

## ПРОТОКОЛ № 2

заседания диссертационного совета 24.1.045.01  
на базе Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН

от 22 января 2024 г.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:** д. хим.наук, профессор Зайков Юрий Павлович, д. хим.наук, профессор Степанов Виктор Петрович, к. хим.наук Кулик Нина Павловна, д. хим.наук Архипов Павел Александрович, д. хим.наук Бронин Димитрий Игоревич, д. физ.-мат.наук Галашев Александр Евгеньевич, д. хим.наук Дунюшкина Лилия Адиевна, д. хим.наук Елшина Людмила Августовна, д. хим.наук, доцент Закирьянова Ирина Дмитриевна, д. хим.наук Медведев Дмитрий Андреевич, д. хим.наук, профессор РАН Новоселова Алена Владимировна, д. техн.наук, доцент Потапов Алексей Михайлович, д. хим.наук Смоленский Валерий Владимирович, д. хим.наук Суздальцев Андрей Викторович, д. хим.наук, доцент Тарасова Наталия Александровна, д. хим.наук Ткачева Ольга Юрьевна, д. хим.наук Филатов Евгений Сергеевич, д. хим.наук, профессор Хохлов Владимир Антонович, д. хим.наук Шкерин Сергей Николаевич – всего 19 человек из 27 членов совета.

**СЛУШАЛИ:** председателя комиссии Суздальцева А.В. о диссертационной работе Косова Александра Валерьевича на тему «Формирование оксидных вольфрамовых бронз при электролизе поливольфраматных расплавов». Работа выполнена в лаборатории электродных процессов и гальванотехники и представлена на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности «1.4.6. Электрохимия». Руководитель – доктор химических наук Зайков Ю.П.

Комиссия в составе членов диссертационного совета Суздальцева А.В., Хохлова В.А., и Потапова А.М. ознакомилась с диссертацией и считает:

**1. Тематика диссертационной работы,** область и объекты исследования соответствует профилю совета, паспорту заявленной специальности 1.4.6. Электрохимия и отрасли науки. Направление исследований отвечает следующим пунктам паспорта специальности: п.4 «Динамика процессов на межфазных границах» поливольфраматный расплав / Pt электрод и поливольфраматный расплав / натрий-вольфрамовая бронза; п.5 «Механистические и молекулярные аспекты многостадийных электрохимико-химических процессов с участием» поливольфраматных ионов и их низших восстановленных форм, «Транспортные явления» в поливольфраматных расплавах, «смешанный транспортно-кинетический режим протекания процессов» роста и растворения оксидных вольфрамовых бронз (ОВБ). «Развитие аналитических и численных методов анализа транспортных электрохимических процессов», связанных с образованием ОВБ; п.8 «Теория и приложения процессов осаждения» ОВБ, «образования и растворения фаз» ОВБ и вольфрама; «процессы электроосаждения» на индифферентной (Pt) и взаимодействующих (Ni, Cu, Si) подложках, «микро- и наноструктурирование поверхности» монокристаллического кремния в поливольфраматных расплавах; п.14 «Развитие экспериментальных методов анализа электрохимических систем» (никель / поливольфраматный расплав), «Теоретические основы электрохимических методов» (циклической вольтамперометрии).

**2. Личный вклад автора** заключается в планировании и выполнении электрохимических экспериментов, разработке математических и компьютерных моделей, реализации компьютерного моделирования, анализе и обобщении экспериментальных данных и результатов расчета, оформлении и представлении результатов.

**3. Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- Предложена оригинальная модель ионного состава поливольфраматного расплава. Определены равновесные концентрации кислородсодержащих ионов в расплавах  $\text{Na}_2\text{WO}_4-(0-0.55)\text{WO}_3$  при 983–1073 К с учетом изменения плотности расплавов.
- Разработана математическая модель, описывающая рост и растворение содержащего оксидную вольфрамовую бронзу (ОВБ) двухфазного осадка на вольфрамовом электроде. Предложена модель растворения кристалла  $\text{Na}_x\text{WO}_3$  с неоднородным распределением натрия.
- Установлен механизм и определены кинетические параметры процессов формирования/растворения кристаллов натрий-вольфрамовой бронзы при электролизе расплава  $\text{Na}_2\text{WO}_4-\text{WO}_3$ .
- Найдены закономерности формирования ОВБ-содержащих гибридных систем на никелевой и медной подложках.
- Установлен механизм взаимодействия кремниевой подложки с расплавом и ОВБ. Определено влияние условий катодной обработки на текстуру и плотность фотоэлектрохимического отклика кремниевых монокристаллических пластин.

**4. Практическая значимость работы:**

- Предложен подход, позволяющий рассчитать равновесный состав натрий-вольфрамовых бронз кубической структуры.
- Разработаны модели, перспективные для определения оптимальных условий синтеза ОВБ кубической структуры заданного состава при электролизе расплава  $\text{Na}_2\text{WO}_4-\text{WO}_3$ .
- Выявлены условия электрохимического синтеза гибридных систем, содержащих ОВБ тетрагональной структуры, на никелевой и медной подложках в расплаве  $\text{K}_2\text{WO}_4-\text{Na}_2\text{WO}_4-\text{WO}_3$ . Показана катализная активность гибридной системы  $\text{Cu}/\text{Cu}_2\text{O}/\text{ОВБ}$ .
- Определены параметры текстурирования кремниевых пластин в поливольфраматном расплаве, позволяющие повысить их фотоэлектрохимические характеристики.

**5. Основное содержание** диссертационной работы отражено в 23 печатных работах, в том числе в 9 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 11 публикациях в материалах конференций, а также 3 патентах РФ на изобретения.

Результаты работы апробированы на 10 научно-практических мероприятиях с международным участием в Екатеринбурге, Москве, Риме, Нальчике, Минске.

**6. Текст диссертации** представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу. Степень оригинальности, определённая с помощью системы «РУКОНТЕКСТ» (<http://text.rucont.ru/History/ReviewItem?h=3189783B1AA67BCE39C30F5745114262>), составляет 92.18%, заимствования – 7.62%, цитирования – 0.20% (результаты проверки текста диссертации без списка литературы).

Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции) и может быть представлена к защите в нашем совете.

**7. В качестве ведущей организации рекомендуется** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (кафедра электрохимии, руководитель чл.-корр. Е.В. Антипов, предварительное согласие получено). Область интересов сотрудников этой кафедры включает исследование кинетики электродных процессов.

Список публикаций сотрудников ведущей организации, наиболее близких к тематике диссертации, приведен ниже:

1. Леонтьев, А.П. Численное моделирование вольтамперограмм и хроноамперограмм для модифицированного пористой пленкой электрода / А.П. Леонтьев, К.С. Напольский // Электрохимия. – 2022. – Т. 58. – № 9. – С. 508–518.

2. Бахтенкова, С.Е. Молекулярное моделирование первой стадии электрохимического восстановления Cu(II) из водных растворов / С.Е. Бахтенкова, В.К. Лауринавичюте, Р.Р. З. Назмугдинов // Вестник технол. ун-та. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 5–9.

3. Laurinavichyute, V.K. Real time tracking of the early stage of electrochemical nucleation / V.K. Laurinavichyute, S. Nizamov, V.M. Mirsky // Electrochim. Acta. – 2021. – V. 382. – P. 138278.

4. Cherstiouk, O.V. Nitrate electroreduction on Pt in metatungstate-containing solution / O.V. Cherstiouk, G.A. Tsirlina // Mendeleev Comm. – 2018. – V. 28. – № 3. – P. 254–256.

5. Pugolovkin, L.V. Cathodic deposition of manganese oxide for fabrication of hybrid recharging materials based on flexible CNT cloth / L.V. Pugolovkin, E.E. Levin, G.A. Tsirlina, N.A. Arkharova, A.S. Orekhov, S.A. Urvanov, V.Z. Mordkovich // Electrochim. Acta. – 2022. – V. 412. – P. 140131.

6. Samigullin, R.R. Thermal Stability of NASICON-Type  $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  and  $\text{Na}_4\text{VMn}(\text{PO}_4)_3$  as Cathode Materials for Sodium-ion Batteries / Samigullin R.R., Zakharkin M.V., Drozhzhin O.A., Antipov E.V. // Energies. – 2023. – V. 16. P. 3051.

7. Lutsenko, D.S. Low-Temperature Properties of the Sodium-Ion Electrolytes Based on EC-DEC, EC-DMC, and EC-DME Binary Solvents / D.S. Lutsenko, E.V. Belova, M.V. Zakharkin, O.A. Drozhzhin, E.V. Antipov // Chemistry. – 2023. – V. 5. – P. 1588–1598.

**В качестве официальных оппонентов рекомендуются:**

**Черкесов Заур Анатольевич**, кандидат химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия, доцент кафедры неорганической и физической химии ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Черкесов З.А. является специалистом в области физической химии, прикладной химии ионных расплавов, физико-химического анализа многокомпонентных систем, синтеза молибдатов и вольфраматов различных металлов.

Список научных работ, наиболее близких к тематике диссертации, приведен ниже:

1. Черкесов, З.А. Синтез вольфрамата свинца в расплавах системы  $(\text{Li}_2\text{WO}_4\text{--}\text{Na}_2\text{WO}_4)_{\text{ЭВТ}}\text{--}\text{PbSO}_4$  / З.А. Черкесов, Х.Б. Кушхов, А.А. Кяров // *Расплавы*. – 2023. – № 5. – С. 513–524.

2. Черкесов, З.А. Синтез высокодисперсного молибдата кобальта в расплавах системы  $(\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{--}\text{NaCl})_{\text{ЭВТ}}\text{--}\text{CoSO}_4$  / З.А. Черкесов // *Изв. вузов. Химия и химическая технология*. – 2020. – Т. 63. – № 9. – С. 70–76.

3. Шурдумов, Г.К. Об эффекте массообмена систем  $\text{Mn}(\text{Fe},\text{Co})\text{Mo}(\text{W})\text{O}_4\text{--}\text{Na}_2\text{CO}_3$  и окружающей среды и необходимости его учета при идентификации молибдатов и вольфрамовых поливалентных d-элементов Mn, Fe, Co на основе термогравиметрических данных / Г.К. Шурдумов, З.А. Черкесов, Л.И. Мокаева // *Изв. вузов. Химия и химическая технология*. – 2019. – Т. 62. – № 4. – С. 111–120.

4. Черкесов, З.А. Синтез вольфрамата бария в расплавах системы  $(\text{Li}_2\text{WO}_4\text{--}\text{Na}_2\text{WO}_4)_{\text{ЭВТ}}\text{--}\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{Li}, \text{Na}, \text{Ba} // \text{NO}_3, \text{WO}_4)$  / З.А. Черкесов, А.М. Хараев // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. – 2023. – № 2. – С. 19–26.

5. Кушхов, Х.Б. Синтез высокодисперсных порошков гетерокатионных оксидных вольфрамовых бронз щелочных металлов и таллия в расплавах тройных взаимных систем  $\text{Me}'\text{,Me}''(\text{Ti})//\text{Cl}, (\text{VO}_2), \text{WO}_4$  / Х.Б. Кушхов, З.А. Черкесов // *Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов: тез. докл. XIX Российской конференции, посвященной 65-летию Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения РАН*. – Екатеринбург: Ажур, 2023. – С. 23–26.

**Шубин Алексей Борисович**, доктор химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия, заведующий лабораторией металлургических расплавов ФГБУН Института металлургии УрО РАН. Шубин А.Б. является специалистом в области высокотемпературных расплавов, синтеза перспективных материалов с заданными свойствами. Ниже приведен список публикаций, наиболее близких к тематике диссертации:

1. Бодрова, Л.Е. Синтез дугостойких композитов  $\text{W}_{70}\text{Cu}_{30}$  с бескаркасной упаковкой тонкодисперсной вольфрамовой фазы / Л.Е. Бодрова, С.Ю. Мельчаков, Э.Ю. Гойда, А.Б. Шубин // *Перспективные материалы*. – 2019. – № 12. – С. 74–85.

2. Гилев, И.О. Термодинамические характеристики расплавов бинарной системы Al–Hf / И.О. Гилев, А.Б. Шубин, П.В. Котенков // *Расплавы*. – 2021. – № 1. – С. 46–54.

3. Шубин, А.Б. Структурные характеристики малой группы зафиксированных частиц и максимальная плотность случайной упаковки жестких сфер / А.Б. Шубин // *Расплавы*. – 2020. – № 5. – С. 521–531.

4. Мельчаков, С.Ю. Использование метода Монте-Карло при определении размеров ламелей в распавшихся твердых растворах (W, Cr) / С.Ю. Мельчаков, А.Б. Шубин, Л.Е. Бодрова, Э.Ю. Гойда // *Технология металлов*. – 2023. – № 8. – С. 32–43.

5. Bodrova, L.E. Synthesis of Cu–Cr composite alloys with a layered structure featuring high arc resistance / L.E. Bodrova, S.Y. Melchakov, A.B. Shubin, E.Y. Goida, L.A. Marshuk // *Inorganic Materials. Applied Research*. 2019. – Т. 10. – № 5. – С. 1129–1134.

Согласие предполагаемых оппонентов получено.

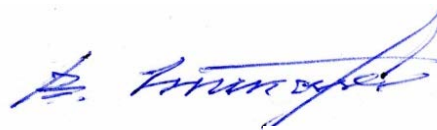
Комиссия рекомендует принять диссертацию Косова А.В. к защите в

диссертационном совете 24.1.045.01 по специальности 1.4.6. Электрохимия.

**ПОСТАНОВИЛИ («за» - 19, «против» - 0, «воздержались» – 0):**

- Принять диссертацию Косова А.В. к защите.
- Назначить официальными оппонентами:
  1. **Шубина Алексея Борисовича**, доктора химических наук, заведующего лабораторией металлургических расплавов Института металлургии УрО РАН.
  2. **Черкесова Заура Анатольевича**, кандидата химических наук, доцента кафедры неорганической и физической химии Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова».
- Назначить ведущей организацией по защите Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
- Утвердить дату защиты диссертации **27 марта 2024 г., 13.00**
- Разрешить публикацию автореферата диссертации в количестве 100 экземпляров.
- Утвердить список адресов для рассылки автореферата.

Заместитель председателя  
диссертационного совета д.х.н.



В.П. Степанов

Ученый секретарь  
диссертационного совета к.х.н.



Н.П. Кулик

*Подписи Степанова В.П. и Кулик Н.П. заверю*  
Ученый секретарь ИВТЭ УрО РАН, к.х.н.



А.О. Кодинцева