

На правах рукописи  
УДК: 669.715 (575.3)  
ББК: 24.123.(2Т)  
Н-19

**НАЗАРОВА Мехрубон Толибджоновна**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО  
СПЛАВА АБ1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук  
по специальности 02.00.04 – Физическая химия**

**ДУШАНБЕ -2021**

Работа выполнена в лаборатории «Коррозионностойкие материалы» Института химии им. В. И. Никитина НАН Таджикистана и на химическом факультете ТНУ.

**Научный руководитель:** Курбонова Мукадас Завайдовна – кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой «Методики преподавания химии» Таджикского национального университета.

**Научный консультант:** Ганиев Изатулло Наврузович – доктор химических наук, профессор, академик Национальной академии наук Таджикистана.

**Официальные оппоненты:** Раджабов Умаралӣ - доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической и токсикологической химии ГОУ «Таджикского государственного медицинского университета им. Абуали ибн Сино»

**Баротов бахтиёр Бурхонович** – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательским отделом Агенства по ядерной и радиационной безопасности НАН Таджикистана.

**Ведущая организация:** Таджикский государственный педагогический Университет им. С.Айни, кафедра общей и неорганической химии

Защита состоится: «10» июня 2021 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Диссертационного совета 6Д. КОА- 003 при Таджикском национальном университете по адресу: 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17, Таджикский национальный университет, главный корпус, зал диссертационного совета, 2 этаж. E-mail: [kfk@mail.ru](mailto:kfk@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj) по адресу: 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.х.н., доцент

Давлатшоева Дж.А.

## Введение

**Актуальность и необходимость проведения исследований.** Алюминий и его сплавы применяются практически во всех отраслях промышленности. Металлы и сплавы были и остаются основными конструкционными материалами в производстве машин, конструкционных материалов, оборудования, приборов, строительных сооружений, средств транспорта и связи, хотя в последние десятилетия стремительно расширяется ассортимент новых товаров, главным образом, полимерных материалов. Для снижения экономических потерь от коррозии и для обеспечения дальнейшего технического прогресса необходимо совершенствовать методы и средства борьбы с коррозией.

Технический прогресс в ряде важных отраслей промышленности определяется качеством легких сплавов на основе алюминия. Они в качестве конструкционных материалов широко применяются в авиации, атомной, ракетной и космической технике, а также электронике и электротехнике. В качестве конструкционного материала обычно используется не чистый алюминий, а разные сплавы на его основе. Введение различных легирующих элементов в алюминий существенно изменяет его свойства, а иногда придает ему новые специфические свойства.

Алюминий и сплавы на его основе, в этом плане, будут занимать ведущую позицию. Это обусловлено большими запасами алюминия, обладающего рядом положительных физико-химических и технологических свойств, а также широкой сферой его использования в народном хозяйстве.

К перспективным материалам относятся сплавы на основе алюминия с бериллием, поскольку они обладают легкостью ( $2,0-2,4 \text{ г/см}^3$ ), имеют высокий модуль упругости (140- 220 ГПа) и высокую прочность (450-600 МПа). Для них характерна пониженная чувствительность к надрезам и повторным нагрузкам. Эффективное применение эти сплавы находят при создании конструкций летательных аппаратов, в том числе в самолетостроении. В последние годы для улучшения коррозионной устойчивости и электрохимических свойств алюминиевые сплавы микролегируются другими металлами.

Таким образом, цель работы заключалась в разработке новых сплавов на основе алюминия. Настоящее исследование посвящено изучению влияния щелочных металлов как легирующих добавок на теплоёмкость, термодинамические функции, окисляемость и электрохимическое поведение алюминиевого сплава АБ1 с тем, чтобы превратить данный сплав в материал, отличающийся особыми свойствами, который бы эффективно применялся в промышленности.

**Степень изученности научной проблемы, теоретические и методологические основы исследований.** До настоящего времени не существует единой теории, удовлетворительно описывающей структуру и свойства сплавов алюминия с бериллием и элементами IA подгруппы периодической таблицы элементов. Выполненный обзор литературы относительно влияния элементов первой подгруппы периодической таблицы

показал, что отсутствуют сведения о влиянии указанных металлов на физико-химические свойства алюминиево-бериллиевых сплавов.

В такой ситуации именно экспериментальное исследование их термодинамических, кинетических свойств, в частности алюминия различных степеней чистоты и марок и его сплавов, особенностей окисления и коррозионных свойств сплавов с ЩМ (литий, натрий и калий), выходит на первый план.

Подобные исследования, несомненно, будут способствовать более широкому практическому применению именно отечественного алюминия для нужд народного хозяйства Таджикистана, и не только. На момент начала настоящей работы в литературе отсутствовали какие-либо сведения о систематических экспериментальных исследованиях зависимостей термодинамических параметров сплавов алюминия с элементами первой подгруппы периодической таблицы.

Поэтому нами поставлена задача экспериментально определить тепловые и термодинамические свойства алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с указанными металлами, исследовать кинетику окисления сплавов от температуры и их коррозионно-электрохимические свойства, в среде хлорида натрия различной концентрации.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Цель исследования** заключается в разработке состава высокомодульного легкого алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, установлении его термодинамических, кинетических и анодных свойств, предназначенного для нужд отдельных отраслей промышленности.

**Объектом исследования** являлся сплав алюминия с бериллием эвтектического состава  $Al+1\%Be$  (мас.%), а также с металлическим литием, натрием и калием.

**Предметом исследования** являлись алюминиево-бериллиевые сплавы АБ1 на основе технических сортов алюминия.

**Задачи исследования.** Изучение температурной зависимости теплоёмкости и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием.

– Изучение кинетических и энергетических параметров процесса окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием в твердом состоянии и определение механизма процесса их окисления.

– Определение фазового состава продуктов окисления сплавов и изучение их защитных свойств.

– Экспериментальное определение влияния лития, натрия и калия на анодное поведение алюминиевого сплава АБ1, в среде электролитов 0,03; 0,3; и 3,0 %-го NaCl.

- Оптимизация состава тройных сплавов на основе установления их физико-химических свойств и определение возможных областей их использования.

**Методы исследования.** Исследования проводились измерением теплоемкости в режиме «охлаждения», термогравиметрическим, металлографическим, рентгенофазовым, ИК-спектроскопическим и потенциостатическим методами. Математическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета приложения и программы Microsoft Excel.

**Отраслью исследования** является физическая химия алюминиевых сплавов с бериллием и элементами подгруппы щелочных металлов.

**Этапы исследования** включают синтез и сертификацию новых алюминиево бериллиевых сплавов, качественный и количественный анализ состава сплавов, исследование теплоемкости, кинетики окисления, энергетических параметров и анодного поведения алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, в среде электролита NaCl.

**Основная информационная и экспериментальная база.** Экспериментальные исследования выполнены с помощью известного научного современного оборудования: импульсный потенциостат ПИ-50-1.1; термогравиметрических весов; прибора для измерения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»; металлографического микроскопа (ERGOLUX АМС). Математическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета приложений и программ Microsoft Excel и Sigma Plot.

**Достоверность диссертационных результатов** подтверждается использованием современных экспериментальных методов исследований и синтеза алюминиевых сплавов на модернизированных и усовершенствованных приборах, установках, с достаточной воспроизводимостью и сравнением результатов с данными других авторов. Достоверность полученных научных результатов подтверждается самыми современными методами исследования: ИК-спектроскопией и рентгенофазовым анализом.

**Научная новизна исследования.** Установлены основные закономерности температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием в зависимости от количества легирующего компонента. Показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием увеличиваются, а энергия Гиббса сплавов уменьшается. С увеличением доли лития, натрия и калия в сплаве АБ1 энтропия и энтальпия увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается.

Показано, что с ростом температуры скорость окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, в твердом состоянии увеличивается. Константа скорости окисления имеет порядок  $10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·сек<sup>-1</sup>. Установлено, что окисление алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием подчиняется гиперболическому закону.

Идентифицирован фазовый состав оксидных пленок, образующихся на поверхности сплавов при окислении, и определена их роль в процессе окисления.

Изучено коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава АБ1 с бериллием и щелочными металлами, в среде 0,03; 0,3 и 3,0%-ного раствора хлорида натрия.

Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с установлено, что добавки легирующих компонентов до 1,0 мас.% увеличивают коррозионную стойкость исходного алюминиевого сплава АБ1 на 30-40%. При этом отмечается сдвиг потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов в положительном направлении по оси ординат. При переходе от сплавов с литием к сплавам с калием наблюдается уменьшение скорости коррозии.

**Теоретическая ценность исследования.** В работе излагаются теоретические аспекты исследований влияния структуры, температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций, закономерности изменения кинетических и энергетических характеристик, коррозионно-электрохимическое поведение алюминиево-бериллиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием. Установлено влияние концентрации легирующих компонентов и коррозионной среды на коррозионную стойкость и окисляемость исходного сплава.

**Практическая ценность исследования** состоит в определении оптимального состава, легированного щелочными металлами, устойчивого к электрохимической коррозии и окислению алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 для нужд техники.

Выполненные исследования позволили выявить составы сплавов, отличающихся наименьшей окисляемостью при высоких температурах и подобрать оптимальные концентрации модифицирующих добавок (лития, натрия и калия) для повышения коррозионной стойкости исходного алюминиевого сплава АБ1.

В целом, на основе проведенных исследований отдельные составы алюминиевого сплава АБ1 с ЩМ защищены малыми патентами Республики Таджикистан: Патент РТ №ТJ1002. «Сплав на основе алюминия с бериллием» от 01.03.2019г. и Патент РТ №ТJ1123. «Алюминиевый сплав с бериллием» от 13.04.2020г.

#### ***Положения, выносимые на защиту:***

– Результаты исследования температурных зависимостей теплоемкости и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием.

– Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, а также механизм окисления сплавов. Расшифрованы продукты окисления сплавов и установлена их роль в формировании механизма окисления сплавов.

– Зависимости анодных характеристик и скорости коррозии алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием от концентрации модифицирующего компонента, в среде электролита NaCl различной концентрации.

– Оптимальные составы сплавов, отличающихся наименьшей окисляемостью и повышенной коррозионной стойкостью, представляющие интерес в качестве легкого материала для ракетно-космической техники и авиации в качестве их конструкционных материалов.

**Личный вклад соискателя** заключается в анализе литературных данных, в постановке и решении задач исследований, подготовке и проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях, анализе полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

**Апробация диссертации и информация об использовании её результатов.** Основные результаты и отдельные положения диссертации обсуждались и доложены на конференциях:

**Международных:** IV международной научной конф. «Вопросы физической и координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х. М. и Юсуфова З.Н. (Душанбе, 2019); международной. научно-практ. конф. «Proceeding the international symposium on innovative development of science. Research center of innovative technologies Tajikistan National Academy of sciences». (Dushanbe, Tajikistan. 2020).

**Республиканских:** респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Садриддина Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Таджикского национального университета» (Душанбе, 2018 г.); респуб. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы дифференциальных уравнений, математического анализа, алгебры и теории чисел и их приложения» (Душанбе, 2019); респуб.научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400-летию Миробида Сайидо Насафи» (Душанбе, 2019); респуб. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средних общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева, (Душанбе, 2019 г); респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной 5500-летию выдающегося таджикского поэта Камоли Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)» (Душанбе, 2020); респ. научно-практ.конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвящённой 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нумонова И.У. (Душанбе, 2020 г).

**Опубликование результатов диссертации.** По результатам исследований опубликованы 20 научных работ, из них 6 статей в

рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан 14 статей в материалах международных и республиканских конференций. Также получено 2 малых патента Республики Таджикистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка использованной литературы из 172 наименований и приложения. Работа изложена на 161 страницах компьютерного набора, включает 63- рисунков и содержит 39 - таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во **введении** изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы, раскрыта структура диссертации.

**В первой главе** представлен обзор литературных данных в области применения алюминиевых сплавов с щелочными металлами; теплоёмкость и термодинамические функции алюминиевых сплавов с щелочными металлами, сплавы с алюминием, бериллием и литием, натрием и калием и алюминиевых сплавов с щелочноземельными металлами; особенности высокотемпературного окисления алюминиевых сплавов; влияние щелочных металлов на анодное поведение алюминиевых сплавов. На основе выполненного обзора показано, что теплофизические и термодинамические свойства, кинетика окисления, анодное поведение алюминиево-бериллиевых сплавов с щелочноземельными металлами хорошо изучены, но свойства алюминиево-бериллиевых сплавов с щелочными металлами не изучены, т.е. для данной группы сплавов имеются лишь скудные отрывочные сведения.

Таким образом, в связи с отсутствием систематических данных о физико-химических свойствах алюминиево - бериллиевых сплавов с литием, натрием и калием последние были взяты в качестве объекта исследования в данной диссертационной работе.

## **Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ**

Измерение теплоемкости сплавов в режиме «охлаждения» производилось на установке, в основу работы которой положен метод С-калориметра с тепломером и адиабатической оболочкой.

Для измерения удельной теплоёмкости металлов применяли закон охлаждения Ньютона - Рихмана. Любой предмет, имея температуру выше окружающей среды, охлаждается и скорость его охлаждения зависит от коэффициента теплоотдачи и величины теплоёмкости тела.

При сравнении кривых охлаждения двух металлических стержней определенной формы (температуры, как функции времени), из которых один является эталоном (известны его скорость охлаждения и теплоёмкость), можно рассчитать теплоёмкость другого стержня при расчёте скорости его охлаждения.



Теряемое ранее разогретым телом массой  $m$  при его охлаждении на  $dT$  градусов количество теплоты  $\delta Q$ , рассчитано по формуле

$$\delta Q = C_p^0 m dT \quad (1)$$

где  $C_p^0$  – удельная теплоёмкость вещества, из которого состоит тело.

Количество теплоты  $\delta Q_S$  будет пропорционально разности температур тела  $T$  и окружающей среды  $T_0$ , площади поверхности  $S$  и времени

$$\delta Q_S = -\alpha(T - T_0) \cdot S dt. \quad (2)$$

Если тело выделяет тепло так, что температура всех его точек изменяется одинаково, то будет справедливо равенство

$$\delta Q = \delta Q_S \text{ и } C_p^0 m dT = -\alpha(T - T_0) \cdot S dt. \quad (3)$$

Выражение (3) можно представить в виде

$$C_p^0 m \frac{dT}{dt} = -\alpha(T - T_0) S. \quad (4)$$

Полагая, что  $C_p^0$ ,  $\alpha$ ,  $T$  и  $T_0$  в малых интервалах температур не зависят от координат точек поверхности образца, разогретых до равной температуры окружающей среды, для двух образцов соотношение (4) будет следующим

$$C_{p_1}^0 m_1 s_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 s_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2. \quad (5)$$

Применение данного равенства для двух образцов, один из которых является эталоном, имеющих равные состояния поверхностей и размеры ( $S_1 = S_2$ ), предполагает, что их коэффициенты теплоотдачи будут равны  $\alpha_1 = \alpha_2$  и выразаться уравнением

$$C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2. \quad (6)$$

Из этого уравнения, зная удельную теплоёмкость  $C_{p_1}^0$ , скорости охлаждения эталона  $\left(\frac{dT}{dt}\right)_1$  и измеряемого образца  $\left(\frac{dT}{dt}\right)_2$  и массы образцов  $m_1$  и  $m_2$ , можно рассчитать теплоёмкость неизвестного вещества  $C_{p_2}^0$

$$C_{p_2}^0 = \frac{C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2}. \quad (7)$$

Для оправданности такого допущения экспериментально были установлены зависимости температуры образцов от времени охлаждения для алюминия и меди. Полученные значения теплоемкости хорошо согласуются с литературными данными. Температурный диапазон измерения - до 800 К. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 300 до 700 К составляла  $\pm 1\%$ . Погрешность измерения теплоемкости по данной методике не превышает 6%.

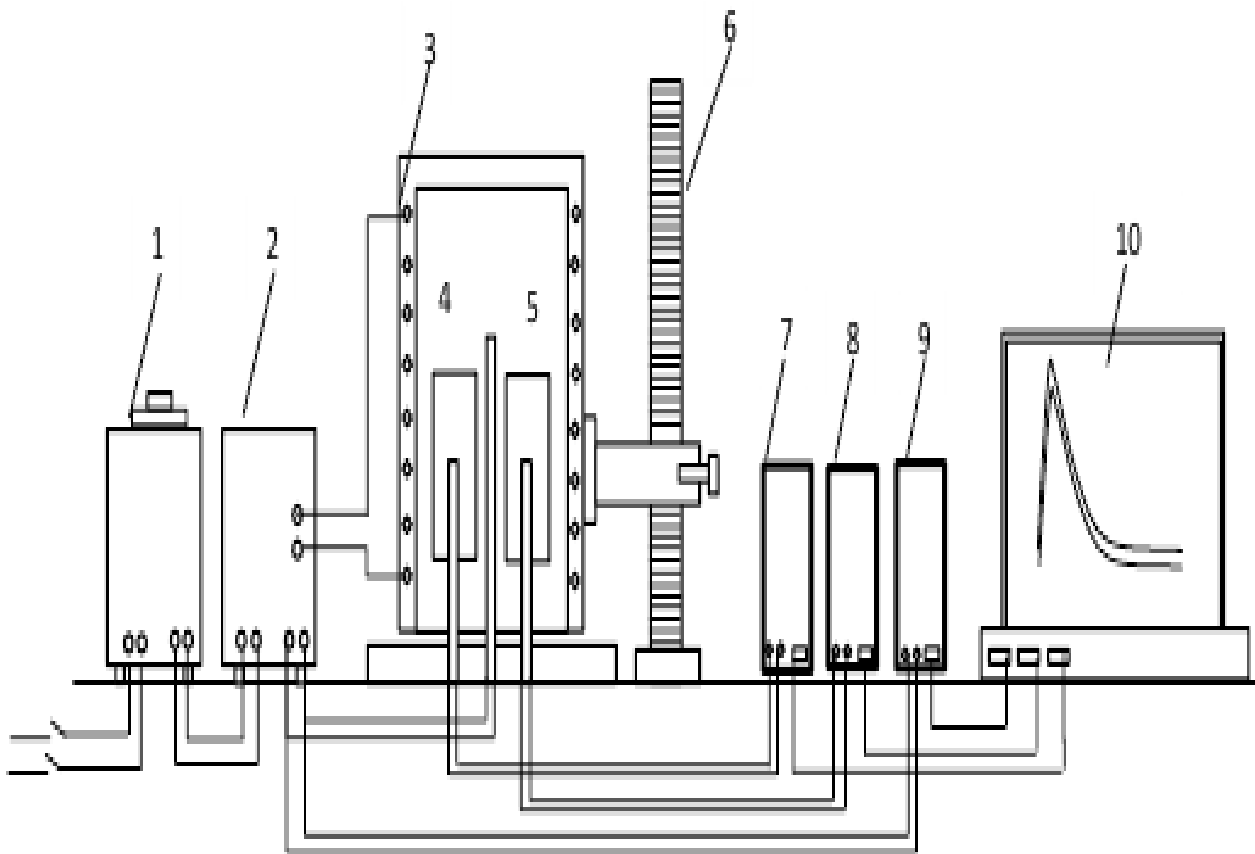
***В рамках данной работы исследовано влияние лития, натрия и калия на теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиево-бериллиевого сплава АБ1.***

Сплавы для исследования получали в шахтных лабораторных печах сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 750 – 800<sup>0</sup>С из Al – марки А7 (ГОСТ 11069-2001), Ве– марки ХЧ (ГОСТ 4459-78), Li– марки ХЧ (ГОСТ 4459-78), Na – марки ХЧ (ГОСТ 4459-78), К– марки МЧ (ГОСТ 4459-78). Сначала готовили алюминиево-бериллиевый сплав АБ1. Затем алюминиево-бериллиевый сплавы АБ1 с литием, натрием и калием предварительно синтезировались в вакуумной печи сопротивления. Из полученных сплавов в графитовую изложницу отливали образцы диаметром 16 мм и длиной 30 мм.

Состав полученных сплавов выборочно контролировался химическим качественным анализом, а также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в массе до и после сплавления не превышала 1,5-2% (отн.).

Исследование теплоёмкости металлов проводилось на установке, схема которой представлена на рисунке 1. Схема установки для измерения теплоёмкости твёрдых тел включает узлы: электропечь (3), смонтированная на стойке (6), по которой она может перемещаться вверх и вниз. Образец (4) и эталон (5) (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндры длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары (4 и 5). Концы термопар подведены к цифровому термометру «Digital Multimeter DI9208L» (7, 8 и 9). Электропечь запускается через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) (1), установив нужную температуру с помощью терморегулятора (2).

По показаниям цифровых термометров, фиксируется значение начальной температуры. Вдвигаем образец и эталон в электропечь, и нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифровых термометров на компьютере (10). Образец и эталон одновременно выдвигаем из электропечи и с этого момента фиксируем температуру. Записываем показания цифрового термометра на компьютер через каждые 10 мин. до охлаждения температуры образца и эталона ниже 35<sup>0</sup>С.



**Рисунок 1.** Установка для определения теплоёмкости твёрдых тел в режиме «охлаждения».

Температурную зависимость теплоемкости сплава АБ1 с ЩМ изучали в режиме «охлаждения» в интервале температур 300-700К. Полученные в ходе эксперимента кривые зависимости температуры от времени охлаждения образцов из алюминиевого сплава АБ1 с литием, представлены на рисунке 2 и описываются уравнением вида

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau} \quad (8)$$

Дифференцируя уравнение (8) по  $\tau$ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения сплавов

$$dT / d\tau = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau} \quad (9)$$

По уравнению (9) нами рассчитаны скорости охлаждения образцов из алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона, которые графически представлены на рисунке 3. Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $ab$ ,  $pk$  в уравнении (9) для исследованных сплавов приведены в таблице 1.

Далее используя рассчитанные значения величин скорости охлаждения образцов из сплавов, по уравнению (7) была вычислена удельная теплоёмкость алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00). При этом использовалась программа SigmaPlot.

**Таблица 1 - Значения коэффициентов в уравнении (9) для алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание лития в сплаве мас. %	$a, K$	$b \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	$p, K$	$k \cdot 10^{-4}, c^{-1}$	$a \cdot b, K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}, K \cdot c^{-1}$
0,0	419,5347	6,56	339,8051	1,46	2,75	4,97
0,05	417,4269	6,91	349,2331	1,51	2,89	5,27
0,1	397,7948	7,11	343,9754	1,55	2,83	5,34
0,5	412,6103	6,94	349,3616	1,51	2,86	5,27
1,0	406,6929	7,35	344,4824	1,59	2,99	5,49
Эталон	403,5145	5,74	360,922	1,66	2,32	5,98

В таблице 2 представлены значения коэффициентов полиномов температурной зависимости удельной теплоёмкости образцов из алюминиевого сплава АБ1 с литием, которые описывается уравнением вида

$$C^0_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (10)$$

Результаты расчёта температурной зависимости удельной теплоёмкости сплавов по формулам (7) и (10) представлены на рис.3а. Как видно из рисунка теплоемкость алюминиевого сплава АБ1 от температуры и при увеличении концентрации лития увеличивается, за исключением температуры 400 К.

**Таблица 2 - Значения коэффициентов  $a, b, c, d$  в уравнении (10) для алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание лития в сплаве мас. %	$a, Дж/(кг \cdot K)$	$b, Дж/(кг \cdot K^2)$	$c, 10^{-5} Дж/(кг \cdot K^3)$	$d, 10^{-5} Дж/(кг \cdot K^4)$	Коэффициент корреляции, R
0,0	484,33	0,015	4,680	0,435	0,9876
0,05	1846,04	-8,900	2,250	-1,540	0,9672
0,1	2861,67	-15,710	3,690	-2,500	0,9489
0,5	3101,95	-17,350	4,040	-2,720	0,9458
1,0	3342,23	-18,980	4,380	-2,930	0,9426
Эталон	324,45	0,2751	0,287	0,142	1,000

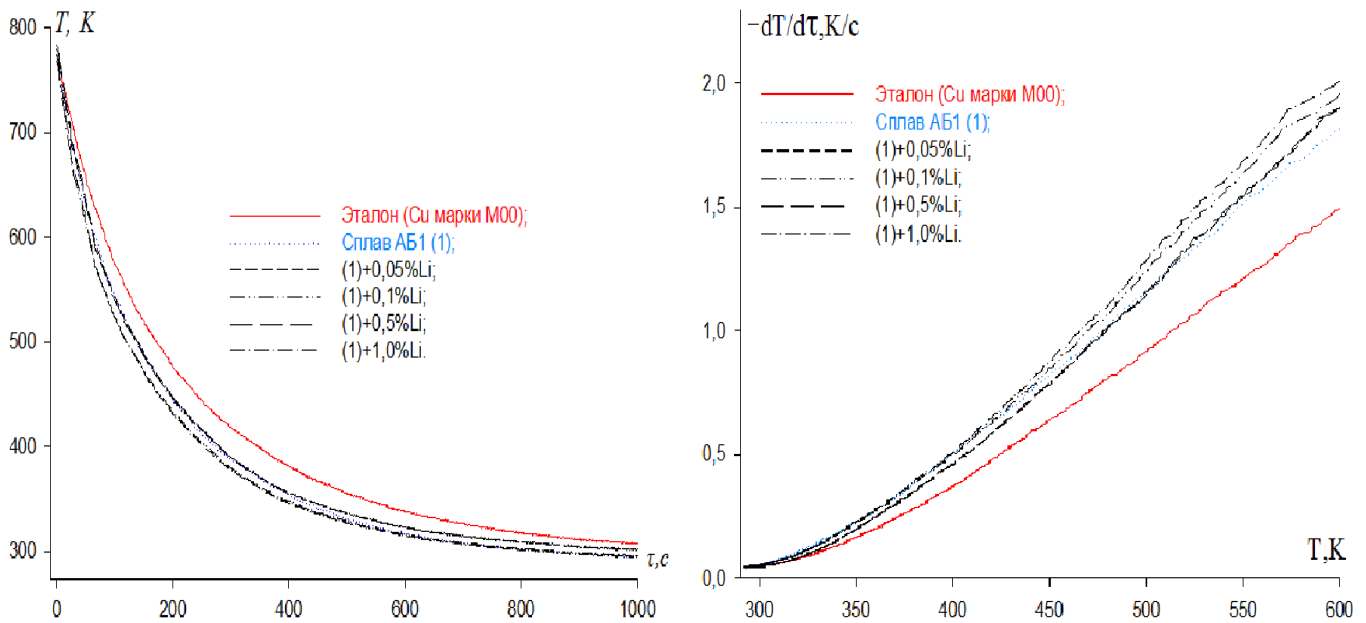
Для расчёта температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса по уравнениям (11)-(13) были использованы интегралы от удельной теплоёмкости по уравнению (10):

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (11)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (12)$$

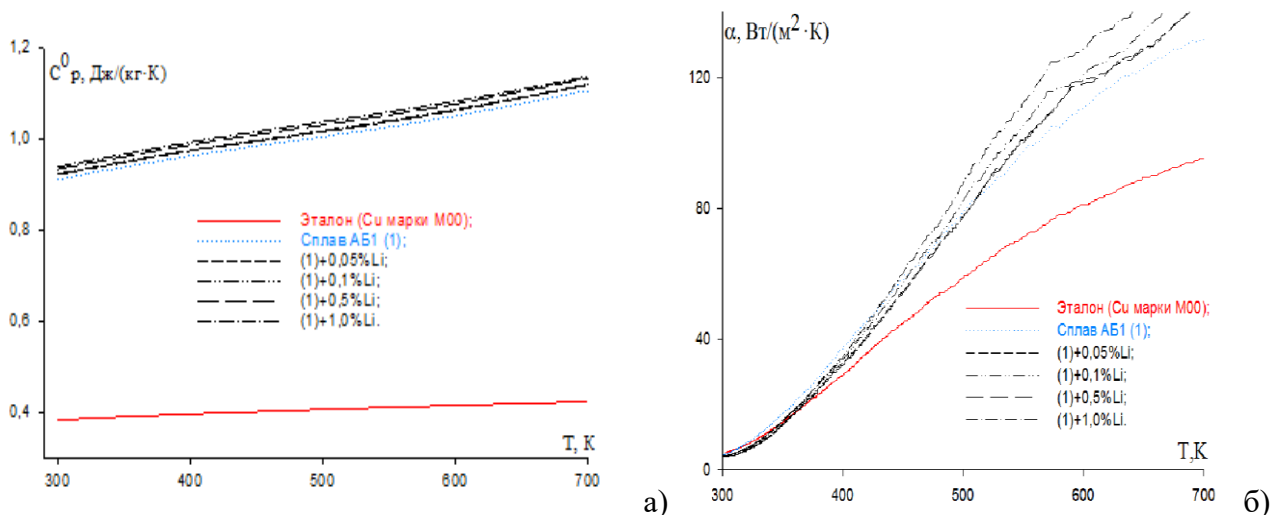
$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (13)$$

где  $T_0 = 298.15 K$ .



**Рисунок 2. Зависимости температуры от времени охлаждения (а) и скорости охлаждения от температуры (б) для образцов из алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00)**

Результаты расчёта температурной зависимости изменений термодинамических функций для алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00) через 100 К представлены в таблице 3. Видно, что при повышении температуры удельная теплоёмкость, изменения энтальпии и энтропии для сплавов с литием увеличиваются, а энергия Гиббса снижается. Указанные изменения термодинамических функций алюминиевого эвтектического сплава АБ1 при легировании его литием связано с измельчением и ростом степени гетерогенности его структуры.



**Рисунок 3. Температурная зависимость теплоёмкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00)**

**Таблица 3 - Температурная зависимость изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1 с литием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание лития в сплаве, мас. %	[ $H^0(T) - H^0(T_0^*)$ ], кДж/кг для сплавов				
	Т, К				
	300	400	500	600	700
0,0	1,4874	85,1172	180,9939	292,7376	417,1284
0,05	1,1200	77,0129	178,2022	297,1919	426,1000
0,1	1,1429	77,1574	178,9089	300,8513	434,4508
0,5	1,1686	80,2932	186,1238	311,1184	446,8590
1,0	1,1340	80,4797	189,8605	320,6103	463,2350
Эталон	0,7120	39,8675	80,1667	121,4190	163,5190
[ $S^0(T) - S^0(T_0^*)$ ], кДж/(кг·К) для сплавов					
0,0	0,0050	0,2450	0,4583	0,6616	0,8532
0,05	0,0037	0,2201	0,4450	0,6615	0,8601
0,1	0,0038	0,2206	0,4467	0,6685	0,8744
0,5	0,0039	0,2295	0,4646	0,6921	0,9012
1,0	0,0038	0,2297	0,4727	0,7106	0,9303
Эталон	0,0024	0,1149	0,2048	0,2800	0,3449
[ $G^0(T) - G^0(T_0^*)$ ], кДж/кг для сплавов					
0,0	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021
0,05	-0,0046	-12,8822	-48,1599	-104,2287	-180,0998
0,1	-0,0035	-11,0185	-44,2864	-99,7286	-175,9911
0,5	-0,0035	-11,0832	-44,4295	-100,2767	-177,6030
1,0	-0,0036	-11,4869	-46,1985	-104,1517	-184,0069
Эталон	-0,0035	-11,4007	-46,4908	-105,7627	-188,0041

\*  $T_0 = 298,15 \text{ K}$

В таблицах 4,5 обобщены результаты исследования теплоемкости и изменений термодинамических функций алюминиевых сплавов АБ1, на примере сплавов, содержащих 1,0 мас. % легирующего компонента. Видно, что при переходе от сплавов с литием к сплавам с натрием и калием теплоемкость, энтальпия и энтропия от сплавов с литием к сплавам с натрием уменьшается, далее к сплавам с калием снова растёт. Значение энергии Гиббса имеет обратную зависимость.

**Таблица 4 - Температурная зависимость удельной теплоёмкости (кДж/(кг·К)) алюминиевого сплава АБ1 с 1,0 мас.% лития, натрия, калия и эталона (Cu марки М00)**

Содержание ЦМ в сплаве, мас. %	Т, К				
	300	400	500	600	700
0,0	0,7929	0,9611	1,1185	1,2391	1,2966
1,0%Li	0,7962	0,8791	1,1348	1,3876	1,4615
1,0%Na	0,8030	0,8550	0,9860	1,1360	1,2420
1,0%K	0,9114	0,9621	1,0038	1,0493	1,1039

Эталон	0,3850	0,3977	0,4080	0,4169	0,4251
--------	--------	--------	--------	--------	--------

**Таблица 5 - Зависимость энтальпии, энтропии и энергии Гиббса от температуры для алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием, калием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание ЦМ в сплаве, мас. %	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$ , кДж/(кг·К) для сплавов				
	Т, К				
	300	400	500	600	700
0,0	1,4874	85,1172	180,9939	292,7376	417,1284
1,0%Li	1,1340	80,4797	189,8605	320,6103	463,2350
1,0%Na	1,4860	83,4650	175,1240	281,3220	400,7980
1,0%K	1,9925	120,8863	252,0301	384,9139	514,2476
Эталон	0,7120	39,8675	80,1667	121,4190	163,5190
$[S^0(T) - S^0(T_0^*)]$ , кДж/(кг·К) для сплавов					
0,0	0,0050	0,2450	0,4583	0,6616	0,8532
1,0%Li	0,0038	0,2297	0,4727	0,7106	0,9303
1,0%Na	0,0050	0,2400	0,4440	0,6380	0,8220
1,0%K	0,0067	0,3474	0,6398	0,8821	1,0815
Эталон	0,0024	0,1149	0,2048	0,2800	0,3449
$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$ , кДж/(кг·К) для сплавов					
0,0	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021
1,0%Li	-0,0036	-11,4869	-46,1985	-104,1517	-184,0069
1,0%Na	-0,0050	-12,7150	-47,0930	-101,2610	-174,3210
1,0%K	-0,0062	-18,0611	-67,8468	-144,3343	-242,8297
Эталон	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021

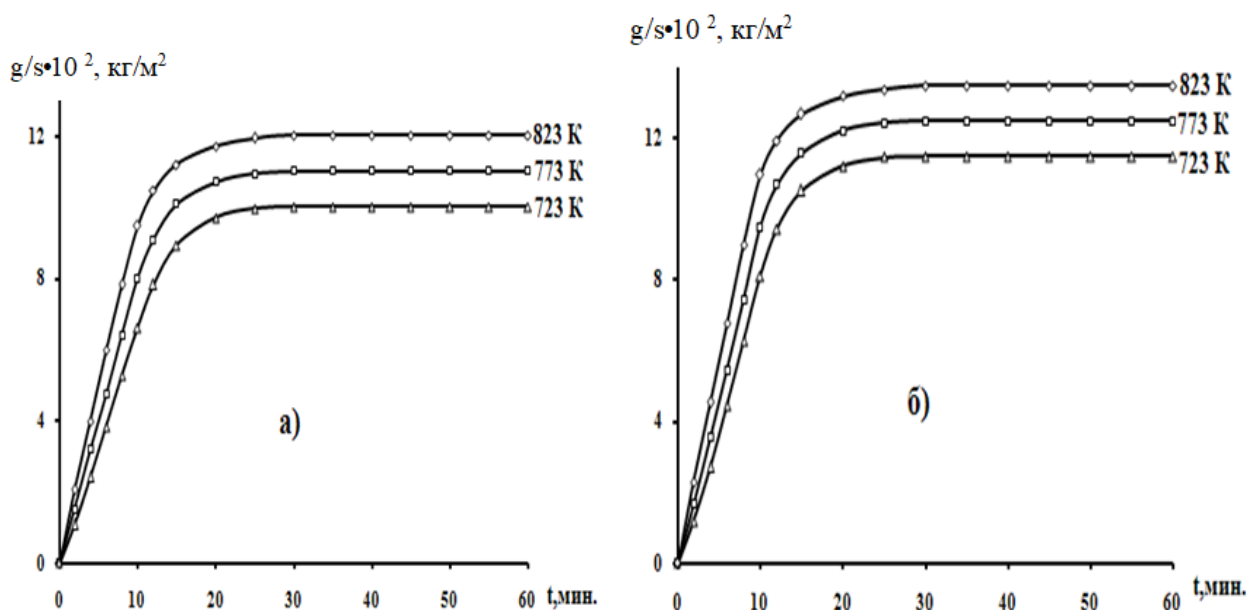
\*  $T_0 = 298,15 \text{ K}$

В целом, на основе выполненных экспериментальных исследований можно заключить, что полученные уравнения зависимостей теплоёмкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) от температуры для эвтектического алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с щелочными металлами, в частности с литием, натрием и калием описывают свойства исследованных групп сплавов с точностью  $R^2_{\text{корр.}} = 0.997 \div 0.999$ .

### **Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ**

Кинетику окисления алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием, в твердом состоянии изучали термогравиметрическим методом. Окисление алюминиевого сплава АБ1 изучено на сплавах, содержащих: 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 мас.% лития. Состав сплавов исследовали качественным и количественным анализом. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплавов приведены в таблице 6 и на рисунках 4-6.





**Рисунок 4. Кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АБ1 (а) с 0,05 мас.% литием (б)**

Как видно из рисунка 4, кривые окисления алюминиевого сплава АБ1 (а) и сплава с 0,05 мас.% лития (б) имеют степенной характер с интенсивной начальной скоростью окисления в первые 10 минут и с последующим замедлением процесса. С увеличением температуры наблюдается рост скорости окисления. Рост окисления при исследованных температурах с увеличением концентрации лития растет.

Приведена математическая обработка кинетических кривых окисления алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, в твёрдом состоянии. Кривые окисления подчиняются уравнению  $y = KX^n$  в котором  $n$  меняется от 2 до 4 в зависимости от состава окисляемого сплава. Судя по нелинейной зависимости  $(\text{g/s})^2-t$ , следует заключить, что характер окисления сплавов подчиняется гиперболической зависимости.

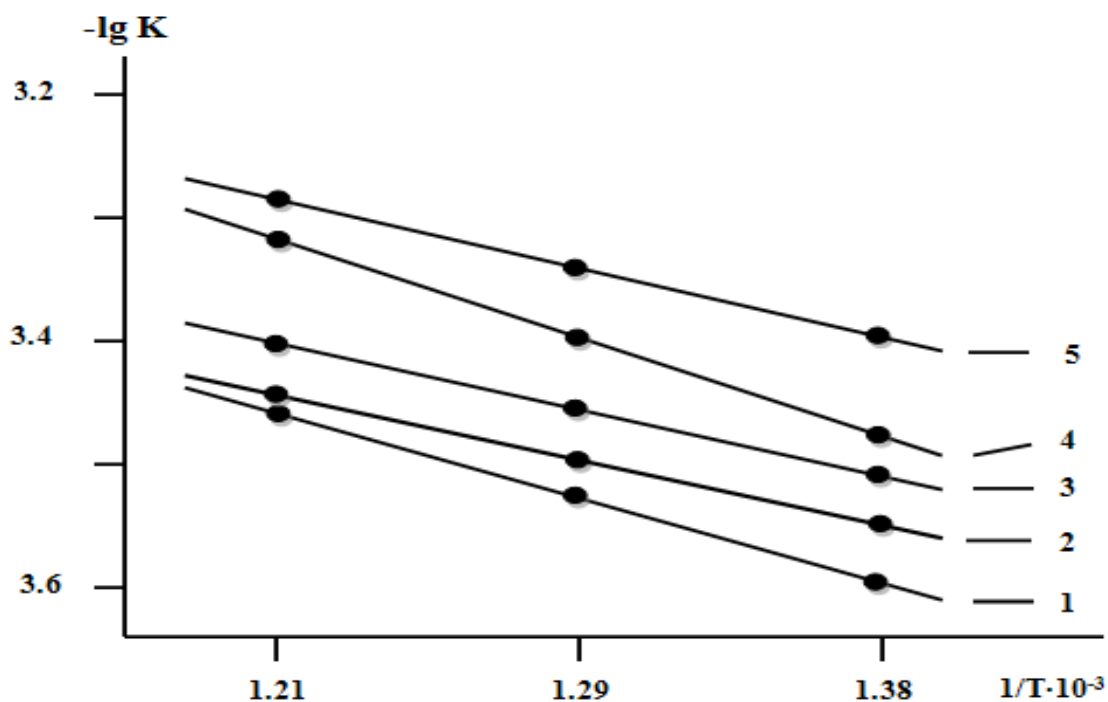
Легирование алюминиевого сплава АБ1 0,1 и 0,5 мас.% лития способствует некоторому увеличению истинной скорости окисления и соответственно уменьшению энергии активации окисления по сравнению со сплавом, содержащим 0,05 мас.% лития. Так, если при температурах 723К и 823К значение истинной скорости окисления сплава, содержащего 0,05 мас.% лития, изменяется от  $3,70 \cdot 10^{-4}$  до  $4,33 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$  с энергией активации 114,0 кДж/моль, то при этих же температурах скорость окисления сплава АБ1, содержащего 0,1 мас.% лития, характеризуется величинами  $3,74 \cdot 10^{-4}$ ;  $4,37 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ , с добавками 0,5 мас. % лития -  $3,79 \cdot 10^{-4}$ ;  $4,42 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ , и при этом значение кажущейся энергии активации составляет 108,3 и 102,1 кДж/моль (таблица 6).

Приведенная на рисунке 5 зависимость  $\lg K-1/T$  и изохронны окисления сплавов (рис.6) для алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, показывают, что процесс окисления при вышеуказанных температурах с ростом содержания лития в сплаве АБ1 растёт.

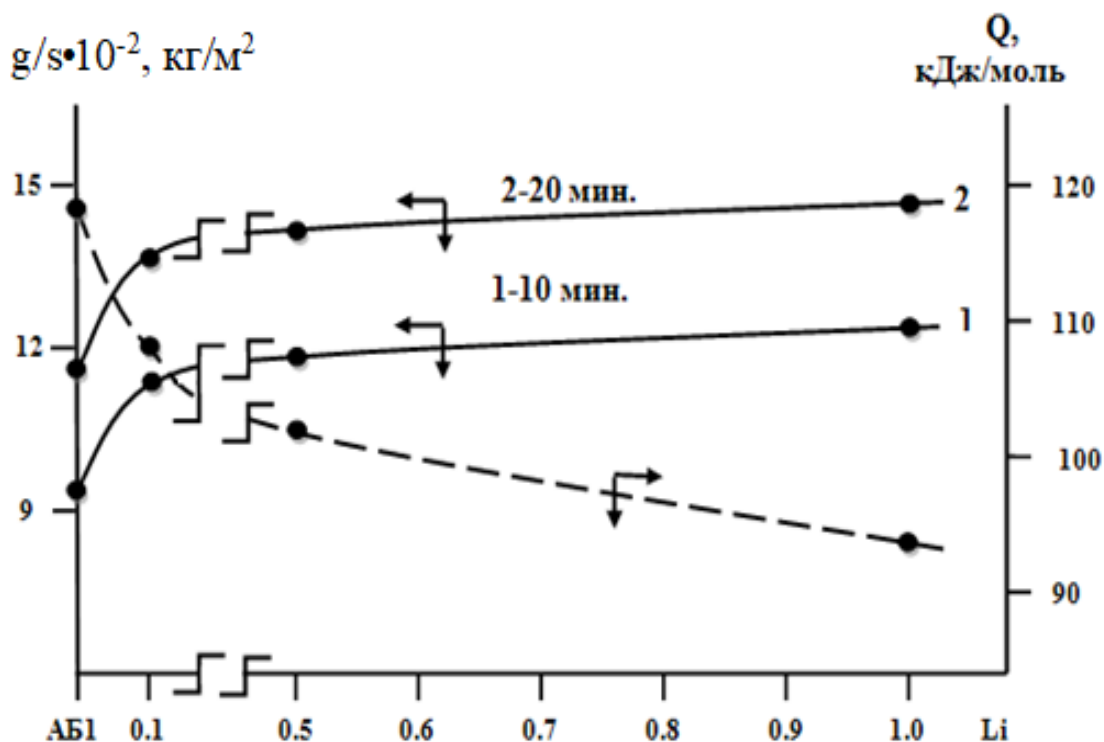


**Таблица 6 - Кинетические и энергетические параметры процесса окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием, в твердом состоянии**

Содержание лития в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления, $K \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль
0,0	723	3,67	118,5
	773	3,89	
	823	4,28	
0,05	723	3,70	114,0
	773	3,92	
	823	4,33	
0,1	723	3,74	108,3
	773	3,96	
	823	4,37	
0,5	723	3,79	102,1
	773	4,00	
	823	4,42	
1,0	723	3,83	93,9
	773	4,05	
	823	4,46	



**Рисунок 5. Зависимость  $\lg K$  от  $1/T$  для сплавов АБ1 (1), легированного литием, мас. %: 0.05(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5)**



**Рисунок 6. Изохронны окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием при 823 К**

Таким же образом была исследована кинетика окисления алюминиевого сплава АБ1 с натрием и калием. Результаты исследования приведены в таблице 7. Видно, что при переходе от сплавов с литием к сплавам с натрием и калием, в соответствии со свойствами щелочных металлов в пределах подгруппы, окисление растёт, о чём свидетельствует уменьшение величины кажущейся энергии активации сплавов.

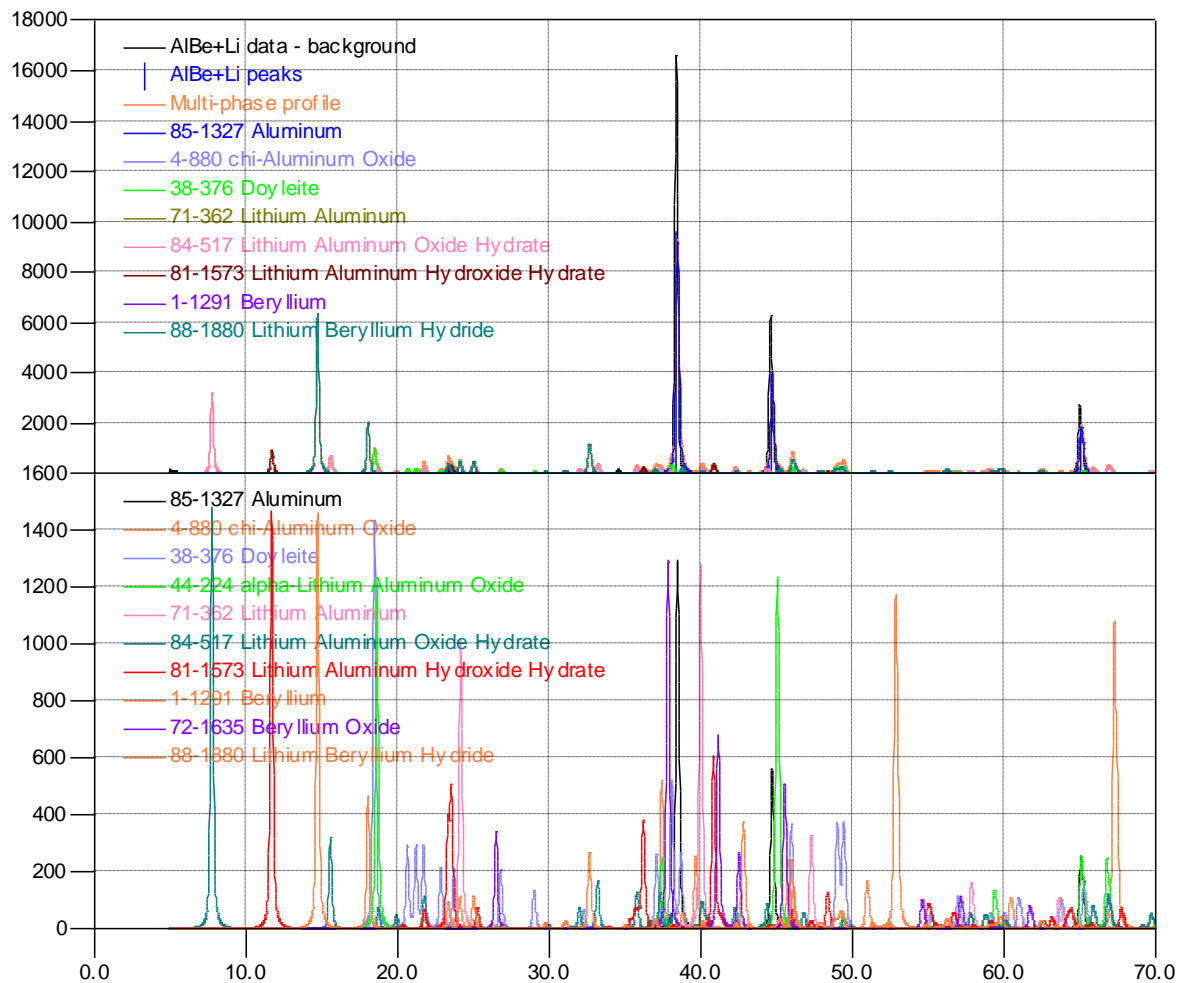
**Таблица 7 - Зависимость кажущейся энергии активации процесса окисления алюминиевого сплава АБ1 от содержания лития, натрия и калия в твердом состоянии**

Содержание легирующих компонентов в сплаве, мас.%	Кажущаяся энергия активации, кДж/моль				
	Содержание добавки в сплаве, мас.%				
	0,0	0,05	0,1	0,5	1,0
Li	118,5	114,0	108,3	102,1	93,9
Na		110,1	103,9	96,0	87,6
K		105,9	98,0	91,8	83,5

Важную информацию о процессе окисления сплавов АБ1 с ЩМ можно получить, исследуя продукты их окисления. Изучение продуктов окисления сплавов ИК-спектроскопическим методом показало, что они в основном состоят из оксида алюминия (427, 465, 615-670, 775-1100  $\text{см}^{-1}$ ). В сплавах с высоким содержанием ЩМ (1.0 мас.%) обнаружены полосы поглощения,

относящиеся к оксидам щелочных металлов, как:  $K_2O$  ( $858\text{ см}^{-1}$ );  $BeO$  ( $460, 475, 520-605, 770-1420\text{ см}^{-1}$ );  $Li_2O$  ( $402, 693, 860, 1060\text{ см}^{-1}$ ). На ИК спектрах сплавов встречаются полосы поглощения, относящиеся к оксидам бериллия  $BeO$ ,  $Be_2O_3$ . Также встречаются отдельные полосы поглощения при  $515, 788, 875, 1080, 1221\text{ см}^{-1}$ , и при  $677, 850, 826\text{ см}^{-1}$  и т.д., которые относятся к оксидам сложного состава типа  $(Li_2O)(Al_2O_3)_{11}(H_2O)_{1.54}$ ;  $LiAl_2(OH)_7(H_2O)_2$ ;  $Li_2BeH_4$ ;  $BeO$ ,  $Na_{2.74}Al_{22}O_{38}, NaO_3$ ;  $K_{1.44}Al_{10.88}O_{17.23}$  и  $K(H_2O)OH$ .

На рисунке 7 представлены ИК-спектры продуктов окисления алюминиевых сплавов АБ1 с добавками 1,0 мас.% лития.



**Рисунок 7. ИК-спектры продуктов окисления алюминиевых сплавов АБ1 с добавками 1,0 мас.% лития**

В целом, при экспериментальном исследовании кинетики окисления алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием установлено, что самые максимальные значения скорости окисления относятся к сплаву АБ1 с калием, а минимальные к сплавам с литием. Алюминиево-бериллиевый сплав АБ1 с натрием занимает промежуточное положение. Показано, что легирующие компоненты значительно увеличивают окисляемость исходного алюминиевого сплава АБ1.

Таким образом, алюминиевый сплав АБ1 с щелочными металлами не рекомендуется для изготовления изделий, эксплуатирующихся при высоких температурах.

#### **Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОГО ПОВЕДЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АБ1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ, В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl**

В данном разделе представлены результаты исследования анодного поведения алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием, в среде электролита 0,03, 0,3 и 3,0%-ного NaCl.

Исследования проводили в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1.1 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с, с программатором ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4.

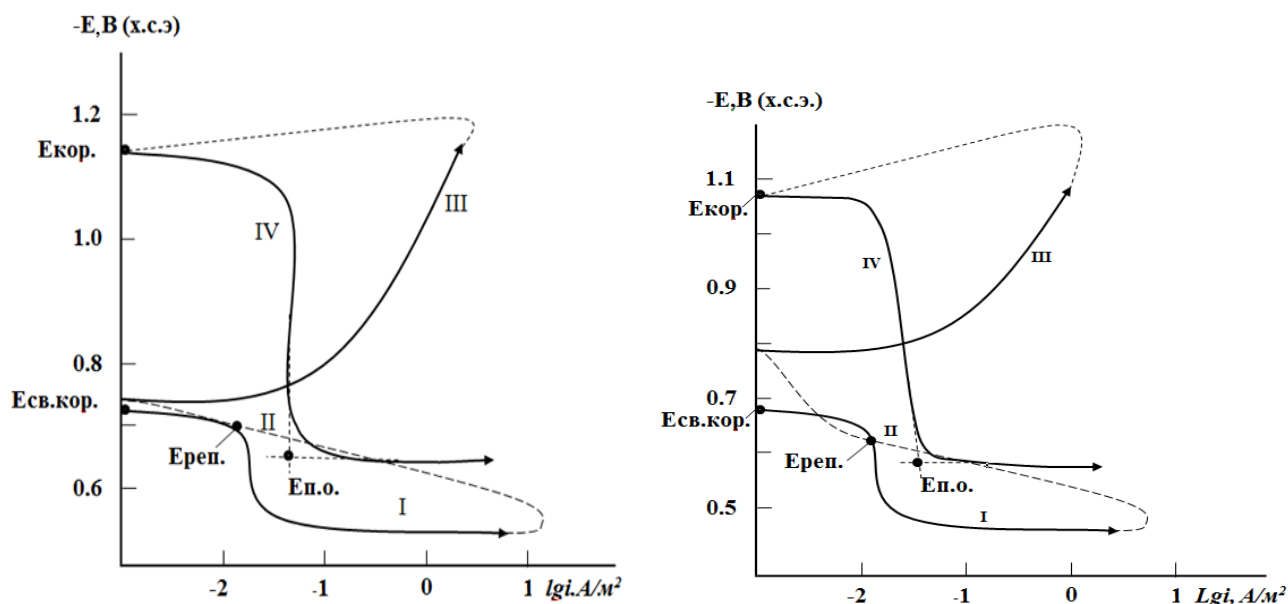
Электродом сравнения служил хлорид – серебряный, а вспомогательным – платиновый. По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:  $E_{ст}$  или  $E_{св.кор}$  – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;  $E_{рп}$  – потенциал репассивации;  $E_{п.о.}$  – потенциал питтингообразования (или потенциал пробы) после катодной поляризации;  $E_{кор}$  – потенциал коррозии;  $i_{кор.}$  – ток коррозии. Расчет тока коррозии, как основной электрохимической характеристики процесса коррозии, проводился по катодной кривой с учетом тафеловской константы  $v_k = 0,12В$ . Скорость коррозии (К) определяли по формуле  $K = i_{кор.} \cdot k$ , где  $i_{кор.}$  – плотность тока коррозии, а  $k = 0,335$  г/А час для алюминия.

Для электрохимических исследований образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования (рис. 8, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении (рис. 8, кривая II) и по пересечению кривых I и II определяли величину потенциала репассивации. Далее шли в катодную область до значения потенциала -1,2В для удаления оксидной плёнки с поверхности электрода (рис. 8, кривая III) в результате подщелачивания приэлектродной поверхности. Наконец, образцы поляризовали вновь в положительном направлении и из анодных кривых определяли основные электрохимические параметры сплавов (рис. 8, кривая IV).

Скорость коррозии сплавов, содержащих 0,01-0,5 % лития, натрия и калия почти на 30 % меньше, чем у исходного сплава (таблица 8). Добавки лития, калия и натрия способствуют снижению скорости анодной коррозии, о чём свидетельствует смещение анодных кривых сплавов в более положительную область потенциалов (рисунок 9). При этом по мере увеличения концентрации хлорид – иона в электролите NaCl скорость коррозии сплавов увеличивается независимо от содержания легирующего компонента.

Применительно к настоящим исследованиям следует отметить, что в целом с ростом концентрации хлорид – иона в 10 (0,03% и 0,3% NaCl) и 100 (0,03% и 3,0% NaCl) раз потенциал питтингообразования алюминиевых сплавов

с литием, калием и натрием смещается в отрицательную область значений (таблица 9).



**Рисунок 8. Полная поляризационная (2мВ/с) кривая алюминиевого сплава АБ1 (а) с добавками 1,0 мас.% лития (б), в среде электролита 3,0%-ного NaCl**

Результаты коррозионно-электрохимических исследований сплава АБ1 с литием, в среде электролита хлорида натрия представлены в таблице 8.

Исследования показывают, что добавки лития, натрия и калия в пределах 0,01-0,5 мас.% способствуют смещению потенциала свободной коррозии в положительную область во всех исследованных средах электролита NaCl. При этом потенциалы питингообразования и репассивации также смещаются в положительную область значений (таблица 8).

Видно, что добавки лития до 1,0 мас.% способствуют смещению потенциалов свободной коррозии, питингообразования и репассивации в положительную область, а при повышении концентрации хлорид-иона в электролите NaCl в отрицательном направлении.

Сплавы, легированные ЦМ, характеризуются более низким значением скорости коррозии, чем исходный сплав АБ1.

Обобщённые результаты исследования анодного поведения алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием представлены в таблицах 8 и 9. Потенциал свободной коррозии алюминиевых сплавов с ростом концентрации лития, натрия и калия изменяется в положительном направлении оси ординат. С увеличением концентрации хлорид – иона потенциал свободной коррозии сплавов уменьшается (таблица 8).

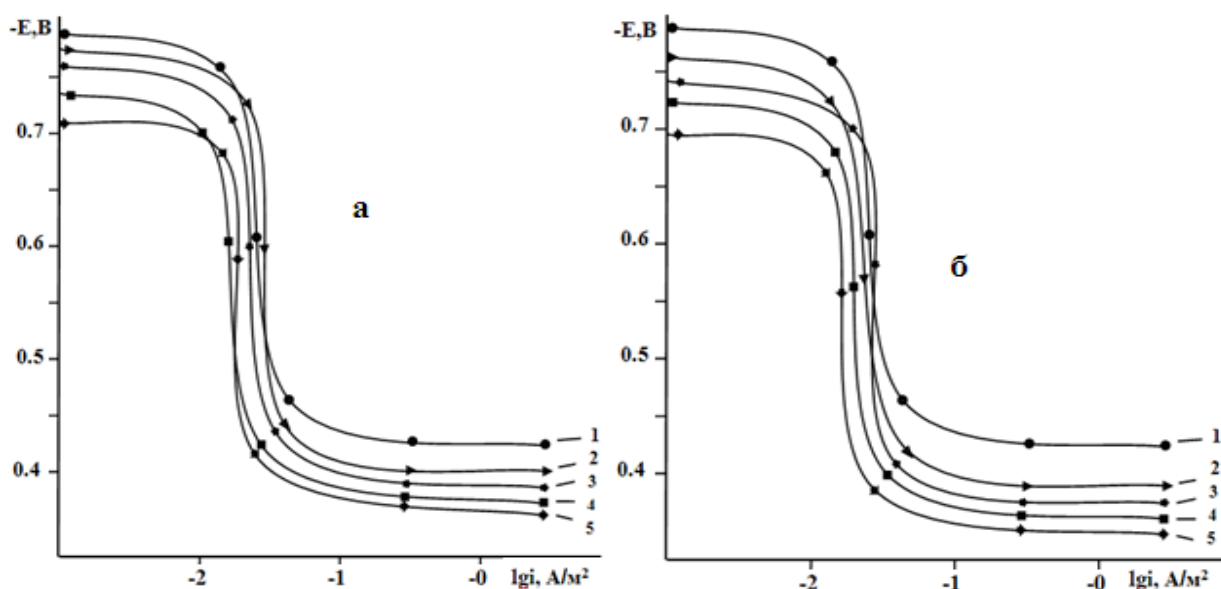


Рисунок 9. Анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые алюминиевого сплава АБ1(1), содержащего литий, мас. %: 0,05 (2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде 0,03(а) и 3,0%-ного (б) электролита NaCl

Таблица 8. Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии (-Е<sub>св.кор.</sub>, В) и питтингообразования (-Е<sub>п.о.</sub>, В) алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, в среде электролита NaCl

Среда NaCl, мас. %	Содержание ЦМ в сплаве, мас. %	Сплавы с Li		Сплавы с Na		Сплавы с К	
		-Е <sub>св.кор.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>	-Е <sub>св.кор.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>	-Е <sub>св.кор.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>
0,03	0,0	0,560	0,490	0,560	0,490	0,560	0,490
	0,05	0,549	0,480	0,540	0,471	0,530	0,461
	0,1	0,538	0,466	0,527	0,447	0,516	0,437
	0,5	0,528	0,448	0,516	0,430	0,501	0,420
	1,0	0,559	0,423	0,527	0,423	0,490	0,407
0,3	0,0	0,600	0,560	0,600	0,560	0,600	0,560
	0,05	0,590	0,545	0,579	0,537	0,552	0,528
	0,1	0,575	0,531	0,567	0,524	0,536	0,515
	0,5	0,560	0,512	0,552	0,510	0,520	0,500
	1,0	0,545	0,500	0,535	0,495	0,505	0,488
3,0	0,0	0,728	0,670	0,728	0,670	0,728	0,670
	0,05	0,715	0,640	0,690	0,631	0,640	0,618
	0,1	0,702	0,612	0,677	0,602	0,625	0,590
	0,5	0,692	0,590	0,665	0,581	0,612	0,572
	1,0	0,679	0,580	0,650	0,570	0,598	0,560

Величины потенциалов питтингообразования и репассивации сплавов, также по мере роста концентрации хлорид-иона в электролите изменяются в более отрицательном направлении оси ординат. Увеличение концентрации легирующего компонента способствует росту величины потенциалов питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации хлорид-иона. При переходе от алюминиевых сплавов с литием к сплавам с натрием потенциалы свободной коррозии и питтингообразования растут, т.е. изменяются в положительном направлении оси ординат (таблица 8).

**Таблица 9 – Зависимость скорости коррозии алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, в среде электролита NaCl**

Среда NaCl, мас.%	Содержание ЦМ, в сплаве, мас.%	Скорость коррозии					
		сплавов с Li		сплавов с Na		сплавов с K	
		$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$
		А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час	А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час	А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час
0,03	0,0	0,031	10,38	0,031	10,38	0,031	10,38
	0,05	0,029	9,71	0,028	9,38	0,027	9,04
	0,1	0,027	9,04	0,026	8,71	0,025	8,37
	0,5	0,025	8,37	0,024	8,04	0,023	7,70
	1,0	0,024	8,04	0,022	7,37	0,021	7,03
0,3	0,0	0,036	12,06	0,036	12,06	0,036	12,06
	0,05	0,035	11,72	0,034	11,39	0,033	11,05
	0,1	0,034	11,39	0,032	10,72	0,031	10,38
	0,5	0,033	11,05	0,030	10,05	0,029	9,71
	1,0	0,032	10,72	0,028	9,36	0,027	9,04
3,0	0,0	0,042	14,07	0,042	14,07	0,042	14,07
	0,05	0,040	13,40	0,039	13,06	0,038	12,73
	0,1	0,038	12,73	0,037	12,39	0,036	12,06
	0,5	0,036	12,06	0,035	11,72	0,034	11,39
	1,0	0,034	11,39	0,033	11,05	0,032	10,72

Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии алюминиевых сплавов с литием, натрием и калием с ростом концентрации хлорид-иона увеличиваются. Данная зависимость характерна для всех сплавов независимо от их состава и особенностей физико-химических свойств легирующего компонента (таблица 9).

Таким образом, установлено, что легирование сплава АБ1 до 1,0 мас.% щелочными металлами повышает его анодную устойчивость на 30% в среде электролита NaCl.

## ВЫВОДЫ

### I. Основные научные результаты исследования

1. В режиме «охлаждения» исследована температурная зависимость теплоемкости алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием. Установлено, что с ростом температуры и содержания легирующего компонента теплоемкость сплавов увеличивается, а при переходе от сплавов с литием к сплавам с натрием и калием величина теплоемкости уменьшается.

2. Исследованиями термодинамических функции алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием показано, что при переходе от сплавов с литием к сплавам с калием с ростом температуры увеличиваются значения энтальпии, энтропии и снижается величина энергии Гиббса. При переходе от сплавов с калием к сплавам с натрием энтальпия и энтропия сплавов уменьшается, к сплавам с калием растут.

3. Методом термогравиметрии исследована кинетика окисления алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием. Установлено, что окисление сплавов подчиняется гиперболическому закону с истинной скоростью окисления порядка  $10^{-4} \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ ; выявлено, что максимальное значение кажущейся энергии активации относится к исходному сплаву АБ1, а минимальные – относятся к сплаву, легированному калием. Показано, что легирующие компоненты литий, натрий и калий в пределах 0,05-1,0 мас.% снижают устойчивость исходного алюминиевого сплава АБ1 к окислению. При переходе от сплавов с литием к сплавам с калием окисление сплавов растёт, о чём свидетельствует уменьшение величины кажущейся энергии активации окисления сплавов.

4. Методом ИК-спектроскопии исследованы продукты окисления алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием, и показано, что они состоят в основном из простых оксидов  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Be}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$  и оксидов сложного состава типа:  $(\text{Li}_2\text{O})(\text{Al}_2\text{O}_3)_{11}(\text{H}_2\text{O})_{1.54}$ ;  $\text{LiAl}_2(\text{OH})_7(\text{H}_2\text{O})_2$ ;  $\text{Li}_2\text{BeH}_4$ ;  $\text{BeO}$ ,  $\text{Na}_{2.74}\text{Al}_{22}\text{O}_{38}$ ,  $\text{NaO}_3$ ;  $\text{K}_{1.44}\text{Al}_{10.88}\text{O}_{17.23}$  и  $\text{K}(\text{H}_2\text{O})\text{OH}$ .

5. Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение алюминиевого сплава АБ1, легированного литием, натрием и калием, в среде электролита хлорида натрия. Установлено, что легирование литием, натрием и калием алюминиевого сплава АБ1 до 1.0 мас.% повышает его анодную устойчивость на 30% в среде электролита  $\text{NaCl}$ .

6. На основе проведенных исследований разработаны составы новых алюминиево-бериллиевых сплавов, легированных литием, натрием и калием, которые защищены двумя малыми патентами Республики Таджикистан (Патент №ТJ1002 от 01.03.2019г. и Патент №ТJ1123 от 13.04.2020г.).

### II. Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Установленные физико-химические параметры алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием рекомендуются для пополнения страниц соответствующих справочников.



2. Разработанные составы сплавов и способы их получения рекомендуются в качестве материала для использования в авиакосмических конструкциях и изделиях, работающих при высоких температурах.

3. Опытные партии новых сплавов могут производиться на базе Государственного научного учреждения «Центр исследования инновационных технологий» при Национальной академии наук Таджикистана с целью поставки заинтересованным предприятиям и ведомствам.

**Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан**

[1-А]. Ганиев, И.Н. Влияние лития на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И. Н., Назарова, М.Т., Якубов У. Ш., Сафаров А. Г., Курбонова М. З. // Теплофизика высоких температур. -2020. Т.58. -№1. - С.55-60 (**Scopus**)

Ganieva I. N. Influence of Lithium on Specific Heat Capacity and Changes in the Thermodynamic Functions of Aluminum Alloy AB1/ Ganieva I. N., Nazarova M. T., Yakubova U. Sh., Safarov A. G., Kurbonova M. Z. // High Temperature.-2020. Vol. 58. -№1. -PP. 58–63(**Scopus**).

[2-А]. Назарова, М.Т. Влияния натрия на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Курбонова М.З., Якубов У.Ш.// Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет). -2019. -№51(77).-С.25-30.

[3-А]. Назарова, М.Т. Влияние добавок калия на температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Назарова М.Т., Курбонова М.З.//Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2019. Т.75.- №4. -С.16-22.

[4-А]. Курбонова, М.З. Анодное поведения сплавов системы Al-Ca-Be в нейтральной среде / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Холикова Л.Р., Назарова М.Т. // Вестник современных исследований (научный центр «Орка»).-Омск. - 2018. Т.18.- №3. -С.61-67.

[5-А]. Курбонова, М.З.Влияние хлорид – иона на электрохимические свойства алюминиевых сплавов АБ1 со стронцием// Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Исмонов Р.Д., Холикова Л.Р. // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. -2018. -№1.- С.152-158.

[6-А]. Назарова, М.Т. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Курбонова М.З., Ганиев И.Н Рахимова Н.О., Назарова М.Т. // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2020. - №1. -С.187-195.

**Изобретения по теме диссертации:**

[7-А]. Назарова, М.Т. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1002. от 01.03.2019г. «Сплав на основе алюминия с бериллия» / Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М., Исмонов Р.Д., Ганиева Н.И., Азимов Х.Х.,

**Назарова М.Т., Курбонова М.З.** // №1801241; заявл. 01.03.2019г., опубл. 14.06.2019.

**[8-А]. Назарова, М.Т.** Малый патент Республики Таджикистан №ТJ1123 от 13.04.2020 г. «Алюминиевый сплав с бериллием» / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О., **Назарова М.Т.** // №1801241; заявл. 01.03.2019г., опубл. 13.04.2020.

**Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:**

**[9-А]. Назарова, М.Т.** Синтез и изучение электрохимических свойств сплава Al-Be-Va в среде 0,03% NaCl / **Назарова М.Т.,** Розиков А.Р., Курбонова М.З.//Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Садриддин Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Таджикского национального университета». - Душанбе. -2018. -С. 103.

**[10-А]. Назарова, М.Т.**Термодинамические функции алюминиевого сплава АБ1 с литием/ Рахимова Н.О., **Назарова М.Т.,** Курбонова М.З., Ганиев И.Н.// Мат. IV Межд. научной конф. «Вопросы физической и координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х. М. и Юсуфова З. Н. - Душанбе. -2019. -С.177 – 180.

**[11-А]. Назарова, М.Т.** Влияние лития на температурную зависимость удельной теплоемкости алюминиевого сплава АБ1/ **Назарова М.Т.,** Ганиев И.Н., Курбонова М.З., Сафаров А.М.// Мат. респ. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы дифференциальных уравнений, математического анализа, алгебры и теории чисел и их приложения». - Душанбе. -2019. -С. 64 – 68.

**[12-А]. Назарова, М.Т.** Влияние лития на термодинамические функции алюминиевого сплава АБ1/ **Назарова М.Т.,** Ганиев И.Н., Курбонова М.З., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400 – летию Миробиды Сайидо Насафи». - Душанбе. -2019. -С.88-90.

**[13-А]. Назарова, М.Т.** Изучение электрохимических свойства сплавов Al-Be-Na в среде электролита 0,3 % NaCl / Курбонова М.З., Рахимова Н.О., **Назарова М.Т.**// Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400 – летию Миробиды Сайидо Насафи». - Душанбе. -2019. -С.91-92.

**[14-А]. Назарова, М.Т.** Анодное поведение сплава алюминия АБ1 с барием в нейтральной среде NaCl / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., **Назарова М.Т.,** Рахимова Н.О.// Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средне общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы

химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. -2019.-С.165 -170.

[15-А]. **Назарова, М.Т.** Температурная зависимость теплоёмкости алюминиевого сплава АБ1, легированного калием/ Курбонова М.З., Ганиев И.Н., **Назарова М.Т.**, Рахимова Н.О.// Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средне общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. - 2019.-С.170 - 175.

[16-А]. **Назарова, М.Т.** Изучение электрохимических свойства сплава АБ1 с литием / **Назарова М.Т.**, Курбонова М.З., Ганиев И.Н. // Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средне общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. - 2019. -С.194-199.

[17-А]. **Назарова, М.Т.** Изучение электрохимических свойств алюминиевого - бериллиевого сплава АБ1 с добавками калия/ **Назарова М.Т.**, Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «5500-летию выдающегося Таджикского поэта Камола Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)». - Душанбе. -2020. -С.236-238.

[18-А]. **Назарова, М.Т.** Изучение механических свойств алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с добавками титана/ **Назарова М.Т.**, Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «5500-летию выдающегося Таджикского поэта Камола Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)». - Душанбе. -2020. -С.234-235.

[19-А]. **Назарова, М.Т.** Влияние лития на электрохимические свойства алюминиевого сплава АБ1, в среде электролита 3%-ного NaCl / **Назарова М.Т.**, Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. //Мат.респ. научно-практ. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нуманова И. У. -Душанбе. - 2020. -С.259-263.

[20-А]. **Назарова, М.Т.** Влияние лития на электрохимические свойства алюминиевого сплава АБ1, в среде электролита 3%-ного NaCl / **Назарова М.Т.**, Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. //Мат.меж. научно-практ. конф. «Proceeding the international symposium on innovative development of science. Research center of innovative technologies Tajikistan National Academy of sciences. - Dushanbe. -2020. -С.119-121.

Бо ҳуқуқи дастнавис  
УДК: 669.715 (575.3)  
ББК: 24.123. (2Т)  
Н-19

**НАЗАРОВА Меҳрубон Толибҷонова**

**ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИЙ  
АБӢ БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертатсия барои дарёфти унвони  
номзади илмҳои химия  
аз рӯи ихтисоси 02.00.04 – Химияи физикӣ**

**ДУШАНБЕ -2021**

Таҳқиқот дар лабораторияи «Маводи ба коррозия тобовар» - и Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИ Тоҷикистон ва факултети химияи ДМТ гузаронида шуд.

**Роҳбари илмӣ:**

**Қурбонова Муқадас Завайдовна** – номзади илмҳои химия, дотсент мудири кафедраи «Усули таълими химия» - и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

**Мушовири илмӣ:**

**Ғаниев Изатулло Наврӯзович** – доктори илмҳои химия, профессор, академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

**Муқарризи расмӣ:**

**Раджабов Умаралӣ** – доктори илмҳои химия, профессор, мудири кафедраи химияи фарматсевтӣ ва захршиносии МТД «Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ ибни Сино»

**Баротов Бахтиёр Бурхонович** – номзади илмҳои техникӣ, мудири шуъбаи илмӣ-таҳқиқотии Агентии амнияти ядрои ва беҳатарии радиатсионии АМИ Тоҷикистон

**Муассисаи пешбар:**

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, кафедраи химияи умӯмӣ ва ғайриорганикӣ

Ҳимоя санаи «10» июни соли 2021 соати 10<sup>00</sup> дар чаласаи Шӯрои диссертатсионии 6Д.КОА - 003 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишони 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, бинои асосӣ, толори Шӯрои диссертатсионӣ, ошӯнаи 2-юм баргузор мегардад. E-mail: [kfk@mail.ru](mailto:kfk@mail.ru)

Бо матни пурраи диссертатсия дар сомонаи [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj) ва дар китобхонаи илмӣ бо нишони 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17 шинос шудан мумкин аст.

Автореферат фиристода шуд «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2021

Котиби илмии  
Шӯрои диссертатсионӣ,  
н.и.х., дотсент

Давлатшоева Ҷ.А.

## Муқаддима

**Мубрамият ва зарурати гузаронидани таҳқиқот аз рӯи мавзӯи диссертатсия.** Алюминий ва хӯлаҳои он қариб дар ҳама соҳаҳои саноат истифода мешаванд. Металлҳо ва хӯлаҳо маводҳои конструксионии асосӣ дар истеҳсоли мошинҳо, маводҳои конструксионии таҷҳизотҳо, асбобҳо, биноҳои (иншоотҳои) сохтмонӣ воситаҳои нақлиёт ва алоқа буд ва мемонад, гарчанде даҳсолаҳои охир навҳои масолеҳи нав, асосан, масолеҳи полимерӣ босуръат васеъ мешавад. Барои паст кардани талафоти иқтисодӣ аз коррозия ва барои таъмини прогресси минбаъдаи техникӣ усулҳо ва воситаҳои мубориза бо коррозияро муқаммал кардан зарур аст.

Прогресси техникӣ дар қатори соҳаҳои муҳими саноат бо сифати хӯллаҳои сабӯк дар асоси алюминий муайян карда мешавад. Онҳо ба сифати масолеҳҳои конструксионӣ дар авиатсия, техникаи атомӣ, мушакӣ, кайҳонӣ, инчунин электроника ва электротехника васеъ истифода мешавад. Ба сифати масолеҳи конструксионӣ одатан на алюминийи тоза, балки хӯлаҳои гуногун дар асоси он истифода мешаванд. Дохил кардани элементҳои гуногуни иловашуда ба алюминий хосиятҳои онро ба кулӣ тағйир медиҳад ва баъзан ба он хосиятҳои нави махсус медиҳад.

Алюминий ва хӯлаҳо дар асоси он, мавқеи асосиро ишғол мекунанд. Ин бо захираҳои калони алюминий, ки дорои як қатор хосиятҳои мусбати физикӣ-химиявӣ ва технологӣ, инчунин доираи васеи истифодаи он дар хоҷагии халқ мебошанд, вобаста мебошад.

Ба маводҳои перспективӣ хӯлаҳо дар асоси алюминий бо бериллий мансуб медонанд, зеро онҳо сабӯк ( $2,0-2,4 \text{ г/см}^3$ ) буда, модули баланди чандирӣ (140- 220 ГПа) ва устувории баланд (450-600 МПа) доранд. Барои онҳо ҳискунии паст ба буришҳо ва сарборихҳои такрорӣ хос мебошад. Ин хӯлаҳо ҳангоми сохтани дастгоҳҳои конструксионии парвоз, аз он ҷумла дар тайёрасозӣ истифодаи самаранок пайдо намудаанд. Таи солҳои охир барои беҳтар гардонидани устувории коррозсионӣ ва хосиятҳои электрохимиявии хӯлаҳои алюминий дигар металлҳо илова мешаванд.

Ҳамин тариқ, мақсади кори илмӣ таҳияи хӯлаҳои нав дар асоси алюминий мебошад. Таҳқиқоти мазкур ба омӯзиши таъсири металлҳои ишқорӣ, ҳамчун иловаҳои легиронанда ба гармиғунҷоиш, функцияҳои термодинамикӣ, оксидшавандагӣ ва рафтори электрохимиявии хӯлаи алюминий АБ1 бахшида шудааст, то ки хӯлаи мазкур ба масолеҳе табдил дода шавад, ки дар саноат самаранок истифода шавад.

**Дарачаи омӯзиши масъалаи илмӣ, асосҳои назариявӣ ва методологии таҳқиқот.** То кунун ягон назарияе, ки сохт ва хосияти хӯлаҳои алюминий бо бериллий ва элементҳои зергурӯҳи IА системаи даврии элементҳоро қаноатбахш тавсиф кунад, вучуд надорад. Шарҳи адабиёти иҷрошуда нисбат ба таъсири элементҳои зергурӯҳи якуми системаи даврийи нишон дод, ки маълумот дар бораи таъсири металлҳои нишондодашуда ба хосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаҳои алюминий-бериллий вучуд надорад.

Дар чунин вазъ маҳз таҳқиқоти эксперименталии хосиятҳои термодинамикӣ, кинетикии онҳо, махсусан алюминийи дараҷаҳои тозагӣ ва тамғаашон гуногун ва хӯлаҳои он, хусусиятҳои оксидшавӣ ва хосиятҳои коррозионии хӯлаҳо бо металлҳои ишқорӣ (литий, натрий ва калий) дар ҷои аввал меистад.

Чунин таҳқиқотҳо, бешубҳа, ба истифодаи амалии нисбатан васеи алюминийи ватанӣ барои эҳтиёҷоти хоҷагии халқи на танҳо Тоҷикистон мусоидат мекунад. Дар лаҳзаи оғози кори мазкур дар адабиёт ягон маълумот дар бораи таҳқиқотҳои системавии эксперименталии вобастагҳои параметрҳои термодинамикии хӯлаҳои алюминий бо элементҳои зергурӯҳи якуми системаи даврӣ вучуд надорад.

Бинобар ин аз ҷониби мо масъалаи ба таври эксперименталӣ муайян намудани хосиятҳои гармӣ ва термодинамикии хӯлаи алюминий-бериллий АБ1 бо металлҳои додашуда, таҳқиқ намудани кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо аз ҳарорат ва хосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявии онҳо, дар муҳити хлориди натрийи концентратсияи гуногун гузошта шуд.

### ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

**Мақсади таҳқиқот ба** коркарди таркиби хӯлаи баландмодули сабуки алюминий-бериллий АБ1 бо литий, натрий ва калий, муайянкунии хосиятҳои термодинамикӣ, кинетикӣ ва анодии он, ки барои эҳтиёҷоти соҳаҳои алоҳидаи саноат пешбинӣ шудаанд, мебошад.

**Объекти таҳқиқот** хӯлаи алюминий бо бериллийи таркиби эвтетикии  $Al+1\%Be$  (мас.%), инчунин литий, натрий ва калийи металлӣ мебошад.

**Предмети таҳқиқот** хӯлаи алюминий-бериллий АБ1 дар асоси навҳои техникаи алюминий аст.

**Вазифаи таҳқиқот.** Омӯзиши вобастагии ҳарорати гармиғунҷоиш ва тағйирёбии функцияҳои термодинамикии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий;

– Омӯзиши параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий дар ҳолати сахт ва муайянкунии механизми раванди оксидшавии онҳо;

– Муайянкунии таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳо ва омӯзиши хосиятҳои муҳофизатии онҳо;

– Муайянкунии эксперименталии таъсири литий, натрий ва калий ба рафтори анодии хӯлаи алюминий АБ1 дар муҳити электролитҳои 0,03; 0,3; ва 3,0 %-и NaCl;

– Мӯътадилгардонии таркиби хӯлаҳои сечанда дар асоси муайянкунии хосиятҳои физикӣ-химиявии онҳо ва муайянкунии ҳудудҳои имконпазирӣ истифодаи онҳо.

**Усули таҳқиқот.** Таҳқиқот бо ҷенкунии гармиғунҷоиш дар режими «хунуккунӣ», бо усулҳои термогравиметрӣ, металлографикӣ, рентгенофазавӣ, спектроскопии ИС ва потенциостатикӣ гузаронида шуд. Коркарди математикии натиҷаҳо бо истифодаи бастаи стандартии замимаҳо ва барномаи Microsoft Excel гузаронида шудааст.

**Соҳаҳои таҳқиқот** химияи физикии хӯлаҳои алюминий бо бериллий ва элементҳои зергурӯҳи металлҳои ишқорӣ мебошад.

**Марҳилаҳои таҳқиқот** ини синтез ва сертификатсияи хӯлаҳои нави алюминий-бериллий, таҳлили сифатӣ ва миқдории таркиби хӯлаҳо, таҳқиқи гармиғунҷоиш, кинетикаи оксидшавӣ, параметрҳои энергетикӣ ва анодии рафтори хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий дар муҳити электролити NaCl дар бар мегирад.

**Базаи асосии иттилоотӣ ва эксперименталӣ.** Таҳқиқотҳои эксперименталӣ бо ёрии таҷҳизотҳои маъмули илмии муосир иҷро шуд: потенциостати импульсии ПИ-50-1.1; тарозуҳои термогравиметрӣ; дастгоҳ барои ченкунии гармиғунҷоиши ҳисмҳои саҳт дар режими «хунуккунӣ»; микроскопаи металлографикӣ (ERGOLUX AMC). Қоркарди математикӣ натиҷаҳо бо истифодаи баъзаи стандартӣ замимаҳо ва барномаҳои Microsoft Excel ва Sigma Plot гузаронида шуд.

**Дарҷаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ** бо истифодаи усулҳои эксперименталии муосири таҳқиқот ва синтези хӯлаи алюминий дар асоси дар асбобҳои мукамал ва навкардашуда, дастгоҳҳои истеҳсолнокиашон зиёд ва муқоисаи натиҷаҳо бо маълумотҳои дигар муаллифон тасдиқ карда мешавад. Саҳеҳии натиҷаҳои илмии бадастовардашуда бо усулҳои нисбатан муосири таҳқиқот бо спектроскопияи ИС ва таҳлили рентгенофазавӣ тасдиқ карда шуд.

**Навгониҳои илмии таҳқиқот.** Қонуниятҳои асосии вобастагии ҳароратӣ ва тағйирёбиҳои функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий вобаста аз миқдори компоненти иловашуда муайян карда шуд. Нишон дода шуд, ки бо баландшавии ҳарорати гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий баланд шуда, энергияи Гиббс бошад паст мешавад. Бо зиёдшавии ҳиссаи литий, натрий ва калий дар хӯлаи алюминий АБ1 энтропия ва энталпия зиёд ва энергияи Гиббс паст мешавад.

Нишон дода шудааст, ки би баландшавии ҳарорат суръати оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 литий, натрий ва калий дар ҳолат саҳт зиёд мешавад. Зариби суръати оксидшавӣ тартиби  $10^{-4}$  кг/м<sup>2</sup> · с<sup>-1</sup> дорад. Муайян карда шудааст, ки оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий ба қонуни гипербола иттилоат мекунад.

Таркиби фазавии пардаҳои оксиди дар сатҳи хӯлаҳо ҳосилшуда ҳангоми оксидшавӣ ҳаммонанд ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ муайян карда шудааст.

Рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаи алюминий АБ1 бо бериллий ва металлҳои ишқорӣ дар муҳити маҳлули 0,03; 0,3 ва 3,0%-и хлориди натрий омӯхта шудааст.

Бо усули потенциостатистикӣ дар речаи потенциодинамикӣ ҳангоми суръати гузариши потенциали 2 мВ/с муайян карда шудааст, ки иловаҳои компонентҳои иловашуда то 1,0 мас.% устувори коррозиони хӯлаи аввали алюминий АБ1-ро то 30-40% зиёд мекунад. Дар ин маврид лағжиши потенциалҳои коррозияи питтингҳосилшавӣ ва репассиватсияи хӯлаҳо аз рӯи



тири ординат ба самти мусбат қайд мешавад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ба хӯлаҳои бо калий камшавии суръати коррозия мушоҳида мешавад.

**Арзиши назариявии таҳқиқот.** Дар кори илмӣ ҷанбаҳои назариявии таҳқиқотҳои таъсири структура, вобастагии ҳароратӣ ва тағйирёбии функцияҳои термодинамикӣ, қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои кинетикӣ ва энергетикӣ, рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаи алюминий-бериллий АБ1 – и бо литий, натрий ва калий иловашуда оварда шудаанд. Таъсири консентратсияи компонентҳои иловашуда ва муҳити коррозионӣ ба устувории коррозионӣ ва оксидшавандаии хӯлаи аввала муайян карда шудааст.

**Арзиши амалии таҳқиқот** аз муайянкунии таркиби оптималии хӯлаи ба коррозияи электрохимиявӣ ва оксидшавӣ устувори алюминий-бериллий АБ1 бо металлҳои ишқорӣ барои эҳтиёҷоти техника иловашуда иборат мебошад.

Таҳқиқотҳои иҷрошуда имкони пайдо намудани таркиби хӯлаҳоро, ки бо оксидшавии камтарин дар ҳароратҳои баланд ва интиҳоб намудани консентратсияҳои оптималии иловаҳои тағйирдиҳанда (литий, натрий ва калий) барои баланд бардоштани устувории коррозионии хӯлаи аввалаи алюминий АБ1 фарқ мекунад, дод.

Дар маҷмӯъ дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда таркибҳои алоҳидаи хӯлаи алюминий АБ1 бо МИ бо патентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон (Патент РТ №ТҶ1002. Сплав на основе алюминия с бериллием, от 01.03.2019г. ва Патент РТ №ТҶ2001424. Сплав алюминия с бериллием от 13.04.2020г) ҳимоя карда шудаанд.

#### **Муқаррароти асосие, ки ба ҳимоя пешниҳод мегардад:**

– Натиҷаҳои таҳқиқоти вобастагиҳои ҳароратии гармигунҷоиш ва тағйирёбиҳои функцияҳои термодинамикии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий;

– Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидонии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий, инчунин механизми оксидонии хӯлаҳо. Маҳсули оксидонии хӯлаҳо ҳисоб ва нақши онҳо дар ташаккули механизми оксидонии хӯлаҳо муайян карда шудааст;

– Вобастагии хусусиятҳои анодӣ ва суръати коррозияи хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий аз консентратсияи компоненти тағйирдиҳанда, дар муҳити электролити NaCl консентратсияшон гуногун;

– Таркибҳои оптималии хӯлаҳо, ки бо оксидшавандагии камтарин ва устувории баланди коррозионӣ фарқкунанда ба сифати маводи сабук барои техникаи мушакӣ-кайҳонӣ ва авиатсия ба сифати маводҳои конструксионии онҳо аҳамият дорад.

**Саҳми шахсии муаллиф** ин таҳлили маълумоти сарчашмаҳо, дар гузоштан ва ҳалли масъалаҳои таҳқиқот, омода намудан ва гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ дар шароитҳои лабораторӣ, таҳлили натиҷаҳои бадастомада, дар тасвияи мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия мебошад.

**Арзёбии диссертатсияи ва маълумот дар бораи истифодаи натиҷаҳои он.** Натиҷаҳои асосӣ ва алоҳидаи диссертатсия дар конференсияҳои зерин муҳокима ва баррасӣ шудаанд:

**Байналмилалӣ:** IV международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х. М. и Юсуфова З.Н. (г. Душанбе, 2019); межд. научно-практ. конф. «Proceeding the international symposium on innovative development of science. Research center of innovative technologies Tajikistan National Academy of sciences». (Dushanbe, Tajikistan. 2020).

**Чумхуриявӣ:** респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Садриддина Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Таджикского национального университета» (Душанбе, 2018 г.); респуб. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы дифференциальных уравнений, математического анализа, алгебры и теории чисел и их приложения» (г. Душанбе, 2019); респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400-летию Миробида Сайидо Насафи» (г. Душанбе, 2019); Респуб. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средних общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева, (г. Душанбе, 2019г); респуб. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной 5500-летию выдающегося таджикского поэта Камоли Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)» (г. Душанбе, 2020); респуб. научно-практ. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нумонова И.У. (Душанбе, 2020 г).

**Интишори натиҷаҳои диссертатсия.** Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 22 корҳои илмӣ нашр гардидааст, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои тақризшаванда, ки аз ҷониби КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон эътироф карда мешавад, 14 мақолаҳо дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумхуриявӣ нашр шудааст. Инчунин 2 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

**Соҳт ва ҳаҷми диссертатсия.** Кори диссертатсионӣ аз муқаддима, чор бо, хулоса, рӯйхати адабиёти истифодашуда иборат аз 172 номгӯй ва замимаҳо иборат мебошад. Диссертатсия дар ҳаҷми 161 саҳифаи чопи компютерӣ хуруфчинӣ шуда, 63 расм ва 39 ҷадвалро дар мегирад.

## МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

**Дар муқаддима** замимаҳо ва масъалаҳои асосии таҳқиқот баён шуда, муобрамияти таҳқиқот асоснок ва структураи диссертатсия кушода шудааст.

**Дар боби якум** шарҳи маълумотҳои адабиёт дар соҳаи истифодаи хӯлаҳои алюминий бо металлҳои ишқорӣ; гармиғунҷоиш ва функцияҳои термодинамикии хӯлаҳои алюминий бо металлҳои ишқорӣ, хӯлаҳо бо бериллий, алюминий ва литий, натрий ва калий ва хӯлаҳои алюминий бо металлҳои ишқорзаминӣ; таъсири оксидонии баландҳарорати хӯлаҳои алюминий; таъсири металлҳои ишқорӣ ба рафтори анодии хӯлаҳои алюминий гирд оварда шудааст. Дар асоси шарҳи иҷрошуда нишон дода шудааст, ки хосиятҳои теплофизикӣ ва термодинамикӣ, кинетикаи оксидонӣ, рафтори анодии хӯлаҳои алюминий-бериллий бо металлҳои ишқорзаминӣ хуб омӯхта шудааст. Аммо хосиятҳои хӯлаҳои алюминий-бериллий бо металлҳои ишқорӣ омӯхта нашудаанд, яъне барои ин гурӯҳи хӯлаҳо танҳо маълумотҳои ками номукамал вучуд дорад.

Ҳамин тариқ, дар робита бо набудани маълумотҳои систематикӣ дар бораи хосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаҳои алюминий-бериллий бо литий, натрий ва калий ба сифати объекти таҳқиқот дар қори диссертатсионии мазкур гирифта шудааст.

## **Боби 2. ТАҲҚИҚИ ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТИИ ГАРМИҒУНҶОИШ ВА ТАҒЙИРӢБИИ ФУНКЦИЯҲОИ ТЕРМОДИНАМИКИИ ХӮЛАИ АЛЮМИНИЙ АБӢ БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ**

Тағйирёбии гармиғунҷоиши хӯлаҳо дар речаи «хунукшавӣ» дар дастгоҳе иҷро шудааст, ки дар асоси қори он усули метод С-калориметр боғармиченкунанда ва пардаи адиабатӣ иҷро карда шуд.

Барои гармиғунҷоиши хоси металлҳо қонуни «хунукшавӣ»-и Нютон – Рихман истифода шуд. Ҳар як предмет, бо ҳарорати аз муҳити атроф баланд, хунук карда мешавад ва суръати хунукшавии он аз коэффитсиенти гармидиҳӣ ва бузургии гармиғунҷоиши ҷисм вобаста мебошад.

Ҳангоми муқоисаи қачхатаҳои хунукшавии ду стерженҳои металли шаклашон муайян (ҳарорат, ҳамчун функцияи вақт), ки яке аз онҳо эталон мебошад (суръати хунукшавӣ ва гармидиҳии он маълум аст), гармиғунҷоиши дигар стерженро ҳангоми ҳисоб кардани суръати хунукшавии он ҳисоб кардан мумкин аст.

Миқдори гармии  $\delta Q$  талафшудаи ҷисми пешакӣ гармкардаи вазнаш  $m$  ҳангоми хунукшавии он дар  $dT$  дараҷаҳо бо формулаи зерин ҳисоб карда шудааст:

$$\delta Q = C_p^0 m dT \quad (1)$$

дар ин ҷо  $C_p^0$ – гармиғунҷоиши хоси модда, ки ҷисм аз он таркиб ёфтааст.

Миқдори гармии  $\delta Q_s$  ба фарқи ҳарорати ҷисми  $T$  ва муҳити атроф  $T_0$ , майдони сатҳи  $S$  ва вақт мутаносиб мебошад.

$$\delta Q_s = -\alpha(T - T_0) \cdot S dt. \quad (2)$$

Агар ҷисм гармиро чунон ҷудо кунад, ки ҳарорати ҷама нуқтаҳои он якхела тағйир ёбад, он гоҳ баробарии зерин мувофиқ аст:

$$\delta Q = \delta Q_s \text{ и } C_p^0 m dT = -\alpha(T - T_0) \cdot S dt. \quad (3)$$

Ифодаи (3)-ро дар намуди зерин тасвир намудан мумкин аст:

$$C_p^0 m \frac{dT}{dt} = -\alpha(T - T_0) S. \quad (4)$$

Бо назардошти он, ки  $C_p$ ,  $\alpha$ ,  $T$  ва  $T_0$  дар фосилаҳои нисбатан кам аз координатаҳои нуқтаҳои сатҳи намунаи то ҳарорати ба муҳити атроф баробар гармшуда вобастагӣ надоранд, барои ду намунаҳо таносуби (4) чунин сурат мегирад:

$$C_{p_1}^0 m_1 s_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 s_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2. \quad (5)$$

Истифодаи ин баробарӣ барои ду намунаҳо, ки яке аз онҳо эталон буда, ҳолатҳои баробари сатҳ ва андоза ( $S_1 = S_2$ ) дорад, тахмин менамояд, ки коэффитсиенти гармидиҳӣ ба  $\alpha_1 = \alpha_2$  баробар мешавад ва бо муодилаи зерин навишта мешавад:

$$C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2. \quad (6)$$

Аз ин муодила гармиғунҷоиши хоси  $C_{p_1}^0$ , суръати хунукэталон  $\left(\frac{dT}{dt}\right)_1$  ва намунаи тағйирёбанда  $\left(\frac{dT}{dt}\right)_2$  ва вазнинамунаҳои  $m_1$  ва  $m_2$ -ро дониста, гармиғунҷоиши моддаи номаълумро  $C_{p_2}^0$  ҳисоб кардан мумкин аст:

$$C_{p_2}^0 = \frac{C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{dt}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{dt}\right)_2}. \quad (7)$$

Барои асоснокии чунин фарзияҳо ба таври эксперименталӣ вобастагиҳои ҳароратии намунаҳо аз вақти хунукшавӣ барои алюминий ва мис муайян карда шуда буд. Қиматҳои бадастовардаи гармиғунҷоиш бо маълумоти адабиётҳо мувофиқ мебошанд. Диапазони ҳароратии ченкунӣ – то 800 К. Хатогии нисбии ченкунии ҳарорат дар фосилаи аз 300 то 700 К  $\pm 1\%$ -ро ташкид меод. Хатогии ченкунии гармиғунҷоиш аз рӯи ин усул аз 6% баланд нест.

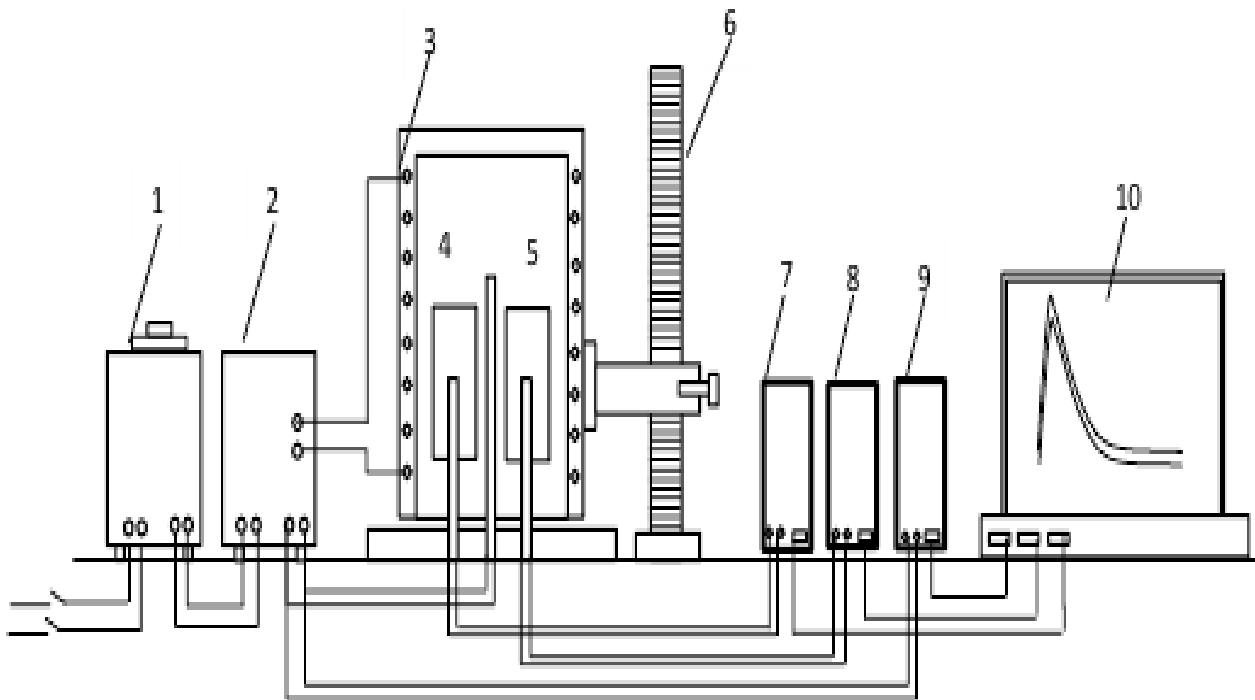
**Дар доираи кори мазкур таҳқиқоти таъсири литий, натрий ва калий ба гармиғунҷоиш ва тағйирёбии функцияҳои термодинамикии ҳӯлаи алюминий-бериллий АБ1 гузаронида шудааст.**

Ҳӯлаҳо барои таҳқиқот дар печҳои шахтагии лаборатории муқовимати намуди СШОЛ дар фосилаи ҳарорати 750-800°C - Al – тамғаи А7 (ГОСТ 11069-2001), Be – тамғаи ХЧ (ГОСТ 4459-78), Li – тамғаи ХЧ (ГОСТ: 4459-78), Na – тамғаи ХЧ (ГОСТ: 4459-78), K – тамғаи МЧ (ГОСТ 4459-78) ба даст оварда шуд. Сипас ҳӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий қаблан дар печи вакуумии муқовиматӣ синтез карда шуд. Аз ҳӯлаҳои ҳосилкардашуда ба қолиби графитӣ намунаҳои қутрашон 16 мм ва дарозиашон 30 мм рехта шуд.

Таркиби ҳӯлаҳои ҳосилкардашуда интихобан бо таҳлили сифатӣ ва химиявӣ, инчунин бо баркашии намунаҳо қабл ва пас аз гудохтан санҷида шуд.

Дар минбаъда хӯлаҳое, ки дар онҳо фарқият дар вазн қабл ва пас аз гудохтан аз 1,5-2% (нис.) баланд набуд, таҳқиқ карда шуд.

Таҳқиқи гармиғунҷоиши металлҳо дар дастгоҳе, ки нақшаи он дар расми 1 оварда шудааст, гузаронида шуд. Нақшаи дастгоҳ барои ҷенкунии гармиғунҷоиши ҷисмҳои саҳт қисмҳои зеринро дар бар мегирад: электропечи (3), дар пояи (6) васлкардашуда, ки аз рӯи он метавонад ба боло ва поён ҳаракат кунад. Намунаи (4) ва эталон (5) (хамчунин метавонанд ҷой иваз кунанд) силиндри дарозиашон 30 мм ва қутрашон 16 мм бо каналҳои пармакардашуда аз як тараф, ки дар он термopараҳо (4 ва 5) гузошта шудаанд, мебошанд. Охири термopара ба термометри рақамии «Digital Multimeter DI9208L» (7, 8 ва 9) васл шудааст. Электропеч тавассути автотрансформатори лабораторӣ (ЛАТР) (1) бо муқаррар кардани ҳарорати лозимӣ бо ёрии терморегулятор (2) ба қор дароварда мешавад. Аз рӯи нишондодҳои термометрҳои рақамӣ қимати ҳарорати аввала қайд карда мешавад. Намуна ва эталонро ба электропеч мегузorem ва ҳароратро аз рӯи нишондиҳандаҳои термометрҳои рақамӣ дар компютер (10) назорат намуда, то ҳарорати лозимӣ гарм мекунем. Намуна ва эталонро дар як вақт аз электропеч мебарorem ва аз ин лаҳза ҳароратро қайд мекунем. Нишондиҳандаҳои термометри рақамиро дар компютер пас аз ҳар як 10 дақиқа то хунукшавии ҳарорати намуна ва эталонро аз 35°C паст менависем.



**Расми 1. Дастгоҳ барои муайянкунии гармиғунҷоиши ҷисмҳои саҳт дар речаи «хунукшавӣ».**

Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хӯлаи АБ1 бо МИ – ро дар речаи «хунукшавӣ» дар фосилаи ҳарорати 300-700 К омӯхтем. Қачхатаҳои вобастагии ҳарорат аз вақти хунукшавии намунаҳо аз хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий дар рафти эксперимент ҳосилшуда дар расми 2 нишон дода шудааст ва бо муодилаи намуни зерин навишта мешавад:

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau} \quad (8)$$

Муодилаи (8)-ро аз рӯи  $\tau$  фарқ (дифференсиатсия) намуда, муодиларо барои муайянкунии суръати хунукшавии хӯлаҳо ҳосил мекунем:

$$dT / d\tau = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau} \quad (9)$$

Аз рӯи муодилаи (9) аз ҷониби мо суръати хунукшавии намунаҳо аз хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталон, ки ба таври графикӣ дар расми 3 нишон дода шудааст, ҳисоб карда шуд. Қимати коэффитсиентҳои  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $ab$ ,  $pk$  дар муодилаи (9) барои таҳқиқи хӯлаҳо дар чадвали 1 оварда шудааст.

Сипас бо истифода аз қиматҳои ҳисобкардашудаи бузургҳои суръати хунукшавии намунаҳо аз хӯлаҳо, аз рӯи муодилаи (7) гармиғунҷоиши хоси хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталони (Cu тамғаи М00) ҳисоб карда шуд. Дар ин маврид аз барномаи SigmaPlot истифода карда шуд.

**Чадвали 1- Қимати коэффитсиентҳо дар муодилаи (9) барои хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталон (Cu тамғаи М00)**

Миқдори литий дар хӯла мас.%	$a$ , К	$b \cdot 10^{-3}$ , $c^{-1}$	$p$ , К	$k \cdot 10^{-4}$ , $c^{-1}$	$a \cdot b$ , $K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2}$ , $K \cdot c^{-1}$
0,0	419,5347	6,56	339,8051	1,46	2,75	4,97
0,05	417,4269	6,91	349,2331	1,51	2,89	5,27
0,1	397,7948	7,11	343,9754	1,55	2,83	5,34
0,5	412,6103	6,94	349,3616	1,51	2,86	5,27
1,0	406,6929	7,35	344,4824	1,59	2,99	5,49
Эталон	403,5145	5,74	360,922	1,66	2,32	5,98

Дар чадвали 2 қиматҳои коэффитсиентҳои полиномҳои вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хоси намунаҳо аз хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, ки бо муодилаи намуди зерин навишта мешавад, нишон дода шудааст:

$$C^0_P = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (10)$$

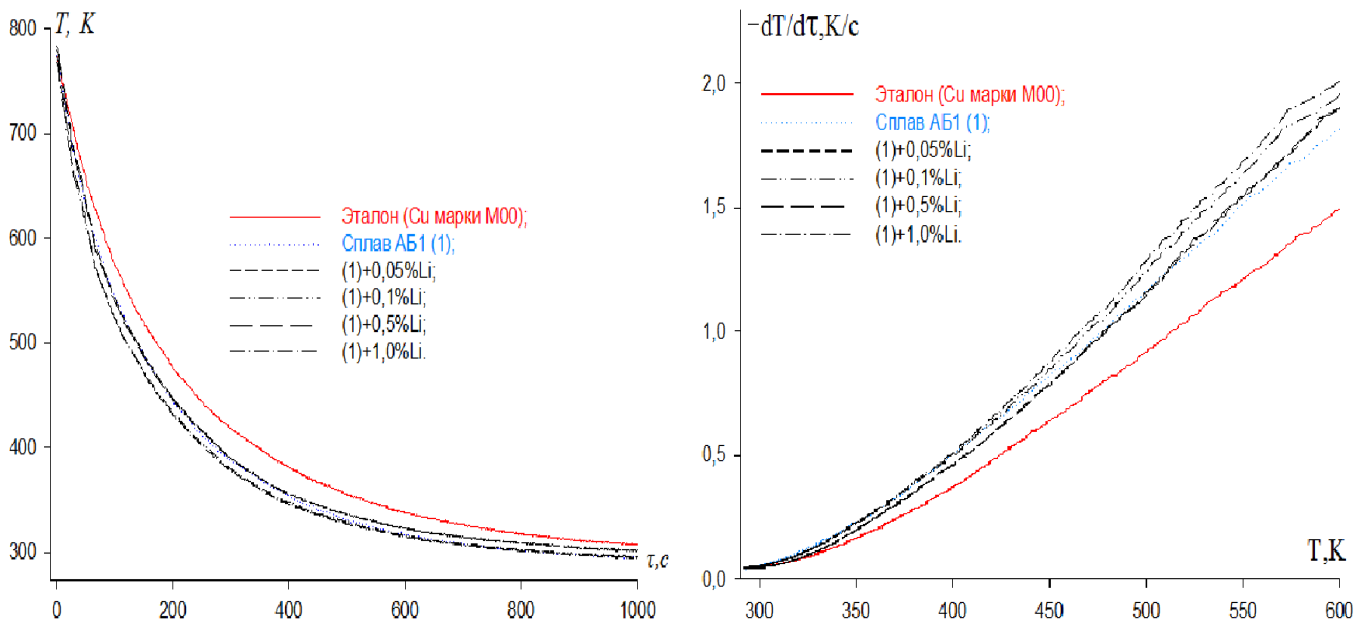
Натиҷаи ҳисоби вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши нисбии хӯлаҳо аз рӯи формулаҳои (7) ва (10) дар расми 3а нишон дода шудааст.

**Чадвали 2 - Қиматаи коэффитсиентҳои  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  дар муодилаи (10) барои хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталони (Cu тамғаи М00)**

Миқдори литий дар хӯла мас.%	$a$ , $Ч/(кг \cdot K)$	$b$ , $Ч/(кг \cdot K^2)$	$c, 10^{-5}$ $Ч/(кг \cdot K^3)$	$d, 10^{-5}$ $Ч/(кг \cdot K^4)$	Коэффитсиенти коррелятсия $R$ ,
0,0	484,33	0,015	4,680	0,435	0,9876
0,05	1846,04	-8,900	2,250	-1,540	0,9672
0,1	2861,67	-15,710	3,690	-2,500	0,9489
0,5	3101,95	-17,350	4,040	-2,720	0,9458
1,0	3342,23	-18,980	4,380	-2,930	0,9426
Эталон	324,45	0,2751	0,287	0,142	1,000

Тавре, ки аз расм дида мешавад, гармиғунҷоиши хӯлаи алюминий АБ1 аз

ҳарорат ва ҳангоми зиёд кардани концентратсияи литий бо истисноии ҳарорати 400К зиёд мешавад.



**Расми 2. Вобастагии ҳарорат аз вақти хунуккунӣ (а) ва суръати хунуккунӣ аз ҳарорат (б) барои намунаҳо аз хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва ва эталони (Cu тамғаи М00)**

Барои ҳисоби вобастагии ҳароратии тағйирёбии нталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз рӯи (11)-(13) интегралҳо аз гармиғунҷоиши хос аз рӯи муодилаи (10) истифода карда шуд:

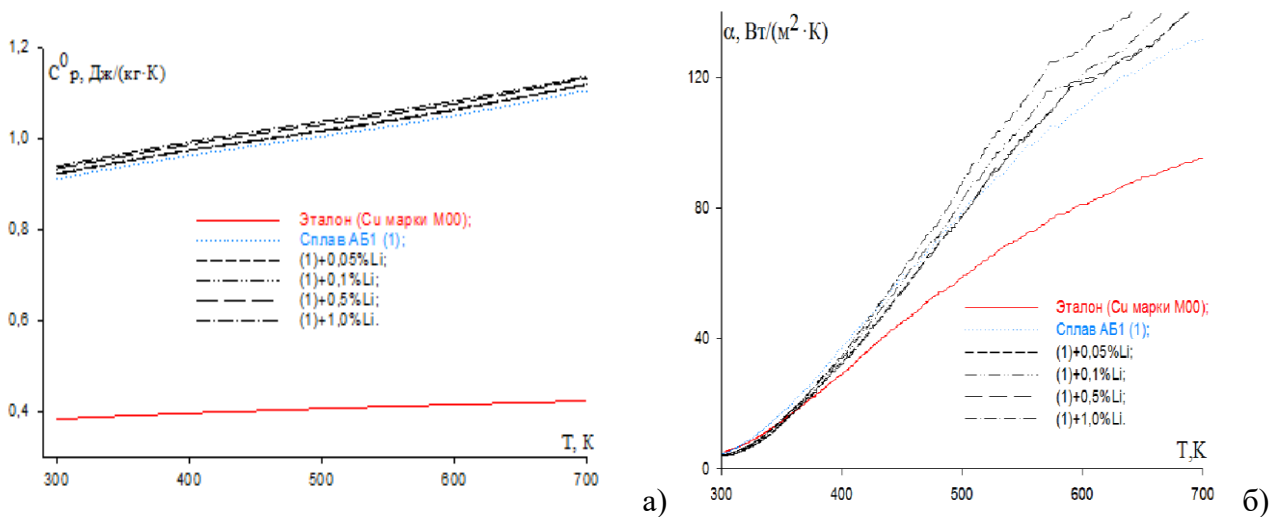
$$[H^{\circ}(T) - H^{\circ}(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (11)$$

$$[S^{\circ}(T) - S^{\circ}(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (12)$$

$$[G^{\circ}(T) - G^{\circ}(T_0)] = [H^{\circ}(T) - H^{\circ}(T_0)] - T[S^{\circ}(T) - S^{\circ}(T_0)], \quad (13)$$

ки дар ин ҷо  $T_0 = 298,15 \text{ K}$

Қиматҳои ҳисобкардашудаи вобастагии ҳароратии тағйирёбии функцияҳои термодинамикӣ барои хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталони (Cu тамғаи М00) дар ҳар 100 К дар ҷадвали 3 оварда шудааст. Дида мешавад, ки ҳангоми баландшавии ҳарорат гармиғунҷоиши хос, тағйирёбии энталпия ва энтропия барои хӯлаҳо бо литий зиёд мешаванд, энергияи Гиббс бошад, паст мешавад. Тағйирёбиҳои нишондодашудаи йнксияҳои термодинамикии хӯлаи эвтектикии алюминий АБ1 ҳангоми тағйирдиҳии он бо литий бо майдакунӣ ва зиёдшавии дараҷаи гетерогении структураи он алоқаманд мебошад.



**Расми 3. Вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиш (а) ва коэффитсиенти гармидиҳии (б) хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталони (Cu тамғаи М00)**

**Ҷадвали 3 - Вобастагии ҳароратии тағйирёбии функсияҳои термодинамикии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий ва эталони (Cu тамғаи М00)**

Микдори литий дар хӯла, мас.%	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$ , кҶ/кг барои хӯлаҳо				
	Т.К				
	300	400	500	600	700
0,0	1,4874	85,1172	180,9939	292,7376	417,1284
0,05	1,1200	77,0129	178,2022	297,1919	426,1000
0,1	1,1429	77,1574	178,9089	300,8513	434,4508
0,5	1,1686	80,2932	186,1238	311,1184	446,8590
1,0	1,1340	80,4797	189,8605	320,6103	463,2350
Эталон	0,7120	39,8675	80,1667	121,4190	163,5190
	$[S^0(T) - S^0(T_0^*)]$ , кҶ/(кг·К) барои хӯлаҳо				
	Т.К				
	300	400	500	600	700
0,0	0,0050	0,2450	0,4583	0,6616	0,8532
0,05	0,0037	0,2201	0,4450	0,6615	0,8601
0,1	0,0038	0,2206	0,4467	0,6685	0,8744
0,5	0,0039	0,2295	0,4646	0,6921	0,9012
1,0	0,0038	0,2297	0,4727	0,7106	0,9303
Эталон	0,0024	0,1149	0,2048	0,2800	0,3449
	$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$ , кҶ/кг барои хӯлаҳо				
	Т.К				
	300	400	500	600	700
0,0	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021
0,05	-0,0046	-12,8822	-48,1599	-104,2287	-180,0998
0,1	-0,0035	-11,0185	-44,2864	-99,7286	-175,9911
0,5	-0,0035	-11,0832	-44,4295	-100,2767	-177,6030
1,0	-0,0036	-11,4869	-46,1985	-104,1517	-184,0069
Эталон	-0,0035	-11,4007	-46,4908	-105,7627	-188,0041



$$* T_0 = 298,15 \text{ K}$$

Дар чадвалҳо 4,5 натиҷаҳои ҷамъбасти таҳқиқоти оиди гармиғунҷоиш ва тағйирёбии функсияҳои термодинамикии хӯлаҳои алюминий АБ1, дар мисоли хӯлаҳое, ки 1,0 мас.% компоненти иловашанда доранд, оварда шудаанд. Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ба хӯлаҳои бо натрий ва калий гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропия аз хӯлаҳои бо литий ба хӯлаҳои бо натрий кам мешавад, баъдан ба хӯлаҳои бо калий боз зиёд мешавад. Қимати энергияи Гиббс вобастагии баръакс дорад.

**Ҷадвали 4 - Вобастагии ҳарорати ( $\kappa\text{Ч}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ) хӯлаи алюминий АБ1 бо 1,0 мас.% литий, натрий, калий ва эталони (Cu тамғаи М00)**

Миқдори МИ дар хӯла, мас.%	Т,К				
	300	400	500	600	700
0,0	0,7929	0,9611	1,1185	1,2391	1,2966
1,0%Li	0,7962	0,8791	1,1348	1,3876	1,4615
1,0%Na	0,8030	0,8550	0,9860	1,1360	1,2420
1,0%К	0,9114	0,9621	1,0038	1,0493	1,1039
Эталон	0,3850	0,3977	0,4080	0,4169	0,4251

**Ҷадвали 5 - Вобастагии энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс аз ҳарорат барои хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий, калий ва эталони (Cu тамғаи М00)**

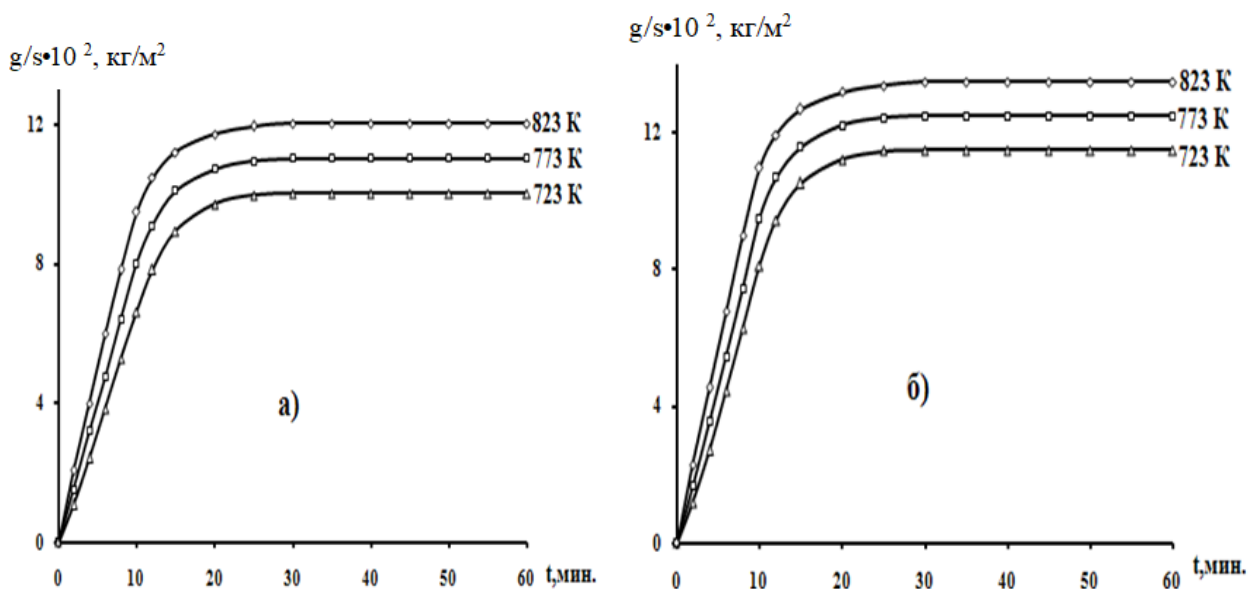
Миқдори МИ дар хӯла, мас.%	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$ , $\kappa\text{Ч}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ барои хӯлаҳо				
	Т, К				
	300	400	500	600	700
0,0	1,4874	85,1172	180,9939	292,7376	417,1284
1,0%Li	1,1340	80,4797	189,8605	320,6103	463,2350
1,0%Na	1,4860	83,4650	175,1240	281,3220	400,7980
1,0%К	1,9925	120,8863	252,0301	384,9139	514,2476
Эталон	0,7120	39,8675	80,1667	121,4190	163,5190
	$[S^0(T) - S^0(T_0^*)]$ , $\kappa\text{Ч}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ барои хӯлаҳо				
0,0	0,0050	0,2450	0,4583	0,6616	0,8532
1,0%Li	0,0038	0,2297	0,4727	0,7106	0,9303
1,0%Na	0,0050	0,2400	0,4440	0,6380	0,8220
1,0%К	0,0067	0,3474	0,6398	0,8821	1,0815
Эталон	0,0024	0,1149	0,2048	0,2800	0,3449
	$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$ , $\kappa\text{Ч}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ барои хӯлаҳо				
0,0	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021
1,0%Li	-0,0036	-11,4869	-46,1985	-104,1517	-184,0069
1,0%Na	-0,0050	-12,7150	-47,0930	-101,2610	-174,3210
1,0%К	-0,0062	-18,0611	-67,8468	-144,3343	-242,8297
Эталон	-0,0022	-6,1072	-22,2427	-46,5847	-77,9021

$$* T_0 = 298,15 K$$

Дар маҷмӯъ, дар асоси таҳқиқотҳои эксперименталии иҷрошуда ба чунин хулоса омадан мумкин аст, ки муодилаҳои бадастовардашудаи вобастагиҳои фармигунҷоиш ва тағйирёбии функсияҳои термодинамикӣ (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) аз ҳарорат барои ҳӯлаи эвтектикии Алюминий-бериллий АБ1 бо металлҳои ишқорӣ, махсусан бо литий, натрий ва калий хосиятҳои гурӯҳҳои таҳқиқшударо бо дақиқии  $R^2_{\text{корр.}} = 0.997 \div 0.999$  тавсиф мекунад.

### Боби 3. ТАҲҚИҚИ КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВИИ ҲҶЛАИ АЛЮМИНИЙ АБ1 БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ

Кинетикаи оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий легиронида дар ҳолати саҳт бо усули термогравиметрӣ омӯхта шуд. Оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 дар ҳӯлаҳои дорои 0.01; 0.05; 0.1; 0.5; 1,0 мас.% литий омӯхта шуд. Таркиби ҳӯлаҳоро бо таҳлили сифатӣ ва миқдорӣ таҳқиқ намудем. Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии ҳӯлаҳо дар ҷадвали 6 ва дар расмҳои 4-6 оварда шудааст.



Расми 4. Качхатаҳои кинетикӣ оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 (а) бо 0,05 мас.% литий (б)

Тавре аз расми 4 дида мешавад, качхатаҳои оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 (а) ва ҳӯла бо 0,05 мас.% литий (б) дорои хусусияти дараҷавӣ бо суръати аввалаи бошиддати оксидшавӣ дар 10 дақиқаи аввал ва бо сустшавии минбаъдаи раванд мебошанд. Бо баландшавии ҳарорат зиёдшавии суръати оксидшавӣ мушоҳида мешавад. Зиёдшавии оксидшавӣ дар ҳароратҳои таҳқиқшуда бо зиёдшавии консентратсияи литий зиёд мешавад.

Қорқарди математикии качхатаҳои кинетикӣ оксидшавии ҳӯлаи алюминий АБ1 бо литий легиронида дар ҳолати саҳт оварда шудааст. Качхатаҳои оксидшавӣ ба муодилаи  $y = KX^n$  ки дар он  $n$  аз 2 то 4 вобаста аз

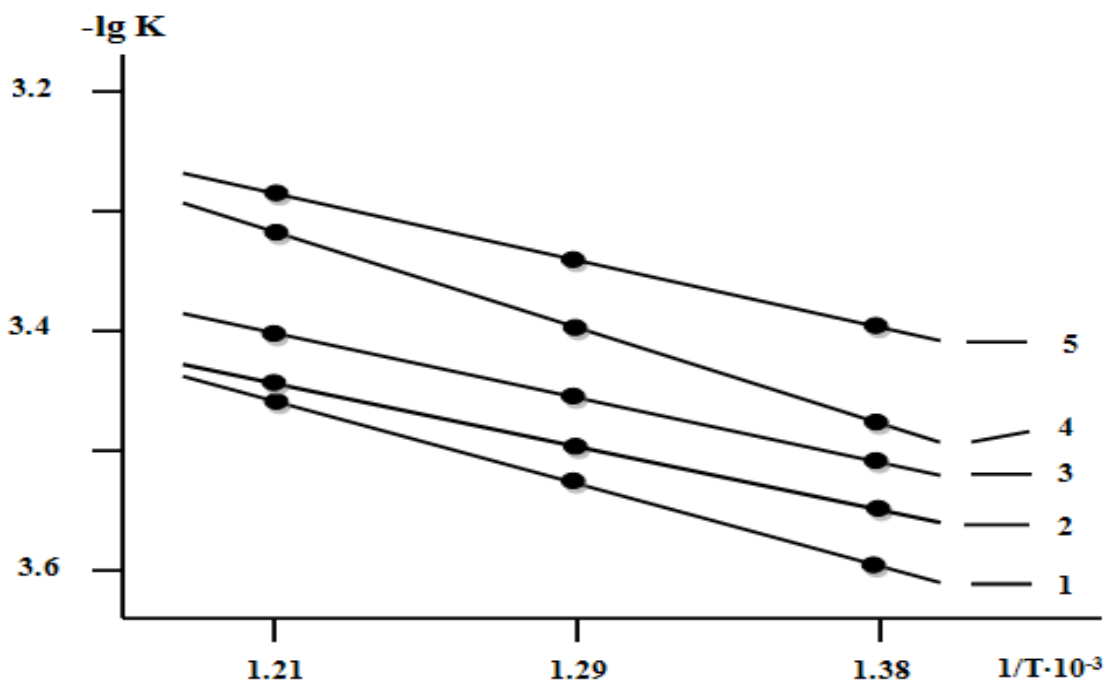
таркиби хӯлаи оксидшавӣ тағйир меёбад, итоат мекунад. Аз рӯи вобастагиҳои ғайрихаттӣ  $(g/s)^2-t$  хулоса баровардан мумкин аст, ки хуссуияти оксидшавии хӯлаҳо ба вобастагии гиперболий итоат мекунад.

Ҷавҳаргардонидани хӯлаи алюминий АБ1 бо 0,1 ва 0,5 мас.% литий ба баъзе зиёдшавии суръати воқеии оксидшавӣ ва мувофиқан ба камшавии энергияи фаъолгардонии оксидшавӣ аз рӯи муқоиса бо хӯлае, ки 0,05 мас.% литий дорад, мусоидат мекунад. Ҳамин тавр, агар дар ҳарорати 723К ва 823К қимати суръати воқеии оксидшавии хӯлае, ки 0,05 мас.% литий дорад, аз  $3,70 \cdot 10^{-4}$  то  $4,33 \cdot 10^{-4}$   $кг \cdot м^{-2} \cdot сон^{-1}$  бо энергияи фаъолгардонӣ 114,0 кҶ/мол тағйир ёбад, он гоҳ дар ҳамин ҳароратҳо суръати оксидшавии хӯлаи АБ1, ки 0,1 мас.% литий дорад, бо бузургиҳои  $3,74 \cdot 10^{-4}$ ;  $4,37 \cdot 10^{-4}$   $кг \cdot м^{-2} \cdot сон^{-1}$  ва бо иловаҳои 0,5 мас. % литий  $3,79 \cdot 10^{-4}$ ;  $4,42 \cdot 10^{-4}$   $кг \cdot м^{-2} \cdot сон^{-1}$  тавсиф карда мешавад ва дар ин маврид қимати энергияи эҳтимолии фаъолгардонӣ 108,3 ва 102,1 кҶ/мол-ро ташкил медиҳад (ҷадвали 6).

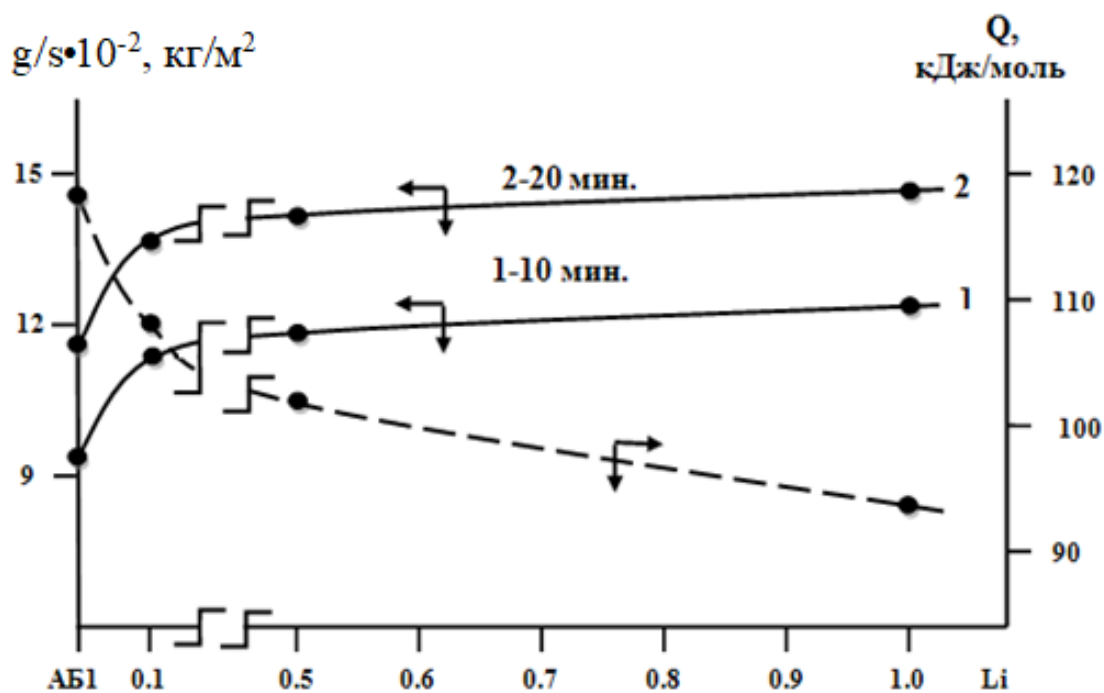
**Ҷадвали 6 - Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ риванди оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, дар ҳолати сахт**

Миқдори литий дар хӯла, мас.%	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати воқеии оксидшавӣ $К \cdot 10^4$ $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$	Энергияи эҳтимолии фаъолгардонӣ, кҶ/мол
0,0	723	3,67	118,5
	773	3,89	
	823	4,28	
0,05	723	3,70	114,0
	773	3,92	
	823	4,33	
0,1	723	3,74	108,3
	773	3,96	
	823	4,37	
0,5	723	3,79	102,1
	773	4,00	
	823	4,42	
1,0	723	3,83	93,9
	773	4,05	
	823	4,46	

Вобастагии  $\lg K-1/T$  дар расми 5 овардашуда ва изохронҳои оксидшавии хӯлаҳо расми 6 барои хӯлаи алюминий АБ1 бо литий тағйирдодашуда нишон медиҳанд, ки риванди оксидшавӣ дар ҳароратҳои дар боло овардашуда бо зиёдшавии миқдори литий дар хӯлаи АБ1 зиёд мешавад.



Расми 5. Вобастагии  $\lg K$  аз  $1/T$  барои хӯлаи АБ1 (1), бо иловаи литий, мас. %: 0,05(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5)



Расми 6. Изохронаи оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий дар 823 К

Ҳамин тариқ, кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо натрий ва калий таҳқиқ карда шуд. Натиҷаҳои таҳқиқот дар ҷадвали 7 оварда шудаанд. Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаи иловашуда бо литий ба хӯлаҳои бо калий бузургии энергияи эффективии фаъолгардонӣ кам мешавад.

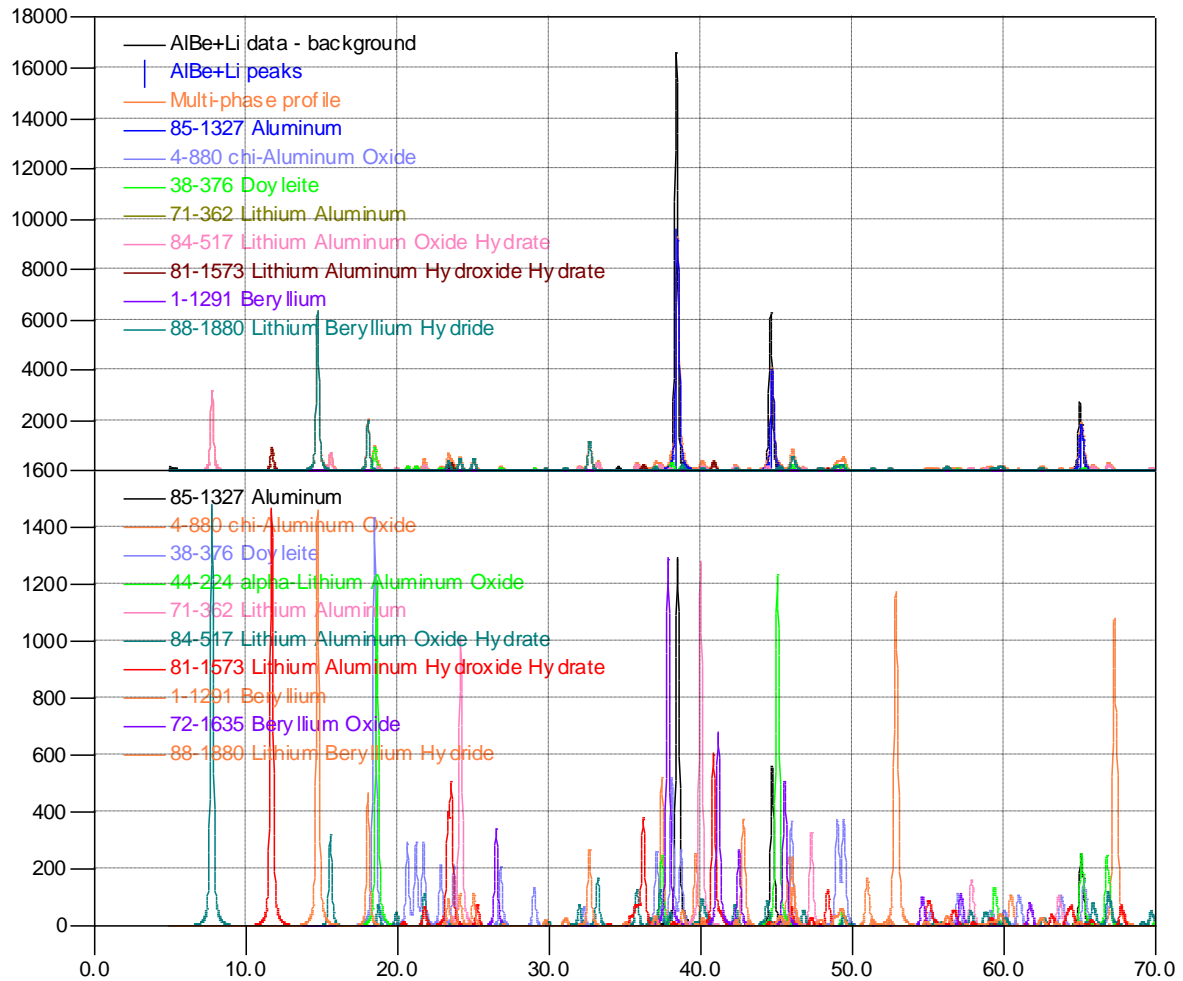
**Чадвали 7- Вобастагии энергияи эҳтимолии фаъоли раванди оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 аз миқдори литий, натрий ва калий дар ҳолати сахт**

Миқдори компоненти иловашаванда дар хӯла, мас.%	Энергияи эҳтимолии фаъол, кҶ/мол				
	Миқдори иловаҳо дар хӯла, мас.%				
	0,0	0,05	0,1	0,5	1,0
Li	118,5	114,0	108,3	102,1	93,9
Na		110,1	103,9	96,0	87,6
K		105,9	98,0	91,8	83,5

Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ба хӯлаҳои бо натрий ва калий суръати оксидшавии хӯлаҳо зиёд шуда, аз камшавии бузургии энергияи эҳтимолии фаъол, ки бо хосияти металлҳои ишқорӣ дар ҳудудҳои зергурӯҳ мувофиқ аст, шаҳодат медиҳад. Маълумоти муҳим дар бораи раванди оксидшавии хӯлаи АБ1 бо МИ – ро ҳангоми таҳқиқи маҳсули оксидшавии он ба даст овардан мумкин аст. Омӯзиши маҳсули оксидшавии хӯлаҳо бо усули спектроскопияи сурх нишон дод, ки онҳо асосан аз оксиди алюминий ( $427, 465, 615-670, 775-1100 \text{ см}^{-1}$ ) таркиб ёфтаанд. Дар хӯлаҳои о миқдори зиёди МИ (1.0 мас.%) хатҳои фурӯбарӣ, ки ба оксидҳои металлҳои ишқорӣ мансубанд, ба монанди:  $\text{K}_2\text{O}$ ; ( $858 \text{ см}^{-1}$ );  $\text{BeO}$  ( $460, 475, 520-605, 770-1420 \text{ см}^{-1}$ );  $\text{Li}_2\text{O}$  ( $402, 693, 860, 1060 \text{ см}^{-1}$ ) пайдо карда шуданд. Дар спектрҳои ИС хӯлаҳо хатҳои фурӯбарие, ки ба оксидҳои бериллий  $\text{BeO}$ ,  $\text{Be}_2\text{O}_3$  мансуб мебошанд, во меҳӯранд. Ҷамчунин хатҳои алоҳидаи фурӯбарӣ ҳангоми  $515, 788, 875, 1080, 1221 \text{ см}^{-1}$  ва ҳангоми  $677, 850, 826 \text{ см}^{-1}$  ва ғайраҳо во меҳӯран, ки ба оксидҳои таркиби мураккаби намудҳои  $(\text{Li}_2\text{O})(\text{Al}_2\text{O}_3)_{11}(\text{H}_2\text{O})_{1.54}$ ;  $\text{LiAl}_2(\text{OH})_7(\text{H}_2\text{O})_2$ ;  $\text{Li}_2\text{BeH}_4$ ;  $\text{BeO}$ ,  $\text{Na}_{2.74}\text{Al}_{22}\text{O}_{38}$ ,  $\text{NaO}_3$ ;  $\text{K}_{1.44} \text{Al}_{10.88} \text{O}_{17.23}$  и  $\text{K}(\text{H}_2\text{O})\text{OH}$  мансуб мебошанд. Дар расми 7 спектрҳои ИС маҳсули оксидшавии хӯлаҳои алюминий АБ1 бо иловаҳои 1,0 мас.% литий нишон дода шудааст.

Дар маҷмӯъ, ҳангоми таҳқиқи эксперименталии кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий муайян карда шуд, ки қиамтҳои максималии суръати оксидшавӣ ба хӯлаи алюминий АБ1 бо калий, қиамтҳои минималӣ ба хӯлаҳои бо литий мансуб мебошанд. Хӯлаи алюминий-бериллий АБ1 бо натрий мавқеи мобайнро ишғол мекунад. Нишон дода шудааст, ки компонентҳои иловашаванда оксидшавандагии хӯлаи аввалаи алюминий АБ1-ро хеле баланд мекунад.

Ҷамин тариқ, хӯлаи алюминий АБ1 бо металлҳои ишқорӣ барои тайёркунии маснуоте, ки дар ҳароратҳои баланд истифода мешаванд, тавсия дода намешавад.



**Расми 7. Спектри ИС – и маҳсули оксидшудаи хӯлаи алюминий АБ1 бо иловаҳои 1,0 мас.% литий**

#### **Боби 4. ТАҲҚИҚИ РАФТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙ АБ1 БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ NaCl**

Дар ин қисм натиҷаҳои таҳқиқоти рафтори анодии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий иловашуда дар муҳити электролити 0,03, 0,3 ва 3,0%-и NaCl оварда шудааст.

Таҳқиқотҳо дар речаи потенциодинамикӣ дар потенциостати тамғаи ПИ-50-1.1 бо суръати тобиши потенциали 2 мВ/с, бо программаторҳои ПР-8 ва худсабткунандаи ЛҚД-4 гузаронида шуд.

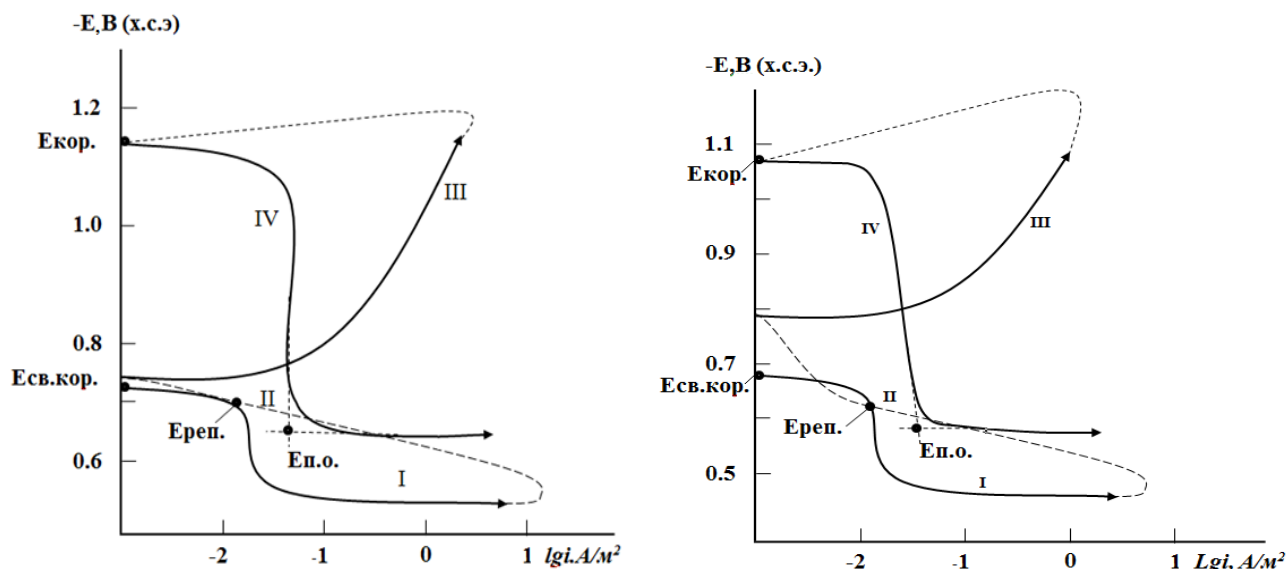
Электроди муқоисавӣ хлорнуқрагӣ ва электроди ёридиҳанда – платинагӣ хизмат намуд. Аз рӯи рафти қачхатаи пурраи поляризатсионӣ параметрҳои зерини электрохимиявӣ муайян карда шуд:  $E_{ст. ё E_{кор.озод}}$  – потенциали статсионарӣ ё потенциали коррозияи озод;  $E_{рп}$  – потенциали репассиватсия;  $E_{п.о.}$  – потенциал питтингҳосилшавӣ пас аз поляризатсияи катодӣ;  $E_{кор}$  – потенциали коррозия;  $i_{кор}$  – ҷараёни коррозия. Ҳисоби ҷараёни коррозия, ҳамчун хусусияти

асосии электрохимиявии раванди коррозия аз рӯи қачхатаи катодӣ бо ҳисоби константаи тафелӣ  $v_k = 0,12\text{В}$  гузаронида шуд. Суръати коррозияро ( $K$ ) бо формулаи  $K = i_{\text{кор}} \cdot k$  муайян кардем, ки дар ин ҷо  $i_{\text{кор}}$  – зичии ҷараёни коррозия,  $k = 0.335 \text{ г/А соат}$  барои алюминий истифода шудааст.

Дар таҳқиқотҳои электрохимиявӣ намунаҳо дар самти потенциали мусбӣ, ки ҳангоми дохил намудан муайян шудааст, то зиёдшавии якбора ҷараён дар натиҷаи пинтнингҳосилшавӣ поляризаторсия карда шудаанд (расми 8, қачхатаи I). Сипас намунаҳо дар самти баръакс поляризаторсия карда шуда (расми 8, қачхатаи II) ва аз рӯи бурриши қачхатаҳои I ва II бузургии потенциали репассиватсия муайян карда шуд.

Баъдан ба ҳудуди катодӣ то қимати потенциали  $-1,2\text{В}$  барои дуркунии пардаи оксидӣ аз сатҳи электрод (расми 8, қачхатаи III) дар натиҷаи ишқорронӣ дар сатҳи электродӣ равона карда мешавад. Дар охир, намунаҳо дар самти мусбат поляризаторсия шуданд ва аз қачхатаҳои анодӣ параметрҳои асосии электрохимиявии хӯлаҳо муайян карда шуд (расми 8, қачхатаи IV).

Суръати коррозияи хӯлаҳо, ки 01-0,5 % литий, натрий ва калий доранд, нисбат ба хӯлаи аввала қариб 30 % кам мебошад (ҷадвали 8). Иловаҳои литий, калий ва натрий ба пастшавии суръати коррозияи анодӣ мусоидат мекунад, ки ҷойвазкунии қачхатаҳои анодии хӯлаҳо ба самти нисбатан мусбии потенциалҳо аз он шаҳодат медиҳад (расми 9). Дар ин маврид бо меъёри зиёдшавии консентратсияи хлорид-ион дар электролити NaCl суръати коррозияи хӯлаҳо новобаста аз миқдори компоненти иловашаванда зиёд мешавад.

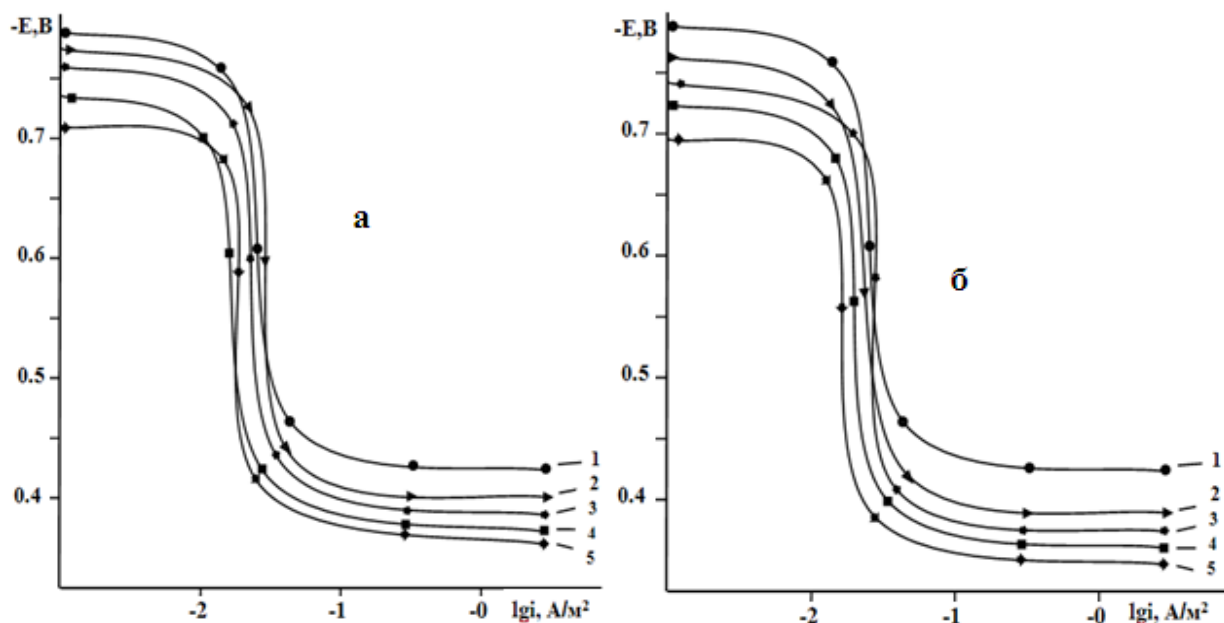


**Расми 8. Қачхатаи пурраи поляризаторсионии (2мВ/с) хӯлаи алюминий АБ1 (а) бо иловаҳои 1,0 мас.% литий (б), дар муҳити электролити 3,0%-и NaCl**

Дар мувофиқа бо таҳқиқотҳои асосӣ қайд кардан лозим аст, ки дар маҷмӯъ бо зиёдшавии 10 каратаи консентратсияи хлорид-ион (0,03% ва 0,3% NaCl) ва 100 (0,03% ва 3,0% NaCl) маротиба потенциали пинтнингҳосилшавии хӯлаҳои алюминий бо литий, калий ва натрий ба самти манфии қиматҳо мелағжад (ҷадвали 8).

Натиҷаи таҳқиқотҳои коррозияи-электрохимиявии ҳӯлаи алюминий АБ1 бо литий дар муҳити электролити хлориди натрий дар ҷадвали 9 нишон дода шудааст.

Таҳқиқотҳо нишон медиҳанд, ки иловаҳои литий, натрий ва калий дар ҳудудҳои 0,01-0,5 мас.% ба лағжидани потенсиали коррозияи озод ба самти мусбӣ дар ҳама муҳитҳои таҳқиқотии электролити NaCl мусоидат мекунад. Дар ин маврид потенциалҳои пиннингҳосилшавӣ ва репассиватсия ҳамчунин дар самти мусбии қиматҳо мелағжанд (ҷадвали 8).



**Расми 9. Қачхатаҳои анодии поляризатсионии (2 мВ/с) ҳӯлаи алюминий АБ1 (1), ки литий доранд, мас. %: 0,05 (2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), дар муҳити 0,03(а) ва 3,0%-и (б) электролити NaCl**

Дида мешавад, ки иловаҳои литий то 1,0 мас./% ба лағжидани потенциалҳои коррозияи озод, пиннингҳосилшавӣ ва репассиватсия ба самти мусбӣ, ҳангоми баландшавии консентратсияи хлорид-ион дар электролити NaCl ба самти манфӣ мусоидат мекунад. Ҳӯлаҳои бо металҳои ишқорӣ иловашуда бо қимати нисбатан пасти суръати коррозия дар қийс бо ҳӯлаи аввалаи АБ1 тавсиф карда мешаванд.

Ҷамъбасти натиҷаҳои таҳқиқоти рафтори анодии ҳӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий легиронидашуда дар ҷадвалҳои 8 ва 9 оварда шудаанд. Потенсиали коррозияи озоди ҳӯлаҳои алюминий бо зиёдшавии консентратсияи литий, натрий ва калий ба самти мусбии тири ординат тағйир меёбад. Бо зиёдшавии консентратсияи хлорид-ион потенсиали коррозияи озоди ҳӯлаҳо кам мешавад (ҷадвали 8).

Бузургии потенциалҳои пиннингҳосилшавӣ ва репассиватсияи ҳӯлаҳо, ҳамчунин бо меъёри зиёдшавии консентратсияи хлорид-ион дар электролит ба самти нисбатан манфии тири ординат тағйир меёбад. Зиёдшавии консентратсияи компоненти иловашуда ба зиёдшавии бузургии потенциалҳои



питтингҳосилшавӣ ва репассиватсия дар ҳама муҳитҳо новобаста аз концентратсияи хлорид-ион мусоидат мекунад.

**Ҷадвали 8. Потенсиали (х.с.э.) коррозияи озод (-Е<sub>св.корр.</sub>, В) ва питтингҳосилшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий дар муҳити электролити NaCl**

Муҳити NaCl, мас.%	Миқдори МИ дар хӯла, мас.%	Хӯлаҳо бо Li		Хӯлаҳо бо Na		Хӯлаҳо бо K	
		-Е <sub>св.корр.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>	-Е <sub>св.корр.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>	-Е <sub>св.корр.</sub>	-Е <sub>п.о.</sub>
0,03	0,0	0,560	0,490	0,560	0,490	0,560	0,490
	0,05	0,549	0,480	0,540	0,471	0,530	0,461
	0,1	0,538	0,466	0,527	0,447	0,516	0,437
	0,5	0,528	0,448	0,516	0,430	0,501	0,420
	1,0	0,559	0,423	0,507	0,423	0,490	0,407
0,3	0,0	0,600	0,560	0,600	0,560	0,600	0,560
	0,05	0,590	0,545	0,579	0,537	0,552	0,528
	0,1	0,575	0,531	0,567	0,524	0,536	0,515
	0,5	0,560	0,512	0,552	0,510	0,520	0,500
	1,0	0,545	0,500	0,535	0,495	0,505	0,488
3,0	0,0	0,728	0,670	0,728	0,670	0,728	0,670
	0,05	0,715	0,640	0,690	0,631	0,640	0,618
	0,1	0,702	0,612	0,677	0,602	0,625	0,590
	0,5	0,692	0,590	0,665	0,581	0,612	0,572
	1,0	0,679	0,580	0,650	0,570	0,598	0,560

**Ҷадвали 9. – Вобастагии суръати коррозияи хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий дар муҳити электролити NaCl**

Муҳити NaCl, мас.%	Миқдори МИ дар хӯла, мас.%	Суръати коррозияи					
		Хӯлаҳо бо Li		Хӯлаҳо бо Na		Хӯлаҳо бо K	
		$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$
		А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час	А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час	А/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> ·час
0,03	0,0	0,031	10,38	0,031	10,38	0,031	10,38
	0,05	0,029	9,71	0,028	9,38	0,027	9,04
	0,1	0,027	9,04	0,026	8,71	0,025	8,37
	0,5	0,025	8,37	0,024	8,04	0,023	7,70
	1,0	0,024	8,04	0,022	7,37	0,021	7,03
0,3	0,0	0,036	12,06	0,036	12,06	0,036	12,06
	0,05	0,035	11,72	0,034	11,39	0,033	11,05
	0,1	0,034	11,39	0,032	10,72	0,031	10,38
	0,5	0,033	11,05	0,030	10,05	0,029	9,71
	1,0	0,032	10,72	0,028	9,36	0,027	9,04
3,0	0,0	0,042	14,07	0,042	14,07	0,042	14,07
	0,05	0,040	13,40	0,039	13,06	0,038	12,73
	0,1	0,038	12,73	0,037	12,39	0,036	12,06
	0,5	0,036	12,06	0,035	11,72	0,034	11,39
	1,0	0,034	11,39	0,033	11,05	0,032	10,72

Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои алюминий бо литий ба хӯлаҳо бо натрий потенсиали коррозияи озод ва питтингҳосилшавӣ зиёд мешавад, яъне ба самти мусбии тири ординат тағйир меёбад (ҷадвали 8).

Зичии чараёни коррозия ва мувофиқан суръати коррозияи хӯлаҳои алюминий бо литий, натрий ва калий бо зиёдшавии концентратсияи хлорид-ион зиёд мешавад. Ин вобастагӣ барои ҳама хӯлаҳо новобаста аз таркиби онҳо ва хосиятҳои физикӣ-химиявии компоненти иловашаванда хос мебошад (ҷадвали 9).

Ҳамин тариқ, муайян карда шуд, ки тағйирёбии хӯлаи АБ1 то 1.0 мас.% бо металлҳои ишқорӣ устувори анодии онро то 30% дар муҳити электродити NaCl баланд мекунад.

## ХУЛОСА

### I. Натиҷаҳои асосии илмӣ таҳқиқот

1. Дар речаи «хунуккунӣ» вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий иловашуда таҳқиқ карда шуд. Муайян карда шуд, ки бо баландшавии ҳарорат ва миқдори компоненти иловашуда гармиғунҷоиши хӯлаҳо зиёд мешавад, ҳангоми гузариш аз хӯла бо литий ба хӯла бо натрий ва калий бузургии гармиғунҷоиш кам мешавад.

2. Бо таҳқиқи функцияҳои термодинамикии хӯлаи алюминий АБ1 ё бо литий, натрий ва калий нишон дода шудааст, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаи бо литий ба хӯлаи бо калий бо баландшавии ҳарорат қимати энталпия, энтропия зиёд ва бузургии энергия Гиббс паст мешавад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо калий ба хӯлаҳо бо натрий энталпия ва энтропияи хӯлаҳо паст ба хӯлаҳо бо калий баланд мешаванд.

3. Бо усули термогравиметрӣ кинетикаи оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий иловашуда таҳқиқ карда шуд. Муайян карда шуд, ки оксидшавии хӯлаҳо ба қонуни гипербола бо суръати воқеии оксидшавии тартиби  $10^{-4} \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$  итоат мекунад; пайдо карда шуд, ки қимати максималии энергияи эҳтимолии фаъолнокӣ ба хӯлаи аввалаи АБ1, минималӣ бошад – ба хӯлаи бо калий легиронида мансуб мебошанд. Нишон дода шудааст, ки компонентҳои литий, натрий ва калий дар ҳудудҳои 0,05-1,0 мас.% усутувори хӯлаи аввалаи алюминий АБ1-ро ба оксидшавӣ паст мекунад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо литий ба хӯлаҳои бо калий оксидшавии хӯлаҳо зиёд мешавад, ки камшавии бузургии энергияи эҳтимолии активатсияи оксидшавии хӯлаҳо аз он шаҳодат медиҳад.

4. Бо усули спектроскопияи ИС маҳсули оксидшавии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий иловашуда таҳқиқ карда шуд, онҳо асосан аз оксидҳои соддаи намуди  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Be}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$  ва оксидҳои таркиби мураккаби зерин  $(\text{Li}_2\text{O})(\text{Al}_2\text{O}_3)_{11}(\text{H}_2\text{O})_{1.54}$ ;  $\text{LiAl}_2(\text{OH})_7(\text{H}_2\text{O})_2$ ;  $\text{Li}_2\text{BeH}_4$ ;  $\text{BeO}$ ,  $\text{Na}_{2.74}\text{Al}_{22}\text{O}_{38}$ ,  $\text{NaO}_3\text{K}_{1.44}\text{Al}_{10.88}\text{O}_{17.23}$  ва  $\text{K}(\text{H}_2\text{O})\text{OH}$  иборат мебошанд.

5. Бо усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенсиали 2 мВ/с рафтори анодии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий иловашуда дар муҳити электродити хлориди натрий таҳқиқ карда шуд. Муайян карда шуд, ки ҳангоми иловаи хӯлаи алюминий АБ1 бо

литий, натрий ва калий то 1,0 мас.% устувории анодии онро то 30% дар муҳити электролити NaCl баланд мекунад.

6. Дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда таркиби хӯлаҳои нави алюминий – бериллий бо литий, натрий ва калий иловашуда, ки бо ду патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (Патенти №ТҶ1002 аз 01.03.2019с. ва Патенти №ТҶ2001424 аз 13.04.2020г.) ҳимоя шудааст, коркард шудаанд.

### **II. Тавсияҳо оиди истифодаи амалии натиҷаҳо:**

1. Параметрҳои муайянкардашудаи физикӣ-химиявии хӯлаи алюминий АБ1 бо литий, натрий ва калий барои пурра намудани саҳифаи маълумотномаҳои (справочник) мувофиқ тавсия дода мешаванд.

2. Хӯлаҳои коркардшуда ва усулҳои ҳосилкунии онҳо ба сифати мавод барои истифодаи конструксияҳои авиақайҳонӣ ва маснуотҳои, ки дар ҳароратҳои баланд кор мекунанд, тавсия дода мешаванд.

3. Миқдори хӯлаҳои нави таҷрибавиро дар базаи Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази таҳқиқотҳои технологияҳои инноватсионӣ» -и назди Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон бо мақсади дастрас намудан ба муассисаҳо ва корхонаҳои манфиатдор истеҳсол кардан мумкин аст.

### **Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ тақризшавандаи ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:**

[1-М]. Ганиев, И.Н. Влияние лития на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И. Н., Назарова М.Т., Якубов У. Ш., Сафаров А. Г., Курбонова М. З. // Теплофизика высоких температур. -2020. Т.58. -№1. - С.55-60 (**Scopus**)

Ganieva I. N. Influence of Lithium on Specific Heat Capacity and Changes in the Thermodynamic Functions of Aluminum Alloy AB1/ Ganieva I. N., Nazarova M. T., Yakubova U. Sh., Safarov A. G., Kurbonova M. Z. // High Temperature.- 2020. Vol. 58. -№1. -PP. 58–63(**Scopus**).

[2-М]. Назарова, М.Т. Влияния натрия на удельную теплоемкость и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Курбонова М.З., Якубов У.Ш. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет). -2019. -№51(77).-С.25-30.

[3-М]. Назарова, М.Т. Влияние добавок калия на температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АБ1/ Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Назарова М.Т., Курбонова М.З. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2019. Т.75.- №4. -С.16-22.

[4-М]. Курбонова, М.З. Анодное поведения сплавов системы Al-Ca-Be в нейтральной среде / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Холикова Л.Р., Назарова М.Т. // Вестник современных исследований (научный центр «Орка»).-Омск. - 2018. Т.18.- №3. -С.61-67.

[5-М]. Курбонова, М.З. Влияние хлорид – иона на электрохимические свойства алюминиевых сплавов АБ1 со стронцием// Курбонова М.З., Ганиев

И.Н., Назарова М.Т., Исмонов Р.Д., Холикова Л.Р. // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. -2018. -№1.- С.152-158.

[6-М]. Назарова, М.Т. Влияние титана, ванадия и необия на микроструктуру и механические свойства алюминиевого сплава АБ1/ Курбонова М.З., Ганиев И.Н Рахимова Н.О., Назарова М.Т. // Вестник таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2020. - №1. -С.187-195.

#### **Ихтироот оиди мавзӯи диссертатсия:**

[7-М]. Назарова, М.Т. Малый патент Республики Таджикистан № ТТ 1002. от 01.03.2019г. «Сплав на основе алюминия с бериллия» / Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Сафаров А.М., Исмонов Р.Д., Ганиева Н.И., Азимов Х.Х., Назарова М.Т., Курбонова М.З. // №1801241; заявл. 01.03.2019г., опубл. 14.06.2019.

[8-М]. Назарова, М.Т. Малый патент Республики Таджикистан №ТТ1123 от 13.04.2020 г. «Алюминиевый сплав с бериллием» / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О., Назарова М.Т. // №1801241; заявл. 01.03.2019г., опубл. 13.04.2020.

#### **Мақолаҳои дар маводҳои конференсияи байналмиллалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашршуда:**

[9-М]. Назарова, М.Т. Синтез и изучение электрохимическое свойства сплава Al-Be-Va в среде 0,03% NaCl / Назарова М.Т., Розиков А.Р., Курбонова М.З.//Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», «Году развития туризма и народных ремесел», «140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана Садриддин Айни» и «70-ой годовщине со дня создания Таджикского национального университета». - Душанбе. -2018. -С. 103.

[10-М]. Назарова, М.Т. Термодинамические функций алюминиевого сплава АБ1 с литием/ Рахимова Н.О., Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н.// Мат. IV Межд. научной конф. «Вопросы физической и координационной химии», посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Якубова Х. М. и Юсуфова З. Н. - Душанбе. -2019. -С.177 – 180.

[11-М]. Назарова, М.Т. Влияние лития на температурную зависимость удельной теплоемкости алюминиевого сплава АБ1/ Назарова М.Т., Ганиев И.Н., Курбонова М.З., Сафаров А.М.// Мат. респ. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы дифференциальных уравнений, математического анализа, алгебры и теории чисел и их приложения». - Душанбе. -2019. -С. 64 – 68.

[12-М]. Назарова, М.Т. Влияние лития на термодинамические функции алюминиевого сплава АБ1/ Назарова М.Т., Ганиев И.Н., Курбонова М.З., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400 – летию Миробида Саййидо Насафи». - Душанбе. -2019. -С.88-90.

[13-М]. Назарова, М.Т. Изучение электрохимических свойства сплавов Al-Be-Na в среде электролита 0,3 % NaCl / Курбонова М.З., Рахимова Н.О., Назарова М.Т. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021) и «400 – летию Миробиды Сайидо Насафи». - Душанбе. -2019. -С.91-92.

[14-М]. Назарова, М.Т. Анодное поведение сплава алюминия АБ1 с барием в нейтральной среде NaCl / Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средне общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. -2019.-С.165 -170.

[15-М]. Назарова, М.Т. Температурная зависимость теплоёмкости алюминиевого сплава АБ1, легированного калием/ Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Назарова М.Т., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средне общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. - 2019.-С.170 - 175.

[16-М]. Назарова, М.Т. Изучение электрохимических свойства сплава АБ1 с литием / Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н. // Мат. респ. научно-практ. конф. (с международным участием) «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в средних общеобразовательных школах и высших учебных заведениях», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева. - Душанбе. - 2019. -С.194-199.

[17-М]. Назарова, М.Т. Изучение электрохимических свойства алюминиевого - бериллиевого сплава АБ1 с добавками калия/ Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «5500-летию выдающегося Таджикского поэта Камола Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)». - Душанбе. -2020. -С.236-238.

[18-М]. Назарова, М.Т. Изучение механических свойств алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с добавками титана/ Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «5500-летию выдающегося Таджикского поэта Камола Худжанди» и «20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040)». - Душанбе. -2020. -С.234-235.

[19-М]. Назарова, М.Т. Влияние лития на электрохимические свойства алюминиевого сплава АБ1, в среде электролита 3%-ного NaCl / Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. // Мат. респ. научно-практ. конф.

«Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, академика АН РТ Нуманова И. У. -Душанбе. - 2020. -С.259-263.

[20-М]. Назарова, М.Т. Влияние лития на электрохимические свойства алюминиевого сплава АВ1, в среде электролита 3%-ного NaCl / Назарова М.Т., Курбонова М.З., Ганиев И.Н., Рахимова Н.О. //Мат.меж. научно-практ. конф. «Proceeding the international symposium on innovative development of science. Research center of innovative technologies Tajikistan National Academy of sciences. -Dushanbe. -2020. -С.119-121.

### АННОТАЦИЯ

**ба диссертатсияи Назарова М.Т. дар мавзӯи «Хосиятҳои физикӣ-химиявӣи хӯлаи алюминий АВ1 бо литий, натрий ва калий» барои дарёфти унвони номзади илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 02.00.04 – Химияи физикӣ**

**Калидвожаҳо:** хӯлаи АВ1, литий, натрий, калий, гармигунҷоиш, зарифи гармидиҳӣ, энталпия, энтропия, энергияи Гиббс, методи термогравиметрӣ, суръати ҳақиқии оксидшавӣ, энергияи ҷаҳолсозӣ, методи потенциодинамикӣ, потенциалҳои коррозияи озод, питингҳосилкунӣ, репассиватсионӣ, суръати коррозия.

**Методҳои таҳқиқот.** Исследования проводились измерением теплоемкости в режиме «охлаждения», термогравиметрическим, металлографическим, рентгенофазовым, ИК-спектроскопическим и потенциостатическим методами. Математическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета приложения и программы Microsoft Excel.

**Мақсади таҳқиқот ба** коркарди таркиби хӯлаи баландмодули сабуки алюминий-бериллий АВ1 бо литий, натрий ва калий, муайянкунии хосиятҳои термодинамикӣ, кинетикӣ ва анодии он, ки барои эҳтиёҷоти соҳаҳои алоҳидаи саноат пешбинӣ шудаанд, мебошад.

**Натиҷаҳои ба дастамада ва навгонҳои илмӣ таҳқиқот.** Қонуниятҳои асосии вобастагии ҳароратӣ ва тағйирёбииҳои функсияҳои термодинамикии (энталпия, энтропия ва энергияи Гиббс) хӯлаи алюминий АВ1 бо литий, натрий ва калий вобаста аз миқдори компоненти иловашуда муайян карда шудааст; тавсифи кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи АВ1 бо литий, натрий ва калий муайян карда шудааст; муайян карда шуд, ки оксидшавии хӯлаи алюминийи АВ1 бо литий, натрий ва калий ба қонуни гипербола итоат мекунад; рафтори коррозия-электрохимиявӣи хӯлаи алюминийи АВ1-ро бо металлҳои ишқорӣ, дар муҳити 0,03; 0,3 ва 3,0%-и маҳлули хлориди натрий омӯхта шудааст.

### **Тавсияҳо оиди истифодаи амалии натиҷаҳо:**

-Параметрҳои муайянкардашудаи физикӣ-химиявӣи хӯлаи алюминий АВ1 бо литий, натрий ва калий барои пурра намудани саҳифаи маълумотномаҳои (справочник) мувофиқ тавсия дода мешаванд.

-Хӯлаҳои коркардшуда ва усулҳои ҳосилкунии онҳо ба сифати мавод барои истифодаи конструкцияҳои авиақайҳонӣ ва маснуотҳое, ки дар ҳароратҳои баланд қор мекунанд, тавсия дода мешаванд.

-Миқдори хӯлаҳои нави таҷрибавиро дар базаи Муассисаи давлатии илмии «Маркази таҳқиқотҳои технологияҳои инноватсионӣ» -и назди Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон бо мақсади дастрас намудан ба муассисаҳо ва корхонаҳои манфиатдор истехсол кардан мумкин аст.

**Интишори натиҷаҳои диссертатсия.** Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот 22 қорҳои илмӣ нашр гардидааст, ки аз онҳо 6 мақола дар маҷаллаҳои тақризшаванда, ки аз ҷониби ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон эътироф карда мешавад, 14 мақолаҳо дар конференсияҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр шудааст. Инчунин 2 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

## **АННОТАЦИЯ**

**на диссертацию Назарова М.Т. на тему «Физико-химические свойства алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия**

**Ключевые слова:** сплав АБ1, литий, натрий, калий, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, термогравиметрический метод, истинная скорость окисления, энергия активации, потенциодинамический метод, потенциалы свободной коррозии, питингообразования, репассивации, скорость коррозии.

**Методы исследования.** Исследования проводились измерением теплоемкости в режиме «охлаждения», термогравиметрическим, металлографическим, рентгенофазовым, ИК-спектроскопическим и потенциостатическим методами. Математическая обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета приложения и программы Microsoft Excel.

**Цель исследования** заключается в разработке состава высокомолекулярного легкого алюминиево-бериллиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием, установлении его термодинамических, кинетических и анодных свойств, предназначенного для нужд отдельных отраслей промышленности.

**Полученные результаты и их научная новизна:** Установлены основные закономерности температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием в зависимости от количества легирующего компонента; определены кинетические и энергетические характеристики процесса окисления сплава АБ1 с литием, натрием и калием; установлено, что окисление алюминиевого сплава АБ1 с литием, натрием и калием подчиняется гиперболическому закону; изучены коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава АБ1 с щелочными металлами, в среде 0,03; 0,3 и 3,0%-ного раствора хлорида натрия.

**Рекомендации по практическому использованию результатов:**

- Установленные физико- химические параметры алюминиевого сплава АВ1 с литием, натрием и калием рекомендуются для пополнения страниц соответствующих справочников.

-Разработанные составы сплавов и способы их получения рекомендуются в качестве материала для использования в авиакосмических конструкциях и изделиях, работающих при высоких температурах.

- Опытные партии новых сплавов могут производиться на базе Государственного научного учреждения «Центр исследования инновационных технологий» при Национальной академии наук Таджикистана с целью поставки заинтересованным предприятиям и ведомствам.

**Публикация.** По результатам исследований опубликованы 20 научных работ, из них 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан 14 статей в материалах международных и республиканских конференций и получено 2 малых патента Республики Таджикистан.

### ANNOTATION

**for the dissertation of M.T. Nazarov on the topic "Physicochemical properties of aluminum alloy AB1 with lithium, sodium and potassium" for the degree of candidate of chemical sciences in specialty 02.00.04 - physical chemistry**

**Key words:** AB1 alloy, lithium, sodium, potassium, heat capacity, heat transfer coefficient, enthalpy, entropy, Gibbs energy, thermogravimetric method, true oxidation rate, activation energy, potentiodynamic method, free corrosion potentials, pitting formation, repassivation, corrosion rate.

**Research methods.** The studies were carried out by measuring the heat capacity in the "cooling" mode, thermogravimetric, metallographic, X-ray phase, IR spectroscopic and potentiostatic methods. Mathematical processing of the results was carried out using a standard application package and Microsoft Excel.

**The aim of the study** is to develop the composition of a high-modulus light aluminum-beryllium alloy AB1 with lithium, sodium and potassium, to establish its thermodynamic, kinetic and anodic properties, intended for the needs of individual industries.

The results obtained and their scientific novelty: The main regularities of the temperature dependence of the heat capacity and changes in thermodynamic functions (enthalpy, entropy and Gibbs energy) of the AB1 aluminum alloy with lithium, sodium and potassium, depending on the amount of the alloying component, have been established; the kinetic and energy characteristics of the oxidation process of the AB1 alloy with lithium, sodium and potassium have been determined; it was found that the oxidation of the aluminum alloy AB1 with lithium, sodium and potassium obeys a hyperbolic law; studied the corrosion-electrochemical behavior of the aluminum alloy AB1 with alkali metals, in an environment of 0.03; 0.3 and 3.0% sodium chloride solution.

### **Recommendations for the practical use of the results:**

- The established physicochemical parameters of the AB1 aluminum alloy with lithium, sodium and potassium are recommended for replenishing the pages of the corresponding reference books.



-The developed compositions of alloys and methods of their preparation are recommended as a material for use in aerospace structures and products operating at high temperatures.

- Experimental batches of new alloys can be produced on the basis of the State Scientific Institution "Center for Research of Innovative Technologies" at the National Academy of Sciences of Tajikistan with the aim of supplying interested enterprises and departments.

**Publication.** According to the research results, 20 scientific works were published, including 6 articles in peer-reviewed journals recommended by the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan, 14 articles in the materials of international and republican conferences, and 2 small patents of the Republic of Tajikistan were received.