**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**
**ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**
**ИМЕНИ САДРИДДИНА АЙНИ**

**Тел: 224-13-83 734003 г.Душанбе, e-mail: info@tgpu.tj проспект Рудаки 121**

29.08.26 № 03/22

**«УТВЕРЖДАЮ»**
**Ректор Таджикского Государственного**
**педагогического университета им. С. Айни,**
**доктор исторических наук, профессор**
**_____ Ибодуллозода А.И.**
**«28» августа 2026г.**

# ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
КУРБОНОВОЙ МУКАДАС ЗАВАЙДОВНЫ
на тему «Физико-химические свойства модельного алюминиевого сплава AlBe1 с щелочными металлами, элементами II группы, титаном, ванадием и ниобием», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия (химические науки)

***Актуальность темы диссертационного работы.*** Диссертационная работа Курбоновой Мукадас Завайдовны посвящена исследованию фундаментальных закономерностей формирования физико-химических свойств модельного алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 при легировании щелочными металлами, элементами II группы, а также переходными металлами (Ti, V, Nb).

Создание новых легких конструкционных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками относится к числу приоритетных направлений современного материаловедения и физической химии. Для авиационной, космической, транспортной, энергетической и других высокотехнологичных отраслей промышленности необходимы материалы, обладающие одновременно низкой плотностью, высокой механической прочностью, термической стабильностью, коррозионной стойкостью и устойчивостью к высокотемпературному окислению.

Решение подобных задач невозможно без глубокого изучения физико-химических процессов, происходящих в многокомпонентных металлических системах. Именно поэтому исследования теплофизических характеристик, термодинамических функций, процессов высокотемпературного окисления и электрохимического поведения алюминиево-бериллиевых сплавов имеют не только прикладное, но и фундаментальное значение.

Работа направлена на установление взаимосвязи между химическим составом, фазовым состоянием, структурными особенностями и комплексом эксплуатационных характеристик алюминиевых сплавов, включая теплофизические свойства, термодинамические параметры, процессы высокотемпературного окисления и коррозионно-электрохимическое поведение.

Исследование выполнено в рамках актуального направления современной физической химии материалов — изучения закономерностей протекания физико-химических процессов в металлических системах и разработки научных основ создания перспективных конструкционных материалов с заданными свойствами.

Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной, соответствует современным направлениям развития физической химии и отвечает задачам разработки новых функциональных металлических материалов.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности 1.4.4 — Физическая химия.** Содержание диссертации полностью соответствует паспорту научной специальности **1.4.4. Физическая химия (химические науки)** по пунктам **1, 2, 3 и 6.**

Основные результаты работы относятся к следующим направлениям паспорта специальности.

Во-первых, диссертация соответствует положениям, связанным с изучением взаимосвязи между составом, строением и физико-химическими свойствами веществ и материалов.

Во-вторых, работа соответствует направлениям исследований, посвященным экспериментальному изучению термодинамических характеристик веществ и материалов, определению теплоемкости, энтальпии, энтропии, энергии Гиббса и других функций состояния.

В-третьих, значительная часть исследований посвящена физико-химической кинетике процессов высокотемпературного окисления металлических систем, определению механизмов протекания процессов и энергетических характеристик взаимодействия металлов с кислородом.

В-четвертых, диссертация включает комплекс электрохимических исследований, направленных на изучение процессов коррозии, пассивации и анодного поведения многокомпонентных металлических систем, что также относится к области физической химии.

Кроме того, работа содержит исследования фазового состава продуктов окисления методами рентгенофазового анализа и инфракрасной спектроскопии, позволяющие установить взаимосвязь между строением оксидных пленок и их защитными свойствами.

Таким образом, содержание диссертации полностью соответствует научной специальности **1.4.4. Физическая химия**, по которой выполнена и представлена к защите.

**Структура и содержание диссертационной работы:** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырёх глав, выводов, списка литературы и приложений.

Во введении сформулированы актуальность исследования, цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** представляет собой аналитический обзор современной литературы, посвященный алюминиево-бериллиевым сплавам, их

теплофизическим свойствам, фазовым равновесиям, особенностям высокотемпературного окисления и электрохимического поведения.

Автором проведён критический анализ существующих научных представлений, определены недостаточно изученные аспекты проблемы и обоснована необходимость проведения комплексного исследования.

**Во второй главе** приведены результаты исследования микроструктуры, механических свойств, теплоемкости и термодинамических функций модельного сплава AlBe1, легированного различными металлами.

Особое научное значение имеют исследования температурных зависимостей теплоёмкости и расчёт термодинамических функций исследуемых сплавов. Полученные данные позволяют установить влияние природы легирующих элементов на энергетическое состояние металлической системы.

**В третьей главе** представлены результаты исследования кинетики высокотемпературного окисления исследуемых сплавов, определению кинетических параметров процесса и изучению фазового состава продуктов окисления.

Автором установлены закономерности изменения скорости окислительных процессов в зависимости от состава сплава и природы легирующих компонентов. Определена роль отдельных элементов в формировании защитных оксидных слоёв и изменении устойчивости поверхности материала.

**В четвертой главе** представлены результаты комплексных электрохимических исследований, позволивших установить влияние легирующих элементов на анодную устойчивость и коррозионную стойкость алюминиево-бериллиевых сплавов.

Проведён анализ анодных процессов, определены параметры электрохимической устойчивости, исследовано влияние легирующих элементов на коррозионную стойкость алюминиевого сплава.

Работа завершается обоснованными выводами, непосредственно вытекающими из полученных экспериментальных результатов.

**Цель исследования.** Автором диссертационной работы сформулирована научно обоснованная цель, заключающаяся в установлении

закономерностей формирования и изменения физико-химических свойств модельного алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 при легировании щелочными металлами, элементами II группы Периодической системы, а также переходными металлами (Ti, V, Nb), с последующим определением перспективных направлений создания новых составов алюминиевых сплавов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Для достижения поставленной цели соискателем выполнен комплекс взаимосвязанных экспериментальных и расчётно-теоретических исследований, включающих:

– установление влияния природы, концентрации легирующих компонентов и температурного фактора на теплофизические характеристики алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1, включая температурные зависимости теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи;

– определение и анализ основных термодинамических параметров исследуемых сплавов (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) при различных температурах и концентрациях легирующих элементов;

– исследование закономерностей протекания процессов окисления алюминиево-бериллиевых сплавов в твёрдом и жидком состояниях, выявление кинетических особенностей и установление влияния легирующих добавок на механизм формирования оксидных продуктов;

– проведение анализа роли продуктов окисления в изменении скорости и характера окислительных процессов легированных алюминиево-бериллиевых сплавов;

– выполнение комплексного исследования коррозионно-электрохимического поведения сплавов системы AlBe1 в хлоридной среде с оценкой их анодной устойчивости и способности противостоять воздействию агрессивных факторов.

Следует отметить, что поставленные задачи логически взаимосвязаны, полностью соответствуют цели исследования и направлены на решение актуальной научной проблемы физической химии металлических систем — установление закономерностей взаимосвязи состава, структуры, термодинамических характеристик и эксплуатационных свойств многокомпонентных алюминиевых сплавов.

**Научная новизна.** Наиболее существенными научными результатами являются следующие.

Впервые выполнено комплексное исследование влияния щелочных металлов, элементов II группы, а также титана, ванадия и ниобия на теплофизические, термодинамические, кинетические и электрохимические свойства модельного алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1.

Установлены закономерности изменения теплоемкости, коэффициента теплоотдачи, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса исследованных сплавов в зависимости от температуры и содержания легирующих элементов.

Получены новые сведения о механизмах высокотемпературного окисления исследованных сплавов, определены кинетические параметры процесса, установлены закономерности формирования защитных оксидных пленок.

Методами рентгенофазового анализа и инфракрасной спектроскопии впервые определен фазовый состав продуктов окисления многокомпонентных алюминиево-бериллиевых сплавов.

Установлены закономерности изменения электрохимических характеристик исследуемых сплавов в растворах хлорида натрия различной концентрации и определено влияние легирующих элементов на их коррозионную стойкость.

Полученные результаты существенно расширяют представления о физико-химических процессах в многокомпонентных алюминиевых сплавах.

**Практическая значимость.** Практическая ценность работы определяется тем, что разработаны новые составы алюминиево-бериллиевых сплавов с улучшенными физико-химическими характеристиками.

Полученные результаты могут использоваться:

- при разработке новых легких конструкционных материалов;
- при проектировании жаростойких алюминиевых сплавов;
- при создании материалов с повышенной коррозионной стойкостью;
- при разработке технологий получения новых алюминиевых композиционных материалов;

• в учебном процессе при преподавании дисциплин «Физическая химия», «Материаловедение», «Металловедение», «Физико-химия металлических систем».

Практическая значимость подтверждается тремя патентами Республики Таджикистан и результатами опытно-промышленных испытаний.

**Основные положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие основные научные положения:

1. Закономерности изменения теплофизических характеристик алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 при легировании щелочными металлами, элементами II группы, а также переходными металлами Ti, V и Nb.

2. Результаты расчёта и анализа температурных зависимостей термодинамических функций (энтальпии, энтропии, энергии Гиббса) исследуемых многокомпонентных алюминиевых сплавов.

3. Установленные закономерности кинетики окисления сплавов системы AlBe1 в зависимости от состава, температуры и агрегатного состояния материала.

4. Выявленные механизмы влияния легирующих компонентов и продуктов окисления на устойчивость алюминиево-бериллиевых сплавов к окислительной деградации.

5. Результаты исследования коррозионно-электрохимического поведения легированных сплавов AlBe1 и закономерности изменения их анодной устойчивости в хлоридной среде.

6. Научно обоснованные рекомендации по выбору легирующих элементов для разработки новых алюминиевых сплавов с улучшенными физико-химическими характеристиками.

**Личный вклад соискателя.** Личный вклад соискателя заключается в самостоятельной постановке и решении комплекса научных задач, направленных на исследование физико-химических закономерностей изменения свойств алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 при введении различных легирующих компонентов.

Соискателем лично выполнены анализ и систематизация литературных данных, разработаны направления экспериментальных исследований,

проведены исследования теплофизических характеристик, термодинамических функций, кинетики окислительных процессов и коррозионно-электрохимического поведения исследуемых сплавов.

Автором проведена обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов, установлены закономерности влияния легирующих элементов на структуру, термодинамическую устойчивость, окислительную способность и электрохимические свойства сплавов системы AlBe1. Сформулированные научные положения, выводы и рекомендации основаны на результатах собственных исследований автора.

**Общая характеристика диссертации.** Диссертация изложена на **360 страницах**, включает введение, четыре главы, заключение, выводы, список литературы из **231 наименования** и приложения. Логика построения работы последовательна и отражает этапность решения поставленных научных задач.

**Степень обоснованности и достоверности результатов.** Достоверность результатов обеспечивается использованием современных методов исследования, корректностью постановки эксперимента, достаточным объемом экспериментального материала, применением современных методов математической обработки результатов и сопоставлением полученных данных с результатами отечественных и зарубежных исследований.

В работе использованы современные методы как: термогравиметрического анализа; потенциодинамических электрохимических исследований; рентгенофазового анализа; инфракрасной спектроскопии; металлографического анализа; исследования теплоемкости методом охлаждения; расчета термодинамических функций.

Полученные результаты являются внутренне непротиворечивыми и хорошо согласуются с современными представлениями физической химии металлических систем.

**Оценка публикационной активности.** Основные результаты диссертации опубликованы в **60 научных работах**, включая: 2 монографии; 16 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации; 42 публикации в материалах международных и

республиканских конференций; 3 патента Республики Таджикистан и оного акта испытания. Публикации в полной мере отражают содержание диссертации и автореферата.

Работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование, в котором получены существенные научные результаты.

**Замечания по диссертационной работе.** Тем не менее несмотря на высокую научную ценность выполненного исследования, при чтении автореферата и диссертационной работы Курбоновой Мукадас Завайдовны возникла некоторое **замечания**.

1. В ряде разделов главы 2 целесообразно было бы привести более подробное сопоставление экспериментальных данных с современными литературными сведениями по аналогичным алюминиевым системам.

2. При обсуждении теплофизических свойств автор ограничивается качественным объяснением наблюдаемых закономерностей, тогда как использование современных моделей статистической термодинамики позволило бы расширить физико-химическую интерпретацию результатов.

3. В работе недостаточно подробно обсуждено влияние электронного строения легирующих элементов на изменение термодинамических характеристик исследованных сплавов.

4. Представляет интерес более подробное сопоставление защитных свойств оксидных пленок различного состава с результатами электрохимических испытаний.

5. В тексте встречаются отдельные редакционные и стилистические неточности, не оказывающие влияния на научное содержание диссертации.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают научной ценности, актуальности и практической ценности выполненной диссертационной работы.

**Заключение.** Диссертация Курбоновой Мукадас Завайдовны «Физико-химические свойства модельного алюминиевого сплава AlBe1 с щелочными металлами, элементами II группы, титаном, ванадием и ниобием» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой решена крупная научная задача, имеющая существенное значение

для развития физической химии металлических систем. Автореферат тоже соответствует содержанию диссертацию.

По своему научному уровню, объему выполненных исследований, степени новизны, достоверности полученных результатов, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям, предъявляемым критериям п.п. 9-14 «**Положением о присуждении ученых степеней»**, утвержденным Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021г), к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук. а ее автор Курбоновой М.З. заслуживает присуждения искомой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4. – физическая химия (химические науки).

Отзыв заслушан и утвержден на расширенном заседании кафедры «Общая и неорганическая химия» Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни, протокол № 1 от «25» августа 2026г.

Председатель расширенного заседания
кафедрой «Общая и неорганическая химия»
Таджикского государственного педагогического
университета им. С. Айни, кандидат химических наук,
доцент Жумаев М.Т.

Эксперт, доктор технических наук,
профессор Муродиён А.Ш.

Секретарь заседаний:
к.х.н., доцент Низомов И.М.

**Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 121,
Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни,
химический факультет, кафедра «Общая и неорганическая химия».
E-mail: info@tgpu.tj. Тел: +992(37)224-13-83;
E-mail: jumaev_m@bk.ru. Тел: +992-904-44-41-10;

Подлинность подписей д.х.н., доцент Жумаева М.Т., д.т.н., профессора Муродиён А.Ш. и к.х.н., доцента Низомова И.М. **заверяю:**

Начальник управления кадров
и специальных работ ТГПУ им. С.Айни Кодирзода С.