Experimental determination of the polaron mass in cuprous oxide // Soviet Physics JETP. 1960. Vol. 11, No. 2. P. 247–249 (ориг.: Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1960. Т. 38, № 2. С. 341–344). URL: https://www.jetp.ras.ru/cgi-bin/dn/e_011_02_0247.pdf (дата обращения: 15.02.2026).

2. Комар А. П., Кривко Н. И. Температурная зависимость g-фактора и времени релаксации при ферромагнитном резонансе для некоторых ферритов // Доклады Академии наук СССР. 1957. Т. 114, № 1. С. 64–66. URL: https://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=dan&option_lang=rus&paperid=21909&what=fullt (дата обращения: 15.02.2026).

3. Krivko N. I., Berger M. M. Local magnetic fields at the surface of a superconductor in the mixed state // Soviet Physics JETP. 1966. Vol. 22, No. 3. P. 505–507. URL: https://www.jetp.ras.ru/cgi-bin/dn/e_022_03_0505.pdf (дата обращения: 15.02.2026).

4. Krivko N. I. Study of the superconductor–Si interface // Fizika tverdogo tela. 1989. Vol. 31, No. 6. P. 225–230. URL: <https://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?>

jrnlid=ftt&option_lang=eng&paperid=5428&what=fullt (дата обращения: 15.02.2026).

5. O’Keeffe M. Infrared Optical Properties of Cuprous Oxide // The Journal of Chemical Physics. 1963. Vol. 39, No. 7. P. 1789–1793. DOI: 10.1063/1.1734530. URL: https://pubs.aip.org/aip/jcp/article-pdf/39/7/1789/18830465/1789_1_online.pdf (дата обращения: 15.02.2026).

6. Moskalenko S. A., Khadzhi P. I. Infrared absorption by excitons due to photoionization and intraband lattice scattering // *physica status solidi (b)*. 1966. Vol. 18, Issue 1. P. 379–390. DOI: 10.1002/pssb.19660180136. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/pssb.19660180136> (дата обращения: 15.02.2026).

7. Goltzené A., Schwab C. Impurity scattering effect on the cyclotron resonance of carriers in Cu₂O // *physica status solidi (b)*. 1979. Vol. 92. P. 483–487. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/pssb.2220920217> (дата обращения: 15.02.2026).

8. Naka N., et al. Time-resolved cyclotron resonance in cuprous oxide // *Physical Review B*. 2012. Vol. 85. 035209. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevB.85.035209> (дата обращения: 15.02.2026).

9. Min C.-H., et al. Polaronic quasiparticles in the valence-transition compound TmSe_{1-x}Te_x // *Physical Review Letters*. 2025. Vol. 135. 186501. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.135.186501> (дата обращения: 15.02.2026).

10. Pan Y., et al. High carrier mobility along the [111] orientation in Cu₂O photoelectrodes // *Nature*. 2024. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07273-8> (дата обращения: 15.02.2026).

11. Quasiparticle solves mystery of vanishing conductivity (DESY news) [Электронный ресурс]. URL:

https://desy.de/desy_latest_news/2025/rossnagel_quasi_particles/index_eng.html
(дата обращения: 15.02.2026).

12. Quasi-particle solves mystery of vanishing conductivity (AZoQuantum news) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.azoquantum.com/News.aspx?newsID=10948> (дата обращения: 15.02.2026).

13. Quasiparticle solves mystery of vanishing conductivity (chemeurope.com) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chemeurope.com/en/news/1187457/quasiparticle-solves-mystery-of-vanishing-conductivity.html> (дата обращения: 15.02.2026).

14. Gizmodo. Physicists decode particle dance that kills electrical conductivity [Электронный ресурс]. URL: <https://gizmodo.com/physicists-decode-particle-dance-that-kills-electrical-conductivity-2000680939> (дата обращения: 15.02.2026).

15. DESY Photon Science. New quasi-particle discovered in rare earth material [Электронный ресурс]. URL: https://photon-science.desy.de/news__events/news__highlights/new_quasi_particle_discovered_in_rare_earth_material/index_eng.html (дата обращения: 15.02.2026).

16. Supplemental Material for «Polaronic quasiparticles in the valence-transition compound $TmSe_{1-x}Te_x$ » // Physical Review Letters. 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://journals.aps.org/prl/supplemental/10.1103/PhysRevLett.135.186501> (дата обращения: 15.02.2026).

17. Min C.-H., et al. Anomalous 4f fine structure in $TmSe_{1-x}Te_x$ across the metal-insulator transition. arXiv:2406.02408, 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2406.02408> (дата обращения: 15.02.2026).

18. Devreese J. T. Polarons // arXiv:cond-mat/0004497. 2000. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/cond-mat/0004497> (дата обращения: 15.02.2026).

19. Blakemore J. S. Semiconductor Statistics. Pergamon Press, Oxford–London–New York–Paris, 1962. [Электронный ресурс]. URL: <https://lab.semi.ac.cn/library/upload/files/2021/12/17135444809.pdf> (дата обращения: 15.02.2026). (В тексте фиксируется ссылка на Gubanov, Krivko, Reinov, ЖЕТП 11 (1960) 247 как источник экспериментальной поляронной массы в Cu_2O .)

20. Grivet P., Avenel P. Dielectric constant of Cu_2O at low temperatures // Journal de Physique. 1965. Vol. 26, No. 6. P. 323–325. (В списке литературы: Gubanov, Krivko et Reinov, ЖЕТП 11 (1960) 247.) [Электронный ресурс]. URL: https://jphys.journaldephysique.org/en/articles/jphys/ref/1965/06/jphys_1965__26_6_323_0/jphys_1965__26_6_323_0.html (дата обращения: 15.02.2026).

21. Fröhlich H. Electrons in lattice fields // Advances in Physics. 1954. Vol. 3, No. 11. P. 325–361. DOI: 10.1080/00018735400101213. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00018735400101213> (дата обращения: 15.02.2026).

22. Holstein T. Studies of polaron motion. Part I. The molecular-crystal model // Annals of Physics. 1959. Vol. 8. P. 325–342. DOI: 10.1016/0003-4916(59)90002-8. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003491659900028> (дата обращения: 15.02.2026).

23. Hodby J. W., Jenkins T. E., Schwab C., Tamura H., Trivich D. Cyclotron resonance of electrons and of holes in cuprous oxide, Cu_2O // Journal of Physics C: Solid State Physics. 1976. Vol. 9, No. 8. P. 1429–1439. DOI: 10.1088/0022-

3719/9/8/014. URL: <https://doi.org/10.1088/0022-3719/9/8/014> (дата обращения: 15.02.2026).

24. Радунская И. Л. «Безумные» идеи. — М.: Молодая гвардия, 1965. — (Серия «Эврика»). URL: <https://n-t.ru/ri/rd/bi10.htm> (дата обращения: 15.02.2026).

25. Dawar A. L., Wadia N. K. The electrical effect of hydrogen on InSb films // Applied Physics Letters. 1980. Vol. 37, No. 10. P. 957–959. URL: https://pubs.aip.org/aip/apl/article-pdf/37/10/957/18442676/957_1_online.pdf (дата обращения: 15.02.2026).

26. Кривко Н. И. Фотоэффект в системе металл–диэлектрик–полупроводник при низких температурах // Физика и техника полупроводников. 1977. Т. 11, № 11. С. 2235–2237.

27. Кривко Н. И. Исследование проводимости кремния со сверхпроводящими контактами // Физика и техника полупроводников. 1979. Т. 13, № 6. С. 1189–1192.

28. Кривко Н. И. Спектральная зависимость фотоэффекта в системе сверхпроводник–кремний // Физика и техника полупроводников. 1981. Т. 15, № 5. С. 1013–1014.