

*Бо ҳуқуқи дастнавис*

УДК 620.197:669.017



**САФАРОВА Фарзона Рачабалиевна**

**ТАЪСИРИ ЭЛЕМЕНТҲОИ ЗЕРГУРҶИ  
ГАЛЛИЙ БА РАФТОРИ КОРРОЗИОНИИ  
ХҶЛАҲОИ  $Zn_5Al$  ВА  $Zn_{0.5}Al$**

**05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ  
ва муҳофизат аз коррозия**

***АВТОРЕФЕРАТИ***

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ  
номзади илмҳои техникӣ

Душанбе – 2019

Диссертатсия дар озмоишгоҳи «Маводҳои ба коррозия устувор»-и Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон иҷро шудааст.

**Роҳбари илмӣ:** доктори илмҳои химия, дотсент  
**Обидов Зиёдулло Раҳматович**

**Мушовири илмӣ:** доктори илмҳои химия, профессор,  
академики АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон  
**Ғаниев Изатулло Наврузович**

**Муқарризи расмӣ:** доктори илмҳои химия, сарҳодими  
илмии озмоишгоҳи «Химияи пайвастагиҳои  
гетеросиклӣ»-и Институти кимиёи ба номи  
В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон  
**Усманов Раҳматжон**

номзади илмҳои техникаӣ, мудири  
кафедраи «Маводшиносӣ, мошинҳо ва  
таҷҳизотҳои металлургӣ»-и Донишгоҳи  
техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ  
**Гулов Саломиддин Садриддинович**

**Муассисаи пешбар:** Муассисаи давлатии илмии Маркази  
таҳқиқоти технологияҳои инноватсионии  
назди АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия 24 апрели соли 2019, соати 11<sup>00</sup> дар ҷаласаи  
Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиёи ба номи  
В.И. Никитини АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон баргузор мегардад.  
Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2.  
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва  
сомонаи Институти кимиёи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи  
В.И. Никитин шинос шавед: [www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат санаи «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2019 тавзеъ шудааст.

**Котиби илмии  
Шӯрои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои химия, дотсент**



**Норова М.Т.**

## ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

*Аҳамияти мавзӯи таҳқиқот.* Коррозияи баҳрӣ, атмосферӣ ва зерзаминӣ ба маснуоти металлӣ, конструксияҳо ва иншоотҳо талафоти маводии зиёд мерасонад. Бинобар ин барои коркард ва истифодабарии муҳофизатҳои анодӣ ва протекторӣ, ки яке аз лавозимоти устувор ва самараноки мубориза ба зидди коррозияи химиявӣ ва электрохимиявӣ мебошад, диққати тамом дода мешавад.

Аҳамияти васеъ истифодабарии муҳофизати анодӣ бо якчанд бартарихо шарҳ дода мешавад, ки танҳо ба ин усул хос аст, ин: фойданокии баланд, дастрас, мусовӣ дар истифодабарӣ ва иқтисодӣ, муҳлати тӯлонии хизмат (махз ин усул метавонад, ки бе талафоти конструксияҳо аз истифодарӣ амалӣ гардад), беҳавф барои муҳити атроф, сарфакорона истифодабарии металлҳои чавҳаронӣ ба ивази металлҳои қимат ва камёб.

Маълум аст, ки барои муҳофизати пӯлод аз коррозия якчанд намуди протекторҳо ва рӯйпӯшҳои Zn-Al коркард шудааст. Ба сифати маводи протекторӣ барои муҳофизати конструксияҳои пӯлодӣ аз коррозия асосан аз хӯлаҳо дар асоси рух, алюминий ва магний истифода менамоянд. Амалан истифодабарии маводҳои протекторӣ барои муҳофизати иншоотҳои металлӣ аз коррозия махсусан аз хусусияти структураҳои хӯлаҳо, ҳолати сатҳ, ҳарорат ва хосияти ин хӯла вобаста аст. Аз ин рӯ, коркарди рӯйпӯшҳои анодии хӯлавии нав ва протекторҳо бо роҳи чавҳаронии компонентҳо бо фойзнокӣ камтарин яке аз усули ҳақиқӣ ва фойданок барои баланднамоии устувории коррозионии мавод – маснуот мебошад.

Барои баланднамоии зареби кори фойданоки рӯйпӯшҳо ва протекторҳои анодӣ аз хӯлаҳои Zn-Al ҳангоми муҳофизат аз коррозия зарур аст, ки ин хӯлаҳо бо металлҳои бештар электроманфӣ чавҳаронида шаванд. Маълум аст, ки металлҳои зергурӯҳи галлий бо қиматҳои электроманфии намоён фарқ доранд, бинобар ин бештар ҳамчун иловаҳои чавҳаронӣ барои майлдиҳии потенциалҳои коррозионии металл – асосро ба самти потенциалҳои манфӣ истифода бурда мешаванд. Бо назардошти ин хусусияти металлҳои пошхӯрандаи нодир ба сифати компоненти чавҳаронии хӯлаи рух-алюминий (%-и вазнӣ: Zn5Al и Zn0.5Al) металл аз гурӯҳи галлий, индий ва таллий (дар меъёри 0.01-1.0 %-и вазнӣ) интихоб карда шудааст.

Ҳамин тавр, ҳалли масоили бунёдии интихоби мақсадноки протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодии босамари муҳофизатӣ гузаронидани таҳқиқотҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ рафтори анодии хӯлаҳои ҳосилшавандаро дар муҳитҳои гуногуни коррозионӣ, тақозо менамояд.

*Мақсади таҳқиқот* ин омӯзиши таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба рафтори коррозионии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al ва коркарди таркиби оптималии хӯлаҳо мебошад, ки метавонанд ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодии босамар барои баланднамоии устувории конструксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ ба коррозия истифода шаванд.

Дар вобастагӣ бо мақсади гузошта, дар рисолаи диссертатсионӣ *вазифаҳои зерин* ҳал карда шудааст:

- таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба рафтори коррозсионӣ-электрохимиявӣ ҳӯлаҳои руҳ-алюминий  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ , дар муҳити электролити  $NaCl$  омӯхта шудааст;
- таъсири иловаҳои галлий, индий ва таллий ба микроструктура ва хосиятҳои ҳӯлаҳои руҳ-алюминий омӯхта шудааст;
- таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба кинетикаи оксидшавии ҳӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$  дар ҳолати сахт омӯхта шудааст;
- таркиби фазавӣ маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо муайян карда шуда, нақши онҳо дар механизми оксидшавӣ аниқ карда шудааст;
- таркиби оптималии ҳӯлаҳои руҳ-алюминий ( $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ ), ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий ( $Ga$ ,  $In$ ,  $Tl$ ) ҷавҳаронида шудаанд, аз рӯйи маҷмӯи омилҳои сифатнокӣ барои истифодаи онҳо ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳо ҳангоми муҳофизати анодии маснуот, конструксияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз вайроншавии коррозсионӣ аниқ карда шудааст.

***Усулҳои таҳқиқот ва дастгоҳҳои истифодашуда:***

Ба сифати маводи аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва тамғаҳои галлий, индий ва таллийи металии  $Ga-00$ ,  $In-00$  ва  $Tl-00$  истифода гардиданд. Таҳқиқот бо усулҳои микрорентгеноспектралӣ (микроскопи тасвирбардори электронии SEM навъи AIS-2100), потенциостатикӣ (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографӣ (микроскопи SEM навъи AIS-2100), рентгенофазавӣ (ДРОН-2.0) ва термогравиметрӣ анҷом дода шудааст.

***Навгониҳои илмӣ рисола.*** Дар асоси таҳқиқотҳои анҷомдодашуда:

- бо усули потенциостатикӣ таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с) нишон дода шудааст, ки иловаҳои (0.01-0.1 %-и вазнӣ) элементҳои зергурӯҳи галлий устувории коррозсионии ҳӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ -ро ҳангоми истифодабарии муҳофизати анодии маснуот, конструксия ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия 2-5 маротиба баланд менамоянд. Қонуниятҳои тағйирёбии нишондиҳандаҳои асосии коррозсионӣ-электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пitting-хосилшавӣ ва репассиватсия) ҳӯлаҳо аз консентратсияи компонентҳои ҷавҳаронӣ ва хлорид-ионҳо аниқ карда шудааст;
- бо усули термогравиметрӣ нишон дода шудааст, ки бо афзоиши ҳарорат ва миқдори галлий, индий ва таллий дар ҳӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$  суръати оксидшавӣ каме зиёд мешавад. Қонуниятҳои тағйирёбии нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаҳо, дар ҳолати сахт аниқ карда шудааст;
- бо усули рентгенофазавӣ таҳлил муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии ҳӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои –  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $In_2O_3$  и  $Tl_2O_3$  ҳосил мешаванд. Нақши элементҳои ҷавҳаронӣ дар бавучудорӣ таркиби фазавӣ маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо ва дар механизми раванди оксидшавӣ аниқ карда шудааст.

**Аҳамияти амалии рисола.** Дар асоси таҳқиқотҳои амалан анҷомдодашуда концентратсияҳои оптималии галлий, индий ва таллий дар хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$  аниқ карда шудааст, ки бо устувории коррозионӣ фарқ менамоянд. Хӯлаҳо метавонанд ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодии самаранок барои муҳофизати маснуот, конструксия ва иншоотҳои пӯлодӣ аз вайроншавии коррозионӣ истифода шаванд.

Таҳқиқоти илмии анҷомдодашуда ҳамчун асос барои коркарди таркиби нави хӯлаҳои протекторӣ ва рӯйпӯш хизмат намуд, ки бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ТҶ № 793 ҳифз шудааст.

**Мазмуни асосии рисола, ки дар Ҷимоя нешкаш мегардад:**

- натиҷаҳои таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва микроструктуравии хӯлаҳои системаҳои  $Zn_5Al-Ga$  (In, Tl) ва  $Zn_{0.5}Al-Ga$  (In, Tl);
- натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири иловаҳои галлий, индий ва таллий ба рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ , дар концентратсияҳои гуногуни электролити NaCl, дар муҳити нейтралӣ;
- натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ , дар ҳолати саҳт;
- натиҷаҳои таҳлили рентгенофазавии маҳсули оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои руҳ-алюминий бо элементҳои зергурӯҳи галлий.

**Саҳми шахсии муаллиф** дар таҳлили маълумотҳои адабиёт, вазифагузорӣ ва ҳалли вазифаҳои таҳқиқот бо тарзи гузаронидани таҳқиқотҳои амалӣ, коркард ва таҳлили онҳо, чамбастнамоии мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия хотима меёбад.

**Дараҷаи саҳеҳият ва баррасии рисола.** Дараҷаи саҳеҳияти рисола бо усулҳои муосири таҳқиқот, мутобикати босифатии натиҷаҳои ҳосилнамуда бо қиматҳои амалан додашуда ва тасаввуроти назариявии дар адабиёт мавҷуда таъмин гардидааст. Натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ дар конферонсҳои илмии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявии зерин муҳокима ва баррасӣ гардидаанд: Межд. науч.-практ. конф. «Комплексные соединения и аспекты их применения» – Таджикский национальный университет (Душанбе, 2013); Респ. науч.-практ. конф. «Достижение инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения» – Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни (Душанбе, 2014); VII Межд. науч.-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования» – Таджикский технический университет им. М.С. Осими (Душанбе, 2014); Респ. науч. конф. «Актуальные проблемы современной науки» – Филиал НИТУ «Московский институт стали и сплавов» в г. Душанбе (Душанбе, 2015); Всеросс. Межд. науч.-практ. конф. «Новые технологии – нефтегазовому региону» – Тюменский государственный нефтегазовый университет (Тюмень, 2015); Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан» – Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); XIII Нумановские чтения «Достижения химической науки за 25 лет государственной независимости Республики Таджикистан» – Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики

Таджикистан (Душанбе, 2016); Межд. науч.-практ. конф. «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» – Тюменский индустриальный университет (Тюмень, 2016); Межд. науч.-практ. конф. «Научные достижения и открытия современной молодёжи» – Пенза (Пенза, 2017).

**Интишорот.** Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 18 мақола, аз ҷумла 8 мақола дар маҷаллаҳои тақризишавандаи тавсиянамудаи ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон – «Ахбори АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон. Шӯбаи илмҳои физикаю математика, химия, геология ва техника», «Гузоришҳои АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон», «Паёми ДТТ ба номи М.С. Осимӣ», «Вестник современных исследований»; дар 10 маводи конференсияи байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр шуда, 1 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ТҶ № 793 ба даст оварда шудааст.

**Ҳаҷм ва сохтори рисола.** Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиётҳо ва замиро дар бар мегирад. Диссертатсия дар 146 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён шудааст, ки дорои 43 ҷадвал ва 74 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 120 номгӯй иборат аст.

**Дар муқаддима** масоили аввалия ва асосии таҳқиқот баён гардида, аҳамиятнокии мавзӯи диссертатсия асоснок карда шудааст.

**Дар боби аввал** «Рафтори коррозиони хӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои гуногун» таҳлили маълумотҳои дар адабиётҳо мавҷуда оид ба устувории коррозиони хӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ; коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии хӯлаҳои руҳ-алюминий оварда шудааст.

Таҳлили маълумоти адабиётҳо нишон медиҳанд, ки ҳосиятҳои гуногуни хӯлаҳои руҳ-алюминий  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  бо якҷанд элементҳои ҷадвали даврӣ таҳқиқ шудаанд, зеро ин хӯлаҳо ҳангоми коркарди рӯйпӯшҳои муҳофизатии конструксияҳои пӯлодӣ ва маснуот аз онҳо қобили истифодаанд. Маълумотҳо оиди коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии хӯлаи  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$  бо галлий, индий ва таллий дар адабиётҳо амалан мавҷуд нест.

Вусъатёбии соҳаҳои истифодабарии хӯлаҳои протекторӣ ва рӯйпӯшҳо дар асоси руҳ ва алюминий, махсусан дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ таҳқиқоти системавии ҳосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаҳои мазкурро бо иштироки қатори элементҳои фаъоли ҷадвали даврӣ, бо мақсади дарозкунии муҳлати хизмати маснуот ва конструксияҳои пӯлодӣ тақозо менамояд.

**Боби дуввум** ба таҳқиқоти рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ , ки бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронида шудаанд, дар муҳити электролити  $NaCl$  бахшида шудааст.

**Дар боби саввуми** диссертатсия натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои системаҳои  $Zn_5Al-Ga$  (In, Tl) ва  $Zn_{0.5}Al-Ga$  (In, Tl) дар ҳолати сахт оварда шудааст.

Рисолаи диссертатсионӣ бо хулосаҳои умумӣ, рӯйхати адабиётҳои истифодашуда ва замиро хотима ёфтааст.

## МАЗМУНИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

### РАФТОРИ КОРРОЗИОНӢ-ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӢЛАҲОИ РУҲ-АЛЮМИНИЙ, КИ БО ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ ВА ТАЛЛИЙ ЧАВҲАРОНИДА ШУДААНД, ДАР МУҲИТИ ЭЛЕКТРОЛИТИ NaCl

*Усули таҳқиқоти хосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаҳо.*

Барои таҳқиқоти коррозияи металлҳо усулҳои электрохимиявӣ ва потенциостатикӣ бомуваффақият истифода мешаванд. Усули потенциостатикӣ имкон медиҳад, ки нақши потенциали электродӣ дар рафтори металл (хӯла) дар ҳолати пасивнокӣ муайян карда шавад. Аниқ карда шудааст, ки хусусияти муҳими коррозионии металл ин вобастагии суръати ҳалшавӣ аз потенциал мебошад, ки ҳангоми ҳисобкунии устувории коррозионии метали муайян ё хӯла, инчунин барои интихоби усули оптималии муҳофизат дар шароити додасуда, истифода мешавад.

Ба сифати маводи аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва тамғаҳои галлий, индий ва таллийи металли Ga-00, In-00 ва Tl-00 истифода гардиданд. Синтези хӯлаҳо дар бўтаҳои аз оксиди алюминий сохташуда дар кӯраи муқовимати электрикӣ намуди СШОЛ дар ҳудуди ҳароратии 650–750 °C гузаронида шуд. Таркиби элементии хӯлаҳо дар микроскопи электронии SEM навъи AIS-2100 (Кореяи ҷанубӣ) назорат карда шуданд. Аз хӯлаҳои ҳосилнамуда намунаҳои хӯлаҳо дар қолиби графитӣ бо андозаҳои кутр – 8 мм ва дарозӣ – 140 мм рехтагарӣ шуданд. Пеш аз воридкунии намунаи хӯлаҳо ба маҳлули корӣ қисмати ғуллаҳои он сайқал дода шуда, беравған карда шуда, бодикқат бо спирт шӯста шуда, баъдан ба маҳлули электролити NaCl ворид карда шуданд. Ҳарорати маҳлул дар ячейка доимӣ 20°C бо ёрии термостати МЛШ-8 нигоҳ дошта шуд.

Таҳқиқоти потенциостатикӣ муқоисакунии рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al, ки бо галлий, индий ва таллий чавҳаронида шудаанд, дар муҳити 0.03, 0.3, 3%-и электролити NaCl, дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2 мВ/с дар потенциостати ПИ-50.1.1 гузаронида шуд.

Потенсиали озоди коррозияи хӯлаҳои руҳ-алюминий бо элементҳои зергурӯҳи галлий (дар мисоли галлий, ҷадвали 1) аз рӯйи вақт ба самти мусбат, яъне ҳангоми нигоҳдорӣ дар концентратсияҳои гуногуни электролити NaCl майл менамояд. Қайд карда шудааст, ки бавучудоии қабати оксидии муҳофизатӣ аз аввали воридкунии намунаҳои хӯла ба электролит дар 35 дақиқа ба охир расида, аз таркиби химиявии онҳо кам вобаста аст. Бо таҳлили муқоисакунии нишон дода шудааст, ки қиматҳои потенциалҳои озоди коррозияи хӯлаи аввалияи Zn5Al нисбат ба хӯлаи аввалияи Zn0.5Al манфӣ аст. Пайгирона, хӯлаи Zn0.5Al, ки элементҳои зергурӯҳи галлий дорад, дар муқоиса бо хӯлаи Zn5Al, ки бо галлий, индий ва таллий чавҳаронида шудааст, дорои қиматҳои мусбӣи потенциали коррозияи озод мебошад. Ҳангоми афзоиши концентратсияи компоненти чавҳаронӣ дар хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al потенциали коррозияи озод ба самти қиматҳои бештари манфӣ майл медиҳад (ҷадвали 1).

Ҳангоми таҳқиқоти коррозионӣ-электрохимиявӣ намунаҳои хӯлаҳоро бо речаи потенциодинамикӣ аз потенциали доимӣ (-E<sub>ст.</sub>, В) ба самти мусбат поляризаторсия намудем, ки ҳангоми воридкунӣ ба электролит то якбора афзоиши ҷараёни электрикӣ дар натиҷаи пिटтингҳосилкунӣ аниқ гардид (расми 1, қачхати I). Баъдан намунаҳоро ба самти баръакс то потенциали 1400 В (расми 1, қачхатҳои II, III) поляризаторсия намудем. Дар охир, намунаҳоро ба самти мусбат (расми 1, қачхати IV) поляризаторсия намуда, қачхатҳои поляризаторсионии хӯлаҳоро ҳосил намуда (дар мисоли хӯлаи Zn5Al0.1), аз рӯи он потенциалҳои электрохимиявии хӯлаҳои таҳқиқшударо муайян намудем.

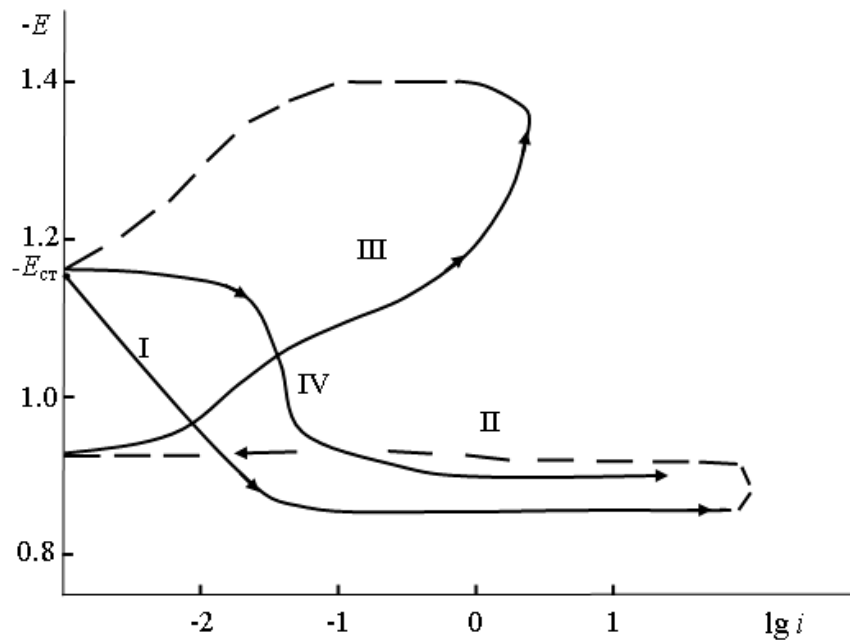
**Ҷадвали 1** – Вобастагии муқоисавии тағйирёбии потенциали (х.с.э.) озоди коррозияи (-E<sub>корр.оз.</sub>, В) хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al аз концентратсияи галлий, аз вақт, дар муҳити нейтралӣ

Муҳити NaCl, %	Миқдори Ga дар хӯлаҳо, %-и вазнӣ	Вақт, дақиқа							
		1/3	2/3	1	5	15	35	40	60
3.0	Zn5Al	1.208	1.206	1.204	1.200	1.195	1.190	1.190	1.190
	0.01	1.251	1.247	1.244	1.241	1.239	1.238	1.238	1.238
	0.05	1.258	1.254	1.250	1.248	1.246	1.245	1.245	1.245
	0.1	1.272	1.267	1.263	1.260	1.259	1.258	1.258	1.258
	0.5	1.229	1.223	1.219	1.218	1.218	1.217	1.217	1.217
	1.0	1.221	1.218	1.214	1.213	1.213	1.212	1.212	1.212
	Zn0.5Al	1.092	1.091	1.087	1.083	1.073	1.070	1.070	1.070
	0.01	1.197	1.196	1.194	1.190	1.190	1.188	1.188	1.188
	0.05	1.214	1.212	1.212	1.207	1.203	1.200	1.200	1.200
	0.1	1.208	1.207	1.200	1.198	1.197	1.195	1.195	1.195
	0.5	1.174	1.172	1.170	1.168	1.162	1.160	1.160	1.160
	1.0	1.168	1.167	1.161	1.157	1.151	1.145	1.145	1.145

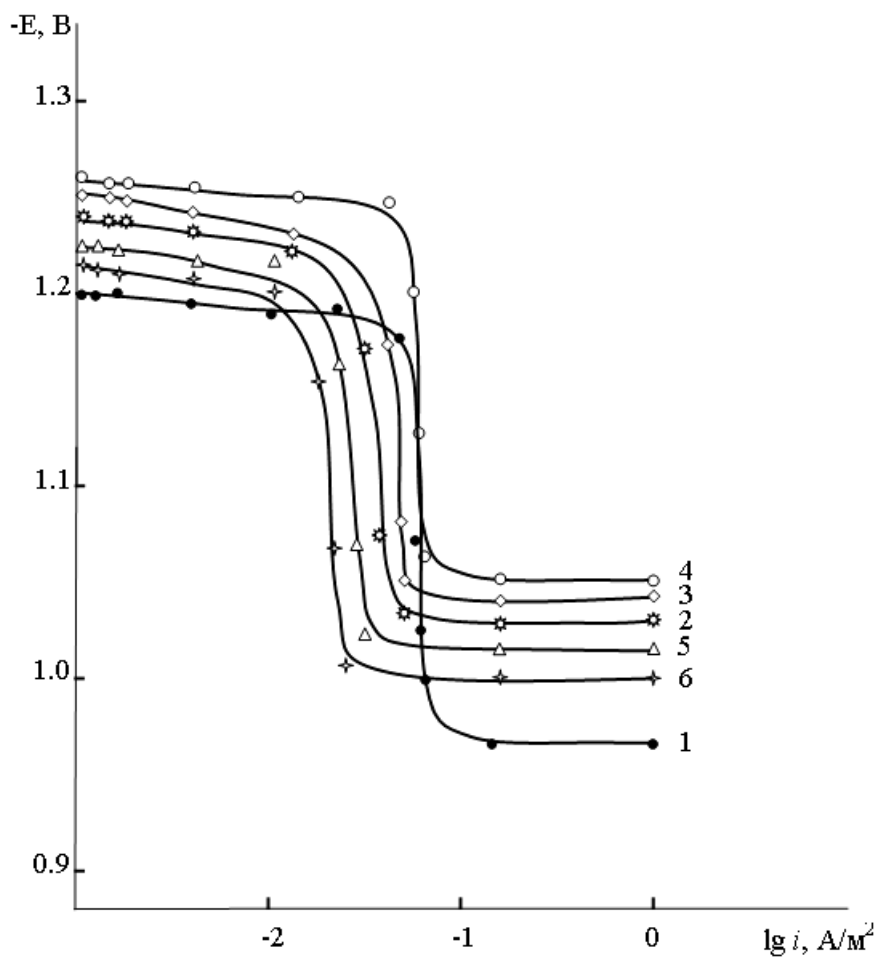
Қачхатҳои поляризаторсионии потенциодинамикии анодии бо компоненти сеюм ҷавҳаронидашудаи хӯлаҳо, дар мисоли хӯлаи Zn5Al бо галлий, ҳам мавзеи ҳалшавии фаъол ва ҳам ҳолати нофаъолро (пассивнокӣ) нишон медиҳад, ки дар мақсад устувории коррозионии онҳоро дар муҳити нейтралӣ тавсиф менамояд (расми 2). Аз қачхатҳои анодии поляризаторсионӣ потенциалҳои электрохимиявии хӯлаҳои таҳқиқшуда муайян карда шуданд, ки дар мисоли хӯлаҳои Zn5Al-In, Zn0.5Al-In дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Ҷавҳаронии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо индӣ дар ҳудуди концентратсионии омӯхташуда (0.005-1.0%-вазнӣ) қобилияти майлдиҳии потенциалҳои коррозия, пिटтингҳосилшавӣ ва репассиватсияи хӯлаҳоро ба самти манфӣ зоҳир менамояд. Ҳангоми муқоисакунии хӯлаҳои таҳқиқотӣ, потенциали коррозия барои хӯлаҳои таркибашон гуногун на он қадар фарқ менамояд. Хусусияти тағйирёбии потенциалҳои электрохимиявӣ аз таркиби хӯлаҳо ба қиматҳои аниқшуда мутобиқ аст, яъне бо афзоиши миқдори компонентҳои ҷавҳаронӣ дар хӯлаҳои аввалия потенциалҳои мазкур ба самти потенциалҳои манфӣ майл менамоянд (ҷадвали 2).





**Расми 1** – Качхати пурраи поляризатсионии потенциодинамикии (2 мВ/с) хӯлаи Zn5Al, ки 0.1%-и вазнӣ галлий дорад, дар муҳити 0.03%-и электролити NaCl.  $E$  – потенциал (В),  $i$  – зичии ҷараёни электрикӣ ( $A \cdot m^{-2}$ ).

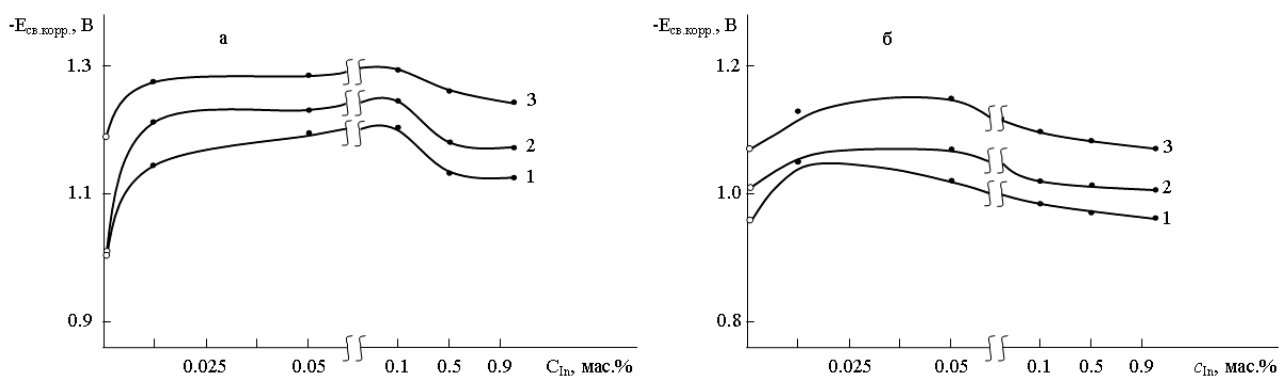


**Расми 2** – Качхатҳои поляризатсионии потенциодинамикии (2 мВ/с) анодии хӯлаи Zn5Al (1), ки индий дорад, %-и вазнӣ: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6), дар муҳити электролити 3%-и NaCl.

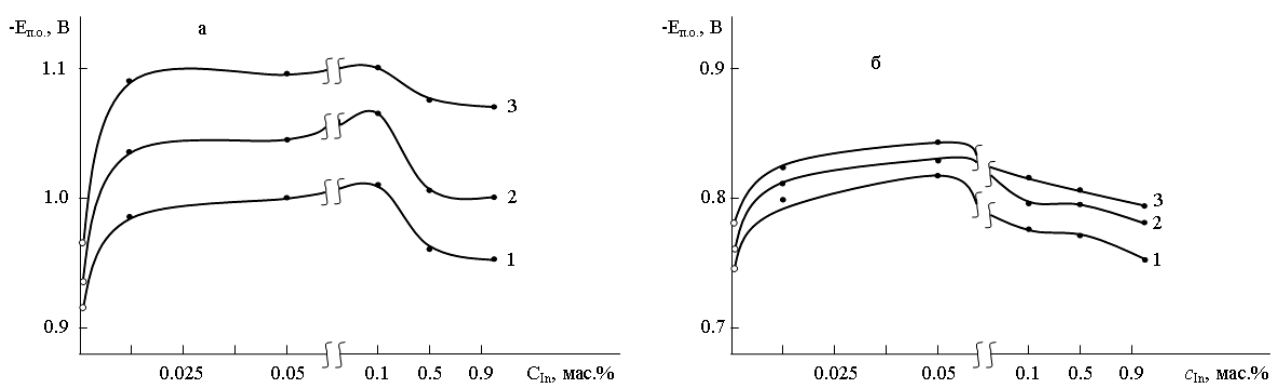
**Чадвали 2** – Таъсири индий ба рафтори коррозионӣ-электрохимиявӣ хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al, дар муҳити электролити NaCl

Муҳити NaCl, %	Миқдори In дар хӯлаҳо, %-вазнӣ	Потенциалҳои электрохимиявӣ (э.х.н.), В				Суръати коррозия	
		-E <sub>корр.оз.</sub>	-E <sub>корр.</sub>	-E <sub>п.х.</sub>	-E <sub>реп.</sub>	$i_{корр.} \cdot 10^{-2}$	K · 10 <sup>-3</sup>
						A/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup> · ч
0.03	Zn5Al	1.050	1.060	0.915	0.930	0.102	1.24
	0.01	1.145	1.150	0.985	0.908	0.026	0.32
	0.05	1.197	1.200	1.000	1.011	0.024	0.29
	0.1	1.205	1.211	1.010	1.027	0.021	0.27
	0.5	1.131	1.137	0.960	0.978	0.027	0.33
	1.0	1.125	1.132	0.953	0.971	0.028	0.34
	Zn0.5Al	0.960	0.968	0.745	0.809	0.037	0.45
	0.01	1.055	1.025	0.798	0.807	0.007	0.09
	0.05	1.020	1.063	0.817	0.822	0.006	0.07
	0.1	0.985	0.990	0.775	0.787	0.009	0.10
	0.5	0.971	0.984	0.770	0.787	0.012	0.15
	1.0	0.963	0.975	0.750	0.766	0.014	0.17
3.0	Zn5Al	1.190	1.200	0.965	0.980	0.109	1.33
	0.01	1.278	1.280	1.090	1.003	0.048	0.58
	0.05	1.285	1.280	1.095	1.107	0.045	0.55
	0.1	1.295	1.290	1.100	1.114	0.043	0.52
	0.5	1.260	1.265	1.075	1.085	0.051	0.62
	1.0	1.245	1.250	1.070	1.082	0.053	0.65
	Zn0.5Al	1.070	1.086	0.779	0.804	0.055	0.67
	0.01	1.135	1.140	0.823	0.835	0.014	0.17
	0.05	1.148	1.150	0.843	0.855	0.011	0.13
	0.1	1.095	1.100	0.815	0.820	0.016	0.20
	0.5	1.087	1.090	0.807	0.824	0.020	0.24
	1.0	1.075	1.080	0.793	0.811	0.022	0.27

Потенциалҳои коррозияи озод ва пинтингҳосилкунии хӯлаҳои таҳқиқшуда бо афзоиши консентратсияи иловаҳои чавҳаронӣ (Ga, In, Tl) дар хӯлаҳои (Zn5Al ва Zn0.5Al) ба самти манфӣ майл менамоянд (расмҳои 3 ва 4, чадвали 3). Бо таҳқиқоти муқоисавӣ нишон дода шудааст, ки хӯлаҳосилкунии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо галлий ва индий нисбат ба таллий самаранок муносиб мебошад. Майлҳои назарраси потенциали статсионарӣ ба самти манфӣ, яъне ростхати Тафел ба вучуд меояд. Ҳамзамон бо ин зичии ҷараёни электрикии пасивнокии хӯлаҳои бо галлий ва индий чавҳаронидашуда, нисбат ба хӯлаҳои бо таллий чавҳаронидашуда, бошиддат зиёд намешаванд (расмҳои 1-4). Бо афзоиши консентратсияи хлорид-ионҳо камшавии потенциалҳои электрохимиявӣ хӯлаҳо мушоҳида мегардад (чадвали 3).



**Расми 3** – Вобастагии муқоисавии потенциали (х.с.э.) коррозияи озоди хӯлаҳои Zn5Al (а) ва Zn0.5Al (б) аз консентратсияи индий, дар муҳити электролити 0.03 (1); 0.3 (2) ва 3%-и (3) NaCl.



**Расми 4** – Вобастагии муқоисавии потенциали (х.с.э.) питтингҳосилкунии хӯлаҳои Zn5Al (а) ва Zn0.5Al (б) аз консентратсияи индий, дар муҳити электролити 0.03 (1); 0.3 (2) ва 3%-и (3) NaCl.

Бо зиёдшавии миқдори элементҳои зергурӯҳи галлий дар хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al потенциалҳои коррозияи озод ва питтингҳосилкунии хӯлаҳо ба самти манфӣ майл менамоянд, ки ин қонуният барои ҳамаи таркиби хӯлаҳои таҳқиқшаванда, аз ҷумла барои хӯлаҳои аввалия низ мушоҳида мегардад. Бузургӣҳои потенциалҳои питтингҳосилкунӣ ва коррозияи озоди хӯлаҳои таҳқиқшаванда бо афзоиши консентратсияи хлорид-ионҳо дар электролит ба самти бештари манфӣ майл менамоянд, махсусан дар муҳити 3%-и NaCl. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо ба галлий ба индий ва таллий потенциалҳои коррозияи озод ва питтингҳосилшавӣ дар муҳити электролити NaCl кам мегарданд (ҷадвали 3, расмҳои 3 ва 5).

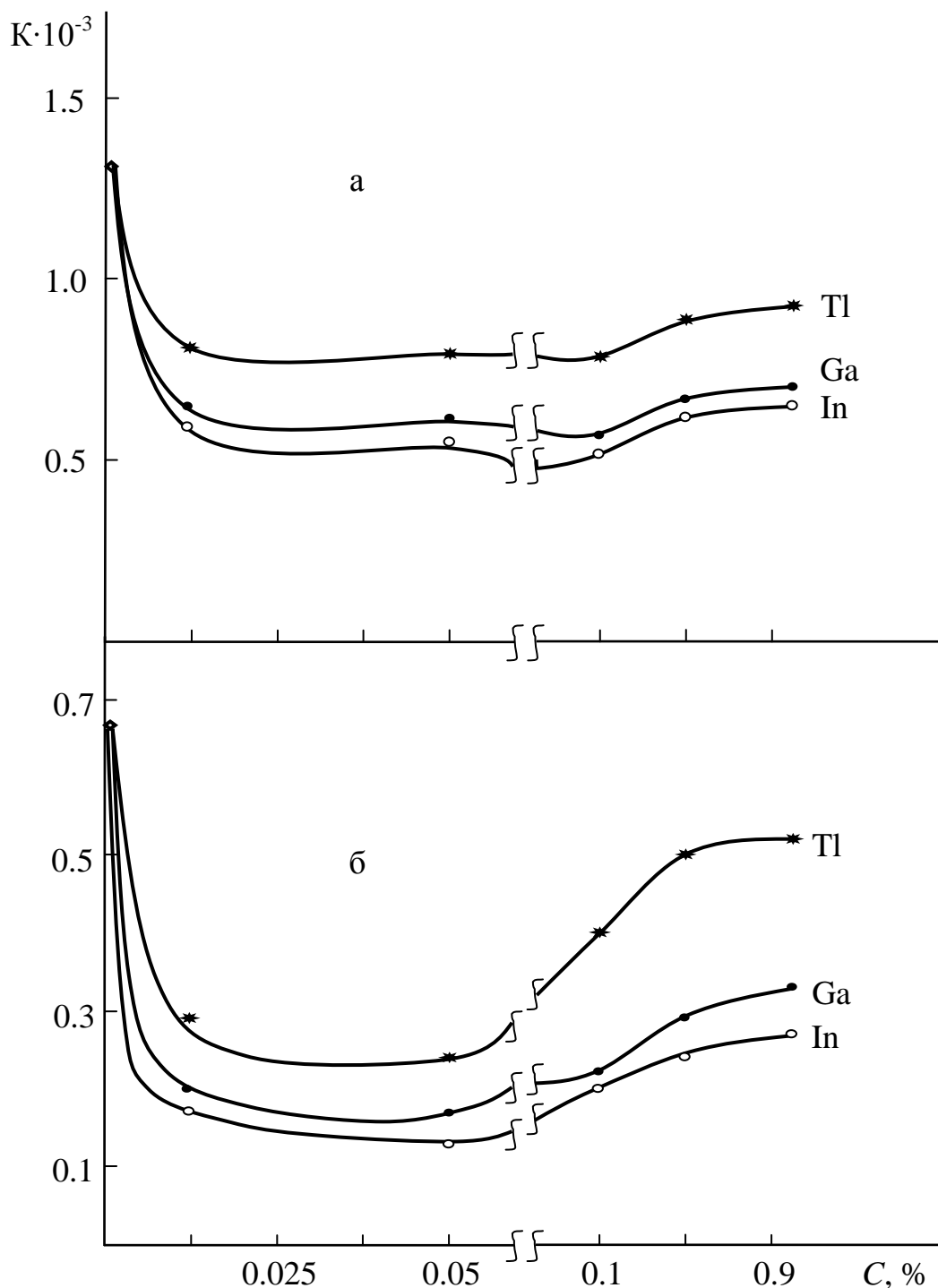
Бо таҳлили муқоисавӣ аниқ карда шудааст, ки иловаҳои метали зудгудоз (Ga, In, Tl) хӯлаҳои анодии (Zn5Al, Zn0.5Al)-ро ба депассивнокӣ ва майлдихӣи потенциали коррозияи ин хӯлаҳо ба самти манфӣ меоварад. Ин вобастагӣ чунин шарҳ дода мешавад, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ сараввал аз таркиби хӯла ба электролити таҳқиқотӣ мегузаранд, баъдан дар сатҳи хӯлаҳо, дар вобастагӣ аз реаксияҳои электрохимиявии мубодила бо руҳ ва алюминий, тақшон мегарданд, ки дар натиҷа маҳдудан пардаи оксидӣ дар сатҳи хӯлаҳо ҷудо мешавад, ки қобилияти фаъолгардонии ин хӯлаҳоро зохир менамояд, яъне ин раванди автокаталитикӣ мебошад.

**Чадвали 3** – Вобастагии муқоисавии потенциалҳои (э.х.н.) коррозияи озод (- $E_{корр.оз.}$ , В) ва питтингҳосилкунии (- $E_{п.х.}$ , В) ҳулаҳои руҳ-алюминий бо элементҳои зергурӯҳи галлий, дар муҳити нейтралӣ  $NaCl$

Муҳити $NaCl$ , %	Миқдори Ga дар ҳулаҳо, %-и вазнӣ	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$	Миқдори In дар ҳулаҳо, %-и вазнӣ	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$	Миқдори Tl дар ҳулаҳо, %-и вазнӣ	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$
		В			В			В	
3.0	<i>Zn5Al</i>	1.190	0.965	<i>Zn5Al</i>	1.190	0.965	<i>Zn5Al</i>	1.190	0.965
	<i>0.01</i>	1.238	1.030	<i>0.01</i>	1.278	1.090	<i>0.01</i>	1.208	1.005
	<i>0.05</i>	1.245	1.045	<i>0.05</i>	1.285	1.095	<i>0.05</i>	1.215	1.010
	<i>0.1</i>	1.258	1.050	<i>0.1</i>	1.295	1.100	<i>0.1</i>	1.225	1.025
	<i>0.5</i>	1.217	1.015	<i>0.5</i>	1.260	1.075	<i>0.5</i>	1.195	0.995
	<i>1.0</i>	1.212	1.000	<i>1.0</i>	1.245	1.070	<i>1.0</i>	1.180	0.985
	<i>Zn0.5Al</i>	1.070	0.779	<i>Zn0.5Al</i>	1.070	0.779	<i>Zn0.5Al</i>	1.070	0.779
	<i>0.01</i>	1.188	0.835	<i>0.01</i>	1.135	0.823	<i>0.01</i>	1.096	0.803
	<i>0.05</i>	1.200	0.875	<i>0.05</i>	1.148	0.843	<i>0.05</i>	1.106	0.816
	<i>0.1</i>	1.195	0.870	<i>0.1</i>	1.095	0.815	<i>0.1</i>	1.061	0.771
	<i>0.5</i>	1.160	0.795	<i>0.5</i>	1.087	0.807	<i>0.5</i>	1.045	0.764
	<i>1.0</i>	1.145	0.790	<i>1.0</i>	1.075	0.793	<i>1.0</i>	1.031	0.757

Аз расми 5 дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз ҳулаҳои аввалияи  $Zn5Al$  ва  $Zn0.5Al$  ба ҳулаҳо бо индӣ баъдан бо галлий ва таллий камшавии суръати коррозияи ҳулаҳои таҳқиқшуда мушоҳида мегардад, ки бо хосиятҳои элементҳои зергурӯҳи галлий ҳамгироӣ надорад. Бо зиёдшавии консентратсияи хлорид-ионҳо суръати коррозияи ҳулаҳои аввалия ва ҳулаҳои чавҳаронидашуда якҷанд афзоиш меёбанд (расми 5).

Бо таҳқиқоти муқоисавӣ аниқ карда шудааст, ки суръати коррозияи ҳулаҳо, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронида шудаанд, нисбат ба ҳулаҳои аввалияи  $Zn5Al$  ва  $Zn0.5Al$  2-5 маротиба кам мешаванд. Махсусан иловаҳои галлий ва индӣ дар ҳудуди консентратсияҳои омӯхташуда мусбат таъсир мерасонанд, яъне устувории коррозияи ҳулаҳои аввалияро дар муҳити нейтралӣ  $NaCl$  баланд менамоянд. Афзоиши баъдии консентратсияи таллий (беш аз 0.1%-и вазнӣ) суръати коррозияи ҳулаҳои аввалияро андаке зиёд менамояд, вале аз рӯи бузургии мутлақ нисбат ба ҳулаҳои аввалия камтар аст. Муқоисакунии ҳулаҳои аввалия нишон медиҳад, ки бузургҳои суръати коррозияи электрохимиявии ҳулаи  $Zn0.5Al$  нисбат ба ҳулаи  $Zn5Al$  камтар аст, пайгириона, ҳулаи  $Zn0.5Al$ , ки бо компоненти сеюм (Ga, In, Tl) чавҳаронида шудааст, нисбат ба ҳулаҳои  $Zn5Al$ -Ga(In, Tl), дорои кимати хурдтарини суръати коррозия мебошад. Дар ҳарду ҳолат камшавии суръати коррозияи ҳулаҳои аввалияи руҳ-алюминий ҳангоми чавҳаронии онҳо бо компоненти сеюм дида мешавад (расми 5). Ин вобастагӣ дар ҳама муҳитҳои таҳқиқотӣ мушоҳида мегардад (чадвали 2).



**Расми 5** – Таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ( $c$ , %-вазнӣ) ба суръати коррозияи  $K \cdot 10^{-3}$  (г/м<sup>2</sup>·ч) ҳулаҳои Zn5Al (а) ва Zn0.5Al (б), дар муҳити 3%-и NaCl.

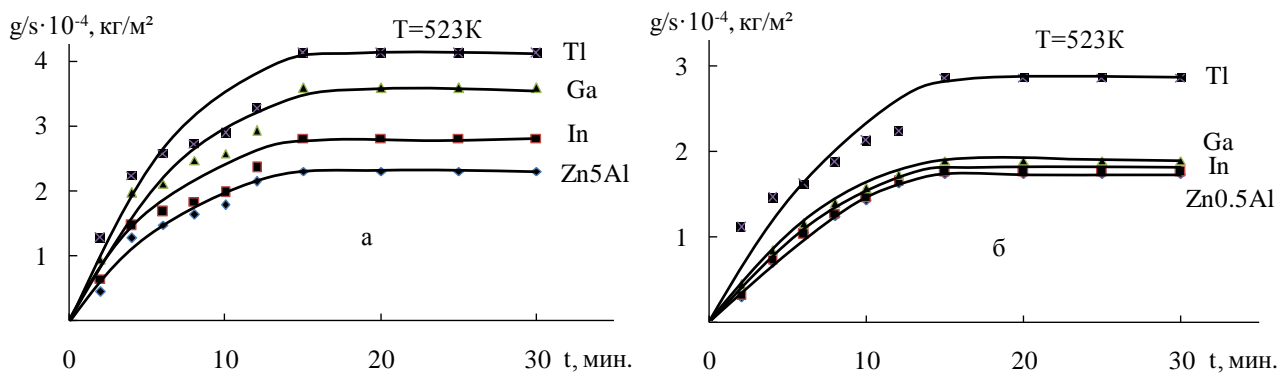
Дар мақсад, таҳқиқоти анҷомдодашуда нишон дод, ки иловаҳои галлий, индий ва таллий бо миқдорҳои 0.01–0.1%-и вазнӣ устувории анодии ҳулаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al–ро дар муҳити нейтралӣ баланд менамоянд. Таркиби коркарднамудаи ҳулаҳо метавонанд ба сифати протекторҳо ва рӯйпӯшҳо ҳангоми муҳофизати анодии маснуоти металлӣ, махсусан барои ҳифзи иншоотҳо ва конструкцияҳои пӯлодӣ дар муҳитҳои агрессивӣ аз коррозия истифода шаванд.

## ОКСИДШАВИИ БАЛАНДҲАРОРАТИИ ХҶЛАҲОИ РУҶ-АЛЮМИНИЙ, КИ БО ГАЛЛИЙ, ИНДИЙ ВА ТАЛЛИЙ ҶАВҲАРОНИДА ШУДААНД, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

*Усули таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо ва маҳсули оксидшавии онҳо.* Оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо дар ҳолати сахт бо усули термогравиметрӣ омӯхта шуд. Барои гузаронидани таҳқиқот аз дастгоҳ, ки аз кӯраи муқовимати карбонӣ бо чилдпушонӣ аз оксиди алюминий иборат аст, истифода карда шуд. Барои сохтани атмосфераи назоратӣ қисми болоии охири чилд бо сарпӯши обхунуккунанда маҳкам карда шуд, ки дорои сурӯҳи барои найчаи газгузарон, термпараҳо ва бӯта бо хӯлаи таҳқиқшаванда буда, намунаи хӯлаҳо ба ноқили платинавӣ овезон карда шуданд. Тағйирёбии вазни хӯлаҳо бо ёзандагии ноқил тавассути катетометр КМ-8, ки ҳудуди ченкунии 0.0-0.5 м –ро дорад, қайд карда шуд. Барои амаликунии таҳқиқотҳо бӯта аз оксиди алюминий, ки андозаҳои зеринро (қутр 18-20 мм, баландӣ 25-26 мм) дорад, истифода гардид. Бӯтаҳо пеш аз таҳқиқот дар ҳарорати 1000-1200 °С то вазни доимӣ тафсонӣ дода шуд. Ҳарорат бо термпараи платина-платинородӣ чен карда шуд. Пас аз интиҳои таҳқиқот система хунук карда шуда, сатҳи реаксионӣ он муайян карда шуд. Баъдан қабатҳои оксидии ҳосилшуда аз сатҳи намунаҳои хӯлаҳо ҷудо карда шуда, бо усули рентгенофазавии таҳлил омӯхта шуд. Таҳлили рентгенофазавӣ дар дифрактометри ДРОН-2.0 анҷом дода шуда, дифрактограммаҳо тавассути  $K_{\alpha}$ -нурафкани мисӣ аксбардорӣ гардид.

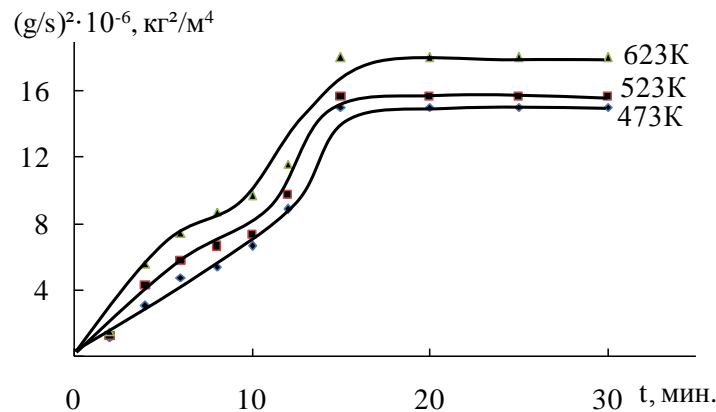
Барои гузаронидани таҳқиқоти раванди оксидшавии хӯлаҳо намунаҳои хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$  бо 0.01-1.0%-и вазнӣ элементҳои зергурӯҳи галлий ҳосил карда шуд. Барои омӯзиши кинетикаи оксидшавии хӯлаҳо дар муҳити ҳаво афзоиши вазни намунаҳои хӯла бо афзудани қабати оксидӣ дар вобастагӣ аз вақт ҳангоми ҳароратҳои доимии 473, 523 ва 623 К чен карда шуд. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ бо расиши саршавӣ аз меҳвар ба қачхатта аз рӯи муодилаи:  $K = g/s \cdot \Delta t$  ва қимати энергияи босамари фаълшавии раванди оксидшавӣ бошад, аз рӯи тангенс кунҷии майлони рост дар вобастагӣ аз  $lgK - 1/T$  ҳисоб карда шуд.

Қачхатҳои кинетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои таҳқиқшуда, ки хусусияти дараҷавӣ дорад, шиддатнокии суръати оксидшавиро дар 10-12 дақиқаҳои аввал ва баъдан сустшавии ниҳии раванди оксидшавиро зоҳир менамоянд. Сустшавии суръати оксидшавии хӯлаҳо ҳангоми афзоиши қабати оксидии сатҳи онҳо ба вучуд меояд. Таҳлили муқоисавии қачхатҳои (523 К) раванди оксидшавии хӯлаҳо нишон медиҳад, ки иловаҳои 0.05%-и вазнии галлий ва индий андаке оксидшавии хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{0.5}Al$ -ро афзун намуда, иловаи (0.05%-и вазнӣ) таллий бошад, суръати оксидшавии хӯлаҳои аввалияро намоён зиёд менамояд (расми 6). Қонуниятҳои аниқшуда бо қиматҳои нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳои саҳти таҳқиқшуда тасдиқ мешавад, яъне бо афзоиши ҳарорат баландшавии суръати оксидшавии хӯлаҳо мушоҳида мегардад. Воридкунии иловаҳои камтарини Ga, In ва Tl ба хӯлаҳои Zn-Al нисбати иловаҳои назарраси онҳо оксидшавии хӯлаҳои аввалияро андаке кам менамоянд (расмҳои 6-8, ҷадвалҳои 4, 5).



**Расми 6** – Качхатҳои кинетикии (523K) раванди оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al (а) ва Zn0.5Al (б), ки 0.05%-и вазнӣ галлий, индий ва таллий доранд.

Самти качхатҳои кинетикӣ хусусияти гиперболии механизми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро ишора менамояд (расми 6). Хусусияти хати рост надоштан дар меҳвари  $(g/s)^2-t$  (расми 7) аз ин шаҳодат медиҳад, инчунин ин ҳолат аз вобастагиҳои таҳлилии  $y = Kt^n$ , ки дар ин ҷо  $n = 2 \div 5$  низ дида мешавад (ҷадвали 4).

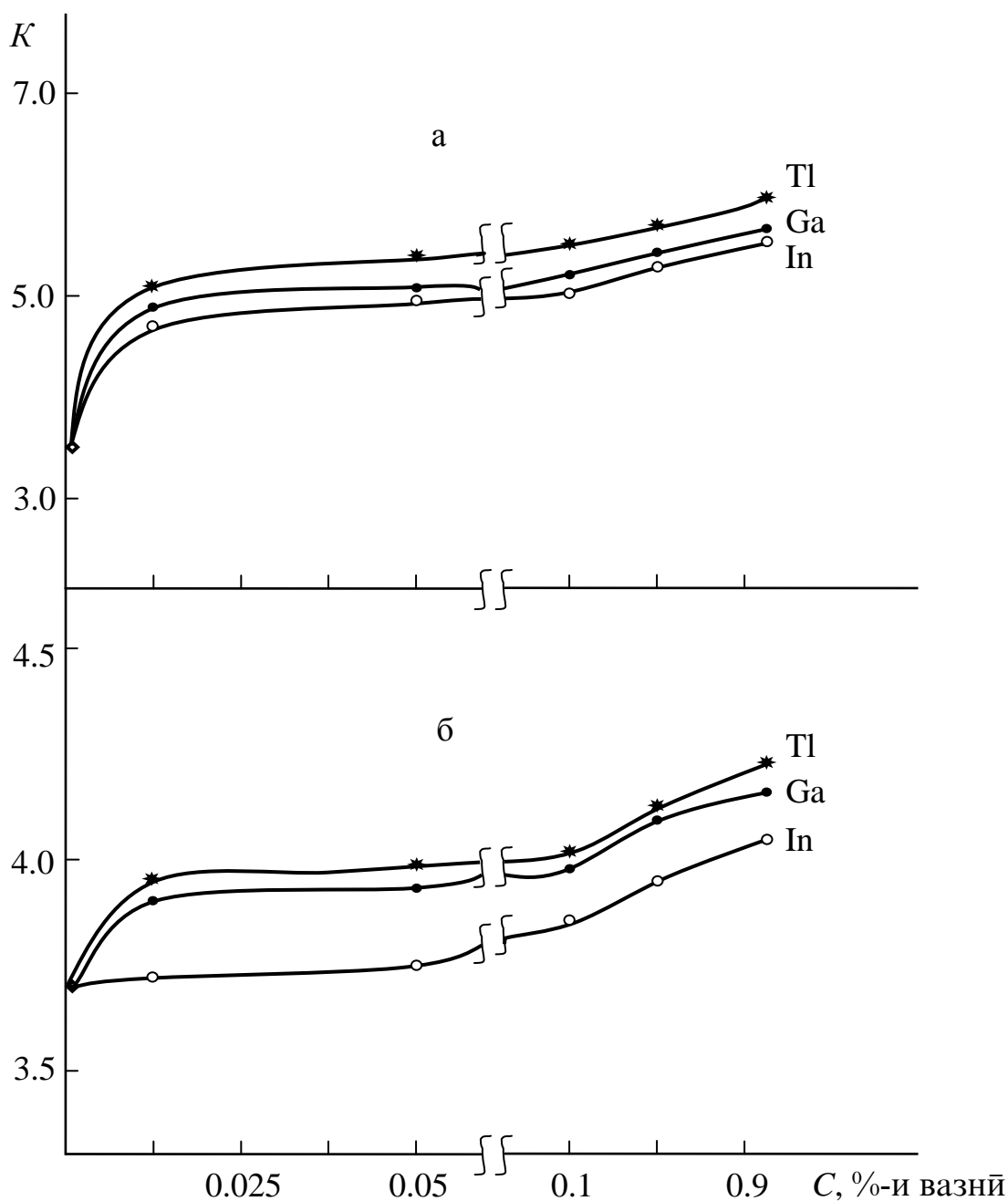


**Расми 7** – Качхатҳои мураббаъи раванди оксидшавии баландҳарорати хӯлаи Zn5Al, ки 1.0%-и вазнӣ галлий дорад.

**Ҷадвали 4** – Натиҷаҳои коркарди качхатҳои кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn5Al, ки бо (0.5% аз) элементҳои зергурӯҳи галлий ҷавҳаронида шудаанд

Миқдори компоненти ҷавҳаронӣ дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои качхатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаҳо	Зариби ҳамгирӣ R, %
-	473	$y = -2E - 06x^4 + 0.000x^3 - 0.017x^2 + 0.337x - 0.212$	0.993
	523	$y = -7E - 06x^4 + 0.000x^3 - 0.022x^2 + 0.371x - 0.102$	0.969
	623	$y = -2E - 05x^4 + 0.001x^3 - 0.050x^2 + 0.618x - 0.385$	0.985
0.5Ga	473	$y = -2E - 05x^5 + 0.001x^4 - 0.036x^3 + 0.343x^2 - 2.008x + 1.910$	0.970
	523	$y = -3E - 05x^5 + 0.002x^4 - 0.050x^3 + 0.540x^2 - 3.117x + 3.105$	0.968
	623	$y = -3E - 05x^5 + 0.002x^4 - 0.066x^3 + 0.776x^2 - 4.787x + 5.436$	0.969
0.5In	473	$y = -3E - 05x^5 + 0.000x^4 - 0.012x^3 + 0.117x^2 - 0.970x + 1.009$	0.981
	523	$y = -1E - 05x^5 + 0.000x^4 - 0.019x^3 + 0.200x^2 - 1.439x + 1.313$	0.980
	623	$y = -2E - 05x^5 + 0.001x^4 - 0.042x^3 + 0.516x^2 - 3.420x + 4.086$	0.971
0.5Tl	473	$y = -3E - 05x^5 + 0.001x^4 - 0.046x^3 + 0.459x^2 - 2.695x + 2.041$	0.972
	523	$y = -3E - 05x^5 + 0.002x^4 - 0.063x^3 + 0.684x^2 - 4.017x + 3.505$	0.970
	623	$y = -4E - 05x^5 + 0.002x^4 - 0.076x^3 + 0.886x^2 - 5.521x + 5.494$	0.972

Барои таҳлили муқоисавӣ дар намуди умумӣ натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири иловаҳои галлий, индий ва таллий ба кинетикаи раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои руҳ-алюминий  $Zn_{5Al}$  ва  $Zn_{0.5Al}$  дар расми 8 ва ҷадвали 5 оварда шудааст. Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо галлий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо индий камшавии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва афзоиши энергияи самараноки фаъолшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда мушоҳида мегардад. Баъдан ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо индий ба хӯлаҳо бо таллий оксидшавии хӯлаҳо андаке афзоиш меёбад ва дар ин ҳолат энергияи баҳамтаъсироти хӯлаҳои таҷрибавӣ дар ҳудуди консентратсияҳои таҳқиқотӣ кам мегардад (расми 8, ҷадвали 5).



**Расми 8** – Вобастагии муқоисавии тағйирёбии суръати миёнаи ҳақиқии  $K \cdot 10^{-4}$  ( $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ ) хӯлаҳои  $Zn_{5Al}$  (а) ва  $Zn_{0.5Al}$  (б) аз миқдори ( $C$ , %-и вазнӣ) элементҳои зергурӯҳи галлий.



**Чадвали 5** – Вобастагии муқоисавии энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al аз миқдори элементҳои зергурӯҳи галлий

Ҳарорати оксидшавӣ, К	Компоненти чавҳаронии хӯлаҳои Zn-Al	Энергияи самараноки фаъолшавӣ, кҶ/мол					
		Миқдори иловаҳо, %-и вазнӣ					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
473 523 623	Zn5Al	128.4	-	-	-	-	-
	Ga	-	116.3	109.8	98.6	89.0	81.5
	In	-	120.5	111.7	100.6	93.3	85.0
	Tl	-	113.5	102.6	93.5	84.2	73.7
	Zn0.5Al	168.4	-	-	-	-	-
	Ga	-	143.6	140.5	135.2	126.8	120.0
	In	-	156.6	152.0	144.3	133.7	128.1
	Tl	-	137.7	134.8	130.4	122.0	116.5

Ҳамин тавр, динамикаи тағйирёбии афзоиши вазнҳои намунаҳои хӯлаҳо аз вақт ҳангоми дар ҳама ҳароратҳои таҳқиқшуда метавон аз рӯи вобастагии тағйирёбии таркиби компоненти чавҳаронӣ дар ҳудуди концентратсияҳои таҳқиқшуда пайгирӣ намуд. Хӯлаҳои таҳқиқотӣ дар ибтидои раванди оксидшавии баландҳароратӣ тавассути баҳамтаъсири бошиддат бо оксигени ҳаво шарҳ дода мешавад. Хӯлаҳои руҳ-алюминий, ки 0.01-0.05%-и вазнӣ компоненти чавҳаронӣ доранд ба оксидшавӣ устувории баландро зоҳир менамоянд (расмҳои 6, 8).

Дар мақсад, бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти баҳамтаъсири хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al, ки бо элементҳои зергурӯҳи галлий чавҳаронида шудаанд, ҳангоми ҳароратҳои 473, 523 и 623 К дар оксигени ҳаво ва ҳолати саҳт анҷом дода шудааст. Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо муайян карда шудааст. Аниқ карда шудааст, ки оксидшавии хӯлаҳо ба қонунияти гиперболӣ итоат менамояд, суръати ҳақиқии оксидшавӣ дорои тартиби  $10^{-4}$  аст. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ба вучуд меоянд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои элементҳои зергурӯҳи галлий дар ҳудуди концентратсионии 0.01-0.05%-и вазнӣ оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al –ро андаке зиёд менамоянд, ки мутаносибан барои истифодабарӣ ба сифати протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ барои муҳофизати маснуот, констрuksияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия тавсия мешаванд.

## ХУЛОСАҲО

1. Бо усули потенциостатикӣ таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с), дар муҳити электролити NaCl бо концентратсияҳои гуногун нишон дода шудааст, ки суръати коррозияи хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al ҳангоми чавҳаронидан бо галлий, индий ва таллий (0.01-0.1 %-и вазнӣ) 2-5 маротиба кам мегарданд. Дар ин вақт майлқунии потенциалҳои коррозия, питтингҳосилқунии ва

репассиватсияи хӯлаҳо ба самти қиматҳои манфӣ дида мешавад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои чавҳаронидашуда бо галлий ба хӯлаҳои бо индий суръати коррозияи хӯлаҳо кам мешаванд, вале баъдан ба хӯлаҳои бо таллий андаке афзоиш меёбад, мутаносибан дар муҳитҳои гуногуни электролити NaCl, ки дар мақсад бо тағйирёбии хосиятҳои элементҳои зергурӯҳи галлий мутобиқат менамояд. Аниқ карда шудааст, ки суръати коррозияи хӯлаи Zn0.5Al нисбат ба хӯлаи Zn5Al камтар аст, пайгириона, қимати камтарини суръати коррозия ба хӯлаҳои системаҳои Zn0.5Al-Ga (In, Tl) маҳсуб мешавад. Муқоисакунии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al, ки бо галлий, индий ва таллий коркард шудааст, нишон медиҳад, ки хӯлаҳои бо индий нисбат ба хӯлаҳои бо галлий ва таллий сохтори хеле хурд доранд. Пайгириона, аз байни металлҳои чавҳаронии зергурӯҳи галлий, индий модификатори самараноки структураҳои хӯлаҳои Zn-Al маҳсуб мегардад.

2. Бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти кинетикаи баландҳароратии оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо галлий, индий ва таллий, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво анҷом дода шудааст. Хусусияти гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, бо афзоиши ҳарорат ва миқдори металл аз зергурӯҳи галлий дар хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al суръати оксидшавӣ андаке зиёд мешавад. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ дорои тартиби  $K \cdot 10^{-4}$ ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  аст. Энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо (дар ҳудуди концентратсияи омӯхташуда) ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо галлий ба хӯлаҳои индий зиёд гардида, баъдан ба хӯлаҳои бо таллий кам мегардад. Нишон дода шудааст, ки хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо таллий бузургии минималии энергияи фаъолшавӣ ва қимати суръати бештарини оксидшавиро доранд, вале хӯлаҳои бо индий чавҳаронидашуда – дорои қимати максималии энергияи самараноки фаъолшавӣ ва суръати ҳақиқии камтарини оксидшавӣ аст. Хӯлаҳои руҳ-алюминий бо галлий ҳолати мобайниро ишғол менамоянд. Муайян карда шудааст, ки компонентҳои чавҳаронӣ дар меъёри 0.01-0.1%-и вазнӣ оксидшавии хӯлаҳои анодии Zn5Al ва Zn0.5Al –ро андаке зиёд менамоянд.

3. Бо усули рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al, ки элемент аз зергурӯҳи галлий доранд, инчунин нақши онҳо дар бавучудории механизми раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои – ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ҳосил мешаванд.

4. Микроструктураҳои хӯлаҳои руҳ-алюминий, ки бо галлий, индий ва таллий чавҳаронида шудаанд, дар микроскопи SEM навъи AIS-2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои чавҳаронӣ (Ga, In, Tl), махсусан галлий ва индий структураҳои хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al –ро намоён хурд менамоянд. Хӯлаҳои руҳ-алюминий бо таллий нисбат ба хӯлаҳои бо галлий ва индий структураҳои калонҳаҷм доранд.

5. Таркиби хӯлаҳои нави ба коррозия устувори коркардшуда ҳамчун протекторҳо ва руйпӯшҳои анодӣ истифодашаванда бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 793 ҳифз карда шудаанд.

**Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар интишороти зерин инъикос гардидааст**  
*Мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди  
Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд:*

1. Одинаева, Н.Б. Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного индием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, **Ф.Р. Сафарова**, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Вестник Таджикского технического университета.– 2014. – № 4 (28). – С. 73-76.
2. **Сафарова, Ф.Р.** Анодное поведение сплава Zn5Al, легированного галлием, в среде электролита NaCl / Ф.Р. Сафарова, Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – ТТУ. – 2016. – Т. 1. – № 1 (33). – С. 21-25.
3. **Сафарова, Ф.Р.** Анодное поведение сплава Zn5Al, легированного индием, в среде электролита NaCl / Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов, Д.Б. Бободжонов, В.Д. Абулхаев, И.Н. Ганиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2017. – Т. 60. – № 1-2. – С. 86-89.
4. Одинаева, Н.Б. Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием, в твердом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, **Ф.Р. Сафарова** // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – Таджикский технический университет им. М.С. Осими. – 2018. – № 1 (41). – С. 113-119.
5. **Сафарова, Ф.Р.** Кинетика окисления сплава Zn5Al, легированного галлием, в твёрдом состоянии / Ф.Р. Сафарова, И.Н. Ганиев, Н.Б. Одинаева, З.Р. Обидов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2018. – Т. 61. – № 3. – С. 258-264.
6. Одинаева, Н.Б. Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного индием, в твёрдом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, **Ф.Р. Сафарова**, И. Латипов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2017.– № 4(169). – С. 90-98.
7. Одинаева, Н.Б. Высокотемпературное окисление сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в твёрдом состоянии / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, **Ф.Р. Сафарова**, М. Максудов // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2018. – Т. 61. – № 2. – С. 165-171.
8. **Сафарова, Ф.Р.** Сравнительное исследование анодного поведения сплава Zn5Al с таллием, в нейтральной среде / Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов, Ш.А. Каримова, А.Д. Шамсиддинов // Вестник современных исследований. – 2018. - № 5-1(20). – С. 685-688.

*Ихтироот:*

9. Малый патент Республики Таджикистан № ТҶ 793. Цинк-алюминиевый сплав / **Ф.Р. Сафарова**; заявитель и патентообладатель: З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов, Ф.Р. Сафарова, Н.Б. Одинаева / № 1601022; заявл. 31.03.16, опубл. 12.10.16, бюл. 63, 2016. – 2 с.

*Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳо нашршуда:*

10. Одинаева, Н.Б. Влияние индия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев,

- Ф.Р. Сафарова**, З.Р. Обидов // Сб. матер. Межд. конф. «Комплексные соединения и аспекты их применения». – ТНУ. – 2013. – С. 30-32.
11. Одинаева, Н.Б. Коррозионно-электрохимическое поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, **Ф.Р. Сафарова**, З.Р. Обидов // Матер. Респ. научно-практ. конф. «Достижение инновационной технологии композиционных материалов и их сплавов для машиностроения». – ТГПУ им. С. Айни.– 2014. – С. 35-36.
12. Одинаева, Н.Б. Влияние галлия и таллия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, **Ф.Р. Сафарова**, З.Р. Обидов // Матер. VII Межд. научно-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования». – ТТУ. – 2014. – С. 192-193.
13. Одинаева, Н.Б. Влияние галлия на потенциал свободной коррозии сплава Zn+0.5% Al, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, **Ф.Р. Сафарова**, З.Р. Обидов // Сб. тез. докл. науч. конф. «Актуальные проблемы современной науки». – Филиал НИТУ «МИСиС» в г. Душанбе. – 2015. – С. 30.
14. Обидов, З.Р. Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в среде электролита NaCl / З.Р. Обидов, Н.Б. Одинаева, **Ф.Р. Сафарова**, М.К. Эшбоева // Сб. матер. Всеросс. междунар. науч.-практ. конф. «Новые технологии – нефтегазовому региону ТюмГНГУ». – Тюмень. – 2015. – Т. 4. – С. 60-62.
15. Одинаева, Н.Б. Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного таллием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, **Ф.Р. Сафарова**, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан». – Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан.– 2016. – С. 77-79.
16. **Сафарова, Ф.Р.** Потенциодинамическое исследование сплава Zn5Al, легированного галлием / Ф.Р. Сафарова, З.Р. Обидов, Д.С. Бободжонов, И.Н. Ганиев // Сб. Матер. межд. науч.-практ. конф. «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе». – Тюмень. – 2016. – Т. 2. – С. 226-228.
17. Одинаева, Н.Б. Анодное поведение сплава Zn+0.5% Al, легированного галлием, в среде электролита NaCl / Н.Б. Одинаева, И.Н. Ганиев, **Ф.Р. Сафарова**, З.Р. Обидов // Сб. матер. XIII Нумановские чтения». – Институт химии АН Республики Таджикистан. – 2016. – С. 144-146.
18. **Сафарова, Ф.Р.** Потенциодинамическое исследование сплава Zn5Al, легированного индием / Ф.Р. Сафарова, Д.С. Бободжонов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Сб. матер. XIII Нумановские чтения», Институт химии АН Республики Таджикистан. – 2016. – С. 158-160.
19. **Сафарова, Ф.Р.** Анодное поведение сплава Zn5Al, легированного таллием, в среде электролита NaCl / Ф.Р. Сафарова, Д.С. Бободжонов, З.Р. Обидов // Сб. статей Межд. научно-практ. конф. «Научные достижения и открытия современной молодёжи». – в 2-х частях. – Ч.1. – Пенза. – 2017. – С. 249-251.

## АННОТАТСИЯ

**ба диссертатсияи Сафарова Фарзона Рачабалиевна «Таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба рафтори коррозиони хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ ва муҳофизат аз коррозия**

*Мақсади таҳқиқот* ин омӯзиши таъсири элементҳои зергурӯҳи галлий ба рафтори коррозиони хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al ва коркарди таркиби оптималии хӯлаҳо мебошад, ки метавонанд ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодии босамар барои баланднамоии устувории констрӯксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ ба коррозия истифода шаванд.

Ба сифати маводи аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва галлий, индий ва таллий металии тамғаҳои Ga-00, In-00 ва Tl-00 истифода гардидааст.

Бо усули потенциостатикӣ таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с), дар муҳити электролити NaCl бо концентратсияҳои гуногун нишон дода шудааст, ки суръати коррозияи хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al ҳангоми бо галлий, индий ва таллий ҷавҳаронидан (0.01-0.1 %-и вазнӣ) 2-5 маротиба кам мегардад. Қонуниятҳои тағйирёбии нишондиҳандаҳои асосии электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пitting-ҳосилшавӣ ва репассиватсия) хӯлаҳо аз миқдори компонентҳои ҷавҳаронӣ ва ионҳои хлор аниқ карда шудааст.

Бо усули термогравиметрӣ таҳқиқоти кинетикаи баландҳароратии оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо галлий, индий ва таллий, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво анҷом дода шудааст. Хусусияти гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки хӯлаҳои руҳ-алюминий бо таллий бузургии минималии энергияи фаъолшавӣ ва қимати суръати бештарини оксидшавиро зохир намуда, вале хӯлаҳо, ки бо индий ҷавҳаронида шудааст – дорои қимати максималии энергияи самараноки фаъолшавӣ ва суръати ҳақиқии камтарини оксидшавӣ мебошанд. Хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al бо галлий бошад ҳолати фосилавиро ишғол менамоянд. Муайян карда шудааст, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ дар меъёри 0.01-0.05 %-и вазнӣ оксидшавии хӯлаҳои аввалияро каме зиёд менамоянд.

Таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn0.5Al, ки элементҳои зергурӯҳи галлийро доранд ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда аз оксидҳои ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> иборат аст.

Микроструктураҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда дар микроскопи SEM навъи AIS2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои ҷавҳаронӣ (Ga, In, Tl), махсусан индий структураи хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al-ро намоён хурд менамояд. Хӯлаҳои руҳ-алюминий бо таллий нисбат ба хӯлаҳо бо галлий структураҳои калонҳаҷм доранд. Таркиби хӯлаҳои нави ба коррозия устувори коркардшуда, ки ҳамчун протекторҳо ва рӯйпӯшҳои анодӣ истифода мешаванд, бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 793 ҳифз карда шудаанд.

Диссертатсия аз муқаддима, тавсифи умумии рисола, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замима иборат аст. Рисолаи диссертатсионӣ дар 146 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 43 ҷадвал ва 73 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 120 номгӯй иборат аст.

Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 18 мақола ба нашр расидааст, аз ҷумла 8 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон; 10 мақола дар маводҳои конферонсҳои байналмилалӣ ҷумҳуриявӣ ва 1 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* хӯлаҳои Zn5Al ва Zn0.5Al, галлий, индий, таллий, усулҳои потенциостатикӣ ва термогравиметрӣ, таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва рентгенофазавӣ, ҳосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ, рафтори анодии хӯлаҳо.

**АННОТАЦИЯ**  
**к диссертации Сафаровой Фарзоне Раджабалиевны**  
**«Влияние элементов подгруппы галлия на коррозионное поведение сплавов**  
**Zn5Al и Zn0.5Al», представленной на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук по специальности 05.17.03 – технология**  
**электрохимических процессов и защита от коррозии**

*Цель работы* заключается в исследовании влияния элементов подгруппы галлия на коррозионное поведение цинк-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn0.5Al и разработке оптимального состава сплавов, которые могут использоваться в качестве анодных эффективных протекторов и покрытий для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций, изделий и сооружений.

В качестве объекта исследования использовались цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и металлический галлий, индий и таллий марок Ga-00, In-00 и Tl-00.

Потенциостатическим методом исследования в потенциодинамическом режиме (скорость развёртки потенциала 2 мВ/с), в среде электролита NaCl различной концентрации показано, что скорость коррозии сплавов Zn5Al и Zn0.5Al уменьшается в 2-5 раза при легировании их галлием, индием и таллием (0.01-0.1 мас.%). Установлены закономерности изменения основных электрохимических показателей (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от содержания легирующих компонентов и хлорид-иона.

Методом термогравиметрии исследована кинетика высокотемпературного окисления сплавов Zn5Al и Zn0.5Al с галлием, индием и таллием, в твёрдом состоянии, кислородом воздуха. Установлен гиперболический характер процесса окисления сплавов. Выявлено, что цинк-алюминиевые сплавы с таллием имеют минимальные величины энергии активации и наибольшее значение скорости окисления, а сплавы, легированные индием - максимальные значения эффективной энергии активации и наименьшей истинной скоростью окисления. Сплавы Zn5Al и Zn0.5Al с галлием занимает промежуточное положение. Определено, что легирующие компоненты в пределах 0.01-0.05 мас.% незначительно увеличивают окисляемость исходных сплавов.

Фазовый состав продуктов окисления цинк-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn0.5Al, содержащих элементов подгруппы галлия и их роль в процессе окисления определены методом рентгенофазового анализа. Показано, что продукты окисления исследованных сплавов состоят из оксидов ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Микроструктуры исследованных сплавов изучены на микроскопе SEM серии AIS2100. Показано, что легирующие элементы (Ga, In, Tl), особенно индий значительно измельчают структуру сплавов Zn5Al и Zn0.5Al. Цинк-алюминиевые сплавы с таллием имеют наиболее крупную структуру, чем сплавы с галлием. Составы, разработанных новых коррозионностойких сплавов в качестве анодных протекторов и покрытий, защищены малым патентом Республики Таджикистан № TJ 793.

Диссертация состоит из введения, общая характеристика работы, обзора литературы, трёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 146 страницах компьютерного набора, включает 43 таблиц, 73 рисунков. Список литературы включает 120 наименований.

По результатам исследований опубликовано 18 работ, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан; в 10 материалах международных и республиканских конференций и получено 1 патент Республики Таджикистан на составы разработанных сплавов.

*Ключевые слова:* сплавы Zn5Al и Zn0.5Al, галлий, индий, таллий, потенциостатические и термогравиметрические методы, микрорентгеноспектральные и рентгенофазовые анализы, коррозионно-электрохимические свойства, анодное поведение.

## ANNOTATION

### **on Farzona Rajabalieva's dissertation "Influence of elements of a subgroup of gallium on corrosion behaviour of Zn5Al and Zn0.5Al alloys», wич represented for getting science degrees of candidate of technical science on 05.17.03 – technology of electrochemical processes and protection against corrosion**

*The work purpose* consists in research of influence of elements of a subgroup of gallium on corrosion behaviour zinc-aluminium of alloys Zn5Al and Zn0.5Al and working out of optimum structure of alloys which can be used as anode effective protectors and coverings for increase of corrosion firmness of steel designs, products and constructions.

As object of research were used zinc of mark ChC (granulated), aluminium of mark A7 and gallium, indium and thallium metals of marks Ga-00, In-00 and Tl-00.

Potentiostatical method of research in potentiodynamical a mode (speeds of development of potential 2 mv/c), in medium of electrolyte NaCl to the various environment it is established, that speed of corrosion of alloys Zn5Al and Zn0.5Al decreases in 2-5 times at alloyed with gallium, indium and thallium (0.01-0.1 wt.%). Laws of change of the basic electrochemical characteristics (corrosion potentials, pitting formation and repassivical) alloys from the maintenance of alloying components and chlorides-ions are established.

Kinetic high-temperature oxidation of alloys Zn5Al and Zn0.5Al with gallium, indium and thallium, in a firm condition it is investigated by a method thermo gravimetric in the air environment. Hyperbolic character of oxidation of the given alloys is established. Showed, that zinc-aluminium of alloys with thallium the minimum sizes of energy of activation and the greatest have speeds of oxidation, and the alloys alloyed indium - the maximum values of effective energy and the least of true speed of oxidation. The alloys Zn5Al and Zn0.5Al with gallium occupy intermediate position. It is defined, that alloying components within 0.01-0.05 wt.% slightly increase oxidability of an initial alloys.

Phase structure of products of oxidation zinc-aluminium of the alloys Zn5Al and Zn0.5Al, containing elements of a subgroup of gallium and their role in the course of oxidation are defined by a method X-ray the analysis. Showed, that products of oxidation of the studied alloyed double and three fold alloys consist from oxidation ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Microstructures of the investigated alloys are studied on microscope SEM of series AIS2100. Showed, that alloying elements (Ga, In, Tl), especially indium considerably crush structure of alloys Zn5Al and Zn0.5Al. Zinc-aluminium an alloys with thallium have the largest structure, than alloys with gallium. The structures, developed new corrosion stability alloys as anode protectors and coverings are protected by the small patent of Republic Tajikistan № TJ 793.

The dissertation consists of introduction, work general characteristics, the review of the literature, three heads, conclusions, the list of the literature and appendices. Work is stated on 146 pages of a computer set, includes 43 tables, 73 drawings. The literature list includes 120 names.

By results of researches 18 papers, including 8 articles in the journals recommended HAK at the President of Republic Tajikistan are published; in 10 materials of the international and republican conferences and 1 patent of Republic Tajikistan for structures of the developed alloys also are received.

*Key words:* alloys Zn5Al and Zn0.5Al, gallium, indium and thallium, potentiostatical and thermogravimetric methods, electron microprobe and x-ray diffraction, corrosion-electrochemical properties, anodic behaviour of alloys.

Ба чоп 16.01.2019с. ичозат шуд. Ба чоп 18.01.2019с. имзо шуд.  
Коғазӣ офсетӣ. Чопи офсетӣ. Ҳуруфи адабӣ.  
Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 1,5.  
Тъёдои нашр 100 нусха.

---

Нашриёти «Донишварон»  
734063, ш. Душанбе, кӯчаи Аммонал, 3/1  
тел.: 915-14-45-45. E-mail: donishvaron@mail.ru

