



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФИЦ ХФ РАН  
доктор физико-математических наук

В.С. Иванов

«18» мая 2026 г.

## ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2

заседания расширенного семинара лаборатории функциональных нанокompозитов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН) от 27 февраля 2026 г.

**Председатель:** главный научный сотрудник лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН д.ф.-м.н., профессор Трахтенберг Л.И.

**Секретарь:** старший научный сотрудник лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН к.ф.-м.н. Иким М.И.

**Присутствовали:** д.ф.-м.н., проф. Трахтенберг Л.И., д.х.н., проф. Политова Е.Д., д.х.н. Шляхтина А.В., д.х.н. Герасимов Г.Н., д.х.н. Громов В.Ф., д.ф.-м.н. Ходов И.А., к.ф.-м.н. Пигальский К.С., к.ф.-м.н. Иким М.И., к.ф.-м.н. Курмангалеев К.С., к.ф.-м.н. Демина В.А., к.ф.-м.н. Калева Г.М., Вишнёв А.А., Спиридонова Е.Ю., Полунин К.С.

**Повестка дня:** обсуждение диссертационной работы Балдина Егора Дмитриевича «Структура, полиморфизм и проводимость вольфраматов редкоземельных элементов состава  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  и  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ », представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. — физическая химия.

**Слушали:** доклад научного сотрудника лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН Балдина Егора Дмитриевича «Структура, полиморфизм и проводимость вольфраматов редкоземельных элементов состава  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  и  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ ».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра химической физики  
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)

Диссертация «Структура, полиморфизм и проводимость вольфраматов редкоземельных элементов состава  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  и  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ » выполнена в лаборатории функциональных нанокompозитов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ФИЦ ХФ РАН)

В 2022 году Балдин Е.Д. окончил физический факультет Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Физика функциональных наноматериалов» и поступил на работу в ФИЦ ХФ РАН на должность младшего научного сотрудника. В том же году поступил в аспирантуру ФИЦ ХФ РАН по специальности 1.3.17. В настоящее время работает в должности научного сотрудника.

**Научный руководитель:** Шляхтина Анна Викторовна, доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН.

После доклада состоялось обсуждение работы. В обсуждении работы участвовали:

д.ф.-м.н. Трахтенберг Л.И.  
д.х.н. Политова Е.Д.  
к.ф.-м.н. Пигальский К.С.  
к.ф.-м.н. Иким М.И.  
д.х.н. Герасимов Г.Н.  
д.ф.-м.н. Ходов И.А.

По докладу были заданы следующие вопросы:

1. д.ф.-м.н. Трахтенберг Л.И.: Вы использовали две мельницы с разной энергонапряженностью (Аронова и SPEX 8000M). Чем руководствовались при выборе режимов активации для разных систем?
2. д.х.н. Политова Е.Д.: Контролировали ли вы потерю массы при отжиге? Мог ли улетучиваться  $\text{WO}_3$ ?
3. д.ф.-м.н. Трахтенберг Л.И.: Для  $\text{Sm}_2\text{WO}_6$  вы идентифицировали четыре полиморфные модификации. Насколько воспроизводимы переходы при повторных циклах нагрева? Есть ли признаки обратимости каких-либо переходов при охлаждении, или они все необратимы?

4. к.ф.-м.н. Пигальский К.С.: Почему были выбраны именно эти редкоземельные элементы для синтеза вольфраматов? Рассматриваете ли Вы другие крупные РЗЭ, например церий или празеодим, для синтеза вольфраматов.

5. к.ф.-м.н. Иким М.И.: Вы использовали синхротронное излучение для уточнения структуры. Насколько критичным было его применение? Можно ли было обойтись обычным рентгеновским дифрактометром или синхротрон позволил увидеть принципиально новые детали?

6. д.х.н. Герасимов Г.Н.: Для  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$  вы обнаружили богатый полиморфизм. Насколько эти полиморфы стабильны во времени при комнатной температуре? Не происходит ли их медленного превращения в более стабильные формы?

7. к.ф.-м.н. Иким М.И.: Как соотносятся проводимости, полученных Вами соединений, с электронными характеристиками известных ионных проводников, например, YSZ?

8. д.ф.-м.н. Ходов И.А.: Почему механическая активация смеси оксидов позволяет получить метастабильные полиморфные модификации  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ , тогда как обычный твердофазный синтез их не даёт?

Докладчик подробно ответил на все заданные вопросы.

По итогам обсуждения рассмотренной диссертации принято следующее заключение:

**Личное участие соискателя.** Результаты, представленные в диссертации, получены при непосредственном участии автора, включая выбор направления исследований, планирование экспериментов, синтез и характеризацию образцов, обработку и интерпретацию полученных данных, формулировку основных положений и выводов. Соискатель лично участвовал в подготовке всех публикаций по теме диссертации и представлял результаты работы на российских и международных конференциях.

**Степень достоверности полученных результатов.** Достоверность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается использованием современного высокоточного оборудования, применением взаимодополняющих методов исследования, воспроизводимостью экспериментальных данных, а также согласованностью полученных результатов с литературными данными для родственных соединений. Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах и неоднократно докладывались на российских и международных конференциях.

**Научная новизна.** Ниже перечислены новые научные результаты, полученные в работе: (1) впервые проведено систематическое исследование электропроводности вольфраматов  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  в ряду  $\text{Ln} = \text{Nd} - \text{Yb}$  и установлены закономерности изменения типа проводимости в зависимости от ионного радиуса  $\text{Ln}^{3+}$  и атмосферы. (2) Впервые показано, что кристаллическая структура  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  адекватно описывается моноклинной ячейкой, производной от флюорита (пр. гр.  $I12/m1$ ), и установлена линейная зависимость параметров решётки от ионного радиуса  $\text{Ln}^{3+}$ . (3) Впервые синтезированы в виде керамик и охарактеризованы низкотемпературные полиморфные модификации  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$  ( $\delta\text{-Nd}_2\text{WO}_6$ ,  $\beta\text{-Sm}_2\text{WO}_6$ ,  $\alpha\text{-Sm}_2\text{WO}_6$ ,  $\alpha\text{-Dy}_2\text{WO}_6$ ). Для моноклинной модификации  $m\text{-Ln}_2\text{WO}_6$  в ряду  $\text{Ln} = \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}, \text{Gd}, \text{Dy}$  выявлено влияние ионного радиуса  $\text{Ln}^{3+}$  на величину электропроводности.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость работы заключается в углублении фундаментальных представлений о кристаллохимии редкоземельных вольфраматов: установлена адекватная структурная модель для семейства  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  (моноклинная ячейка, производная от флюорита) и детализирована картина полиморфизма  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ . Выявленные систематические зависимости электропроводности от ионного радиуса  $\text{Ln}^{3+}$  и внешних условий расширяют понимание механизмов ионного и электронного переноса в оксидах со структурой, близкой к дефектному флюориту. Разработанный подход к получению метастабильных фаз через механическую активацию представляет интерес для кристаллохимии и синтеза других неорганических соединений. Практическая значимость состоит в создании научной основы для целенаправленного поиска и дизайна новых кислород-ионных и смешанных проводников. Полученные материалы и установленные корреляции могут быть использованы при разработке электролитов, электродов или мембран для среднетемпературных электрохимических устройств — твердооксидных топливных элементов, электролизёров воды и каталитических мембранных реакторов. Методики синтеза на основе механической активации и многокомпонентных составов могут быть адаптированы для получения других функциональных оксидных систем.

**Ценность научных работ соискателя.** Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 научных статьях в рецензируемых журналах, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, а также в 7 тезисах докладов на российских и международных конференциях. Материалы диссертации полностью изложены в опубликованных работах.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и

«Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года. Она является научно-квалификационной работой, в которой установлена взаимосвязь между составом, кристаллической структурой, условиями синтеза и электропроводностью в рядах вольфраматов  $\text{Ln}_{14}\text{W}_4\text{O}_{33}$  и  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$ , что имеет значение для развития физической химии и материаловедения функциональных оксидов.

Диссертация Балдина Егора Дмитриевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 — Физическая химия.

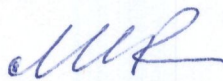
Заключение принято на заседании расширенного семинара лаборатории функциональных нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН. Присутствовало на заседании 14 человек. Результаты голосования:

«За» — 14

«Против» — 0

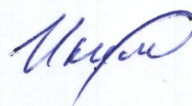
«Воздержалось» — 0

Председатель семинара  
г.н.с. лаборатории функциональных  
нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН  
д.ф.-м.н., проф.



Трахтенберг Л.И.

Секретарь семинара  
с.н.с. лаборатории функциональных  
нанокompозитов ФИЦ ХФ РАН  
к.ф.-м.н.



Иким М.И.