

*Бо ҳуқуқи дастнавис*



**АЛИХОНОВА Сурайё Чамшедовна**

**КОРРОЗИЯИ ХҶЛАҲОИ  $Zn_{5Al}$  ВА  $Zn_{55Al}$   
БО СЕРИЙ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ**

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

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
номзади илмҳои химия

Душанбе – 2017

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

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

номзади илмҳои техникӣ, дотсент  
**Обидов Зиёдулло Раҳматович**

**Муқарризони расмӣ:** доктори илмҳои техникӣ, профессор,  
сарҳодими илмии Агентии амнияти ядрой  
ва радиатсионии АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон  
**Назаров Холмурод Марипович**

номзади илмҳои химия, ходими пешбари  
илмии Институти физикаю техникаи АИ  
Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи С.У. Умаров  
**Сафаров Амиршо Ғоибович**

**Муассисаи пешбар:** кафедраи «Технология ва мошиншиносӣ»-и  
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон  
ба номи С. Айни

Ҳимояи диссертатсия 17 январи соли 2018, соати 11<sup>00</sup> дар ҷаласаи  
Шӯрои диссертатсионии 6Д.КOA-007 назди Институти кимиёи АИ  
Ҷумҳурии Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин баргузор мегардад.  
Суроға: 734063, ш.Душанбе, хиёбони Айни, 299/2.  
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

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

Автореферат санаи «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2017 аз рӯйи  
фехристи пешниҳодшуда, ирсол карда шудааст.

**Котиби илмии  
шӯрои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои химия**



**Норова М.Т.**

## ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

*Мубрам будани мавзӯи диссертатсия.* Мубориза зидди коррозия ва тақвиятдиҳии усулҳои он дар соҳаҳои саноати аҳамияти зиёд дорад, зеро имконият медиҳад, ки талафоти иқтисодии таҷҳизоти технологӣ аз коррозия кам гардида, қобилияти афзуншавии рушди минбаъдаи техникӣ зоҳир гардад. Таҳқиқоти бунёдии равандҳои коррозия қобилияти рушди минбаъдаро дар ин соҳа таъмин менамояд. Ҳамин гуна таҳқиқотҳо, ки дар миёнаи асри гузашта анҷом дода шуда буд, на танҳо барои фаҳмиши хусусияти раванди коррозия мусоидат намуданд, балки ба аниқ намудани муҳимтарин механизмҳои асосии он ва як қатор қонуниятҳои принципалии замина фароҳам оварданд. Маҳз ҳамин таҳқиқотҳо барои эҳёи усулҳои нав, маводҳо ва лавозимоти муҳофизати металлҳо аз коррозия ҳамчун заминаи асосӣ хизмат расониданд. Яке аз усулҳои самараноки мубориза зидди коррозияи металлҳо ин истифодаи рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ мебошад. Дар байни рӯйпӯшҳои анодӣ мавқеи хосро руҳ ишғол менамояд. Руҳ метали фаъол буда, бо маҳлули кислотаҳо ва ишқорҳо зуд ба тамоюл мепайвандад. Дар пайвастагӣ бо оҳан нақши анодро руҳ мебозад, бинобар ин дар раванди коррозияи металлҳо, ки дар сатҳи бо руҳ рӯйпӯшнамудаи ашёҳои гуногун мегузаранд, метали асосӣ ҳал нашуда, балки рӯйпӯш аз руҳ метали асосиро то он замон, ки пурра ҳал шавад ҳифз менамояд.

Дар ноҳияҳои саноати рӯйпӯшҳо аз руҳ бо суръати наздики 1.0-1.5 мкм дар сол вайрон мегарданд. Бо афзуншавии маҳсули коррозияи руҳ дар сатҳи металлҳои асосӣ суръати ҳалшавии рӯйпӯшҳо аз руҳ кам мегарданд, яъне аз маҳсули коррозия қабатҳои ғафсиашон қариб 20 мкм муҳофизати иловагиро аз коррозия таъмин менамоянд. Рӯйпӯшҳо аз руҳ васеъ истифода мешаванд, зеро руҳ хосияти хуби муҳофизатӣ ва арзиши паст нисбат ба дигар металлҳои рангаро дорад. Беш аз 60% аз намудҳои гуногуни рӯйпӯшҳои галваникӣ ба рӯйпӯшҳо аз руҳ мансубанд.

Айни замон дар хориҷи кишвар рӯйпӯшҳои муҳофизатии руҳ-алюминий намуди Галфан I (руҳ + 5 %-и вазнӣ алюминий) ва Галфан II (руҳ + 55 %-и вазнӣ алюминий) васеъ истифода мешаванд, ки бо хусусиятҳои муҳофизатии баландашон нисбат ба руҳ фарқ менамоянд.

Рисолаи диссертатсионӣ ба таҳқиқоти таъсири иловаҳои металлҳои нодирзаминии (МНЗ) зергурӯҳи серий (серий, празеодим, неодим) ба хосиятҳои коррозийонӣ-электрохимиявии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn55Al, омӯзиши ба коррозия устувории онҳо ва кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо бо мақсади оптималикунонии таркиби меъёрии онҳо бахшида шудааст.

*Мақсади корҳои таҳқиқотӣ* ин коркарди таркиби оптималии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn55Al, ки бо серий, празеодим ва неодим чавҳаронида шудаанд, мебошад, ки ҳамчун рӯйпӯшҳои хӯлавии анодӣ барои ҳифз намудани конструксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия истифода мешаванд.

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

- қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои коррозий-электрохимиявӣ ҳулаҳо дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ аниқ карда шудааст;
- механизмҳои равандҳои оксидшавӣ баландхароратии ҳулаҳо дар ҳолати саҳт омӯхта шудааст;
- дар маҳсули оксидшавӣ ҳулаҳо фазаҳои бавучудомада муайян карда шуда, нақши онҳо дар раванди коррозий шарҳ дода шудааст;
- таркиби оптималии ҳулаҳои бо МНЗ чавхаронидашудаи руҳ-алюминий коркард шудааст, ки бо ду патентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудааст.

**Навгониҳои илмӣ рисола.** Дар асоси таҳқиқотҳои эксперименталӣ қонуниятҳо дар тағйирёбии хусусиятҳои коррозий ва электрохимиявӣ ҳулаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn55Al дар вобастагӣ аз миқдори серий, празеодим ва неодим, дар муҳитҳои электролитҳои NaCl, HCl ва NaOH ҳангоми қиматҳои гуногуни рН-и муҳит аниқ карда шудааст. Механизмҳои равандҳои оксидшавӣ баландхароратии ҳулаҳои сечанда омӯхта шуда, параметрҳои кинетики он муайян карда шудааст.

**Аҳамияти амалии рисола** дар коркарди таркиби оптималии ҳулаҳои Zn5Al ва Zn55Al, ки бо серий, празеодим ва неодим чавхаронида шудаанд, бо устувориашон зидди коррозия фарқ намуда, ҳифз намудани онҳо бо нахустпатентҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон хотима меёбад.

Мавзӯи рисолаи диссертатсионӣ ба самтҳои «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология барои солҳои 2007-2015» ва «Барномаи истифодаи ихтироотҳои муҳим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2010-2015» нигаронида шуда буд.

**Усулҳои таҳқиқот:**

- усули таҳлили микрорентгеноспектралии таркиби ҳулаҳо дар микроскопи тасвирбардори электронии SEM (дар Донишгоҳи озодаи Ҷумҳурии исломии Эрон);
- усули потенциостатикӣ таҳқиқоти ҳулаҳо дар речаи потенциодинамикӣ бо истифодаи потенциостати ПИ-50.1;
- усули термогравиметрии омӯзиши кинетикаи оксидшавӣ баландхароратии ҳулаҳо;
- усули таҳлили рентгенофазавӣ маҳсули оксидшавӣ ҳулаҳо;

**Мазмуни асосии рисола, ки дар ҳимоя пешкаш мегардад:**

- қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои коррозий-электрохимиявӣ ҳулаҳои бо МНЗ зергурӯҳи серий чавхаронидаи Zn5Al ва Zn55Al, дар вобастагӣ аз рН-и муҳит;
- қонуниятҳои тағйирёбии параметрҳои кинетикӣ ва энергетикаи раванди оксидшавӣ баландхароратии ҳулаҳои Zn5Al ва Zn55Al, ки бо серий, празеодим ва неодим чавхаронида шудаанд;
- натиҷаҳои омӯзиши маҳсули оксидшавӣ ҳулаҳои сечанда, муайян намудани нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ ва механизми оксидшавӣ ҳулаҳо дар ҳолати саҳт.

**Саҳми шахсии муаллиф** дар таҳлили маълумоти адабиёт, истифодаи усулҳо ва ҳалли вазифаҳои гузошташуда, тайёркунӣ ва гузаронидани

тахқиқот дар шароити озмоишгоҳӣ, таҳлили натиҷаҳои ҳосилнамуда, ҷамъбасти намудани мазмуни асосӣ ва хулосаҳои диссертатсия хотима меёбад.

**Дарҷаи саҳеҳият ва баррасии рисола.** Натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ дар конфронсҳо ва семинарҳои илмии зерин муҳокима ва баррасӣ гардидаанд: VI Международной научно-практической конференции «Нумановские чтения» - Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2009); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» - Таджикский технический университет (ТТУ) им. акад. М.С. Осими (Душанбе, 2009); Республиканской научно-теоретической конференции «Молодежь и современная наука» - Комитет молодежи, спорта и туризма при Правительстве Республики Таджикистан (Душанбе, 2010); IV Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» - ТТУ им. М.С. Осими (Душанбе, 2010); Республиканской научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и технике» - Технологический университет Таджикистана (Душанбе, 2010); Республиканской научно-практической конференции «Академик М. Осими и развитие образования» - ТТУ им. М.С. Осими (Душанбе, 2011); Республиканской научной конференции «Проблемы современной координационной химии» - Таджикский национальный университет (Душанбе, 2011); Международной научно-практической конференции «Гетерогенные процессы в обогащении и металлургии» - Абишевские чтения. Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева (Казахстан, Караганда, 2011); Республиканской научно-технической конференции «Методы повышения качества и целесообразности процессов производства» - ТТУ им. М.С. Осими (Душанбе, 2011); Международной научно-практической конференции, посвященной 1150-летию Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази - Институт химии АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2015); Республиканской научной конференции «Актуальные проблемы современной науки» - Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Душанбе (Душанбе, 2015); Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии – нефтегазовому региону» - ТюмГНГУ (Тюмень, 2015); Международной научной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья», посвященной празднику – Дню науки в Туркменистане (Ашхабад, 2015); Международном форуме «Молодежь – движущая сила интеллектуального развития страны» - Комитет молодежи, спорта и туризма при Правительстве Республики Таджикистан, Технологический университет Таджикистана и Компания «РОССОТРУДНИЧЕСТВО» в Республике Таджикистан (Душанбе, 2015).

**Интишорот.** Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 22 мақола ба нашр расидааст, аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои тақризӣ, ки ҚОА-и назди

Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон - «Ахбори АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон. Шуъбаи физикаю математика, химия, геология ва техникӣ», «Гузоришҳои АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон», «Паёми ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ» тавсия намудааст; дар 36 маводҳои конферонси байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ва 2 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

**Ҳаҷм ва таркиби рисола.** Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замиро дар бар мегирад. Диссертатсия дар 135 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 38 ҷадвал ва 55 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 102 номгӯй иборат аст.

## МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА

**Дар муқаддима** мубрам будани мавзӯи диссертатсия асоснок карда шуда, ҳаҷми таҳқиқотҳо муайян гардида, усулҳои махсуси таҳқиқот баён шудааст.

**Дар боби аввал** «Ҳосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва коррозсионии ҳӯлаҳои руҳ-алюминий ва рӯйпӯшҳо» таҳлили маълумотҳои дар адабиётҳо мавҷуда аз рӯи ҳосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва механики руҳ, алюминий, металлҳои нодирзаминии зергурӯҳи серий ва ҳӯлаҳои системаҳои руҳ-алюминий, инчунин оиди оксидшавии баландҳароратӣ ва рафтори анодии рӯйпӯшҳои муҳофизатии руҳ-алюминий оварда шудааст. Аз ҷумла, нишон дода шудааст:

- ҳосиятҳои ҳӯлаҳои системаҳои Al-Zn дар ҳудуди маҳдуди компонентҳои ҷавҳаронӣ омӯхта шудааст, ҷӣ аз тарафи руҳ, ҷӣ дар тарафи алюминий. Ҳамчунин, иловаи руҳ ба алюминий то 7.0%-и вазнӣ ҳангоми ҳарорати баланд энергияи эҳтимолии фаъолшавиро дар ҳӯлаҳои моеъӣ зиёд намуда, суръати оксидшавиро андозае кам менамояд.

- бо таҳқиқоти рафтори анодии ҳӯлаҳои системаҳои Al-Zn нишон дода шудааст, ки ҷавҳаронии алюминий бо миқдори на он қадар зиёди руҳ потенциалҳои питтингҳосилкунӣ ва озоди коррозия ба самти манфӣ майл менамояд.

- маълумоти пурратар оиди таъсири элементҳои гурӯҳи дуҷуми ҷадвали даврӣ ба ҳосиятҳои физикӣ-химиявии ҳӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al мавҷуд аст. Нишон дода шудааст, ки иловаи бериллий, магний ва металлҳои ишқорзаминӣ устувории анодии ҳӯлаҳои мазкурро дар муҳитҳои гуногун баланд менамояд. Ҳамчунин қайд карда шудааст, ки дар адабиёт ва сомонии интернет маълумотҳо оиди таъсири МНЗ-и зергурӯҳи серий ба ҳосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявӣ ва оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al тамоман мавҷуд нест.

Ҳамин тавр, хулоса намудан мумкин аст, ки таҳқиқоти таъсири МНЗ-и зергурӯҳи серий ба ҳосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявии ҳӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn55Al, махсусан кинетикаи оксидшавии баландҳароратии ҳӯлаҳои сечанда дар ҳолати сахт ва муайян намудани маҳсули оксидшавии ҳӯлаҳо ва нақши онҳо дар бавҷудории механизми оксидшавии ҳӯлаҳо вазифаи мубрам мебошад ва хусусиятҳои бунёдӣ ва

амалӣ дорад. Бо назардошти он, ки хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al асосан ҳамчун рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ истифода мешаванд, бинобар ин сулоати устувории коррозсионӣ нақшаи умумӣ мансуб гардида, гузаронидани таҳқиқоти коррозсионӣ-электрохимиявӣ тавсифоти хӯлаҳои додашуда, бо мақсади муайян намудани концентратсияи оптималии иловаҳои (МНЗ-и зергурӯҳи серий) ва ҳудудҳои устувории онҳо дар вобастагӣ аз рН-и муҳит хеле зарур аст.

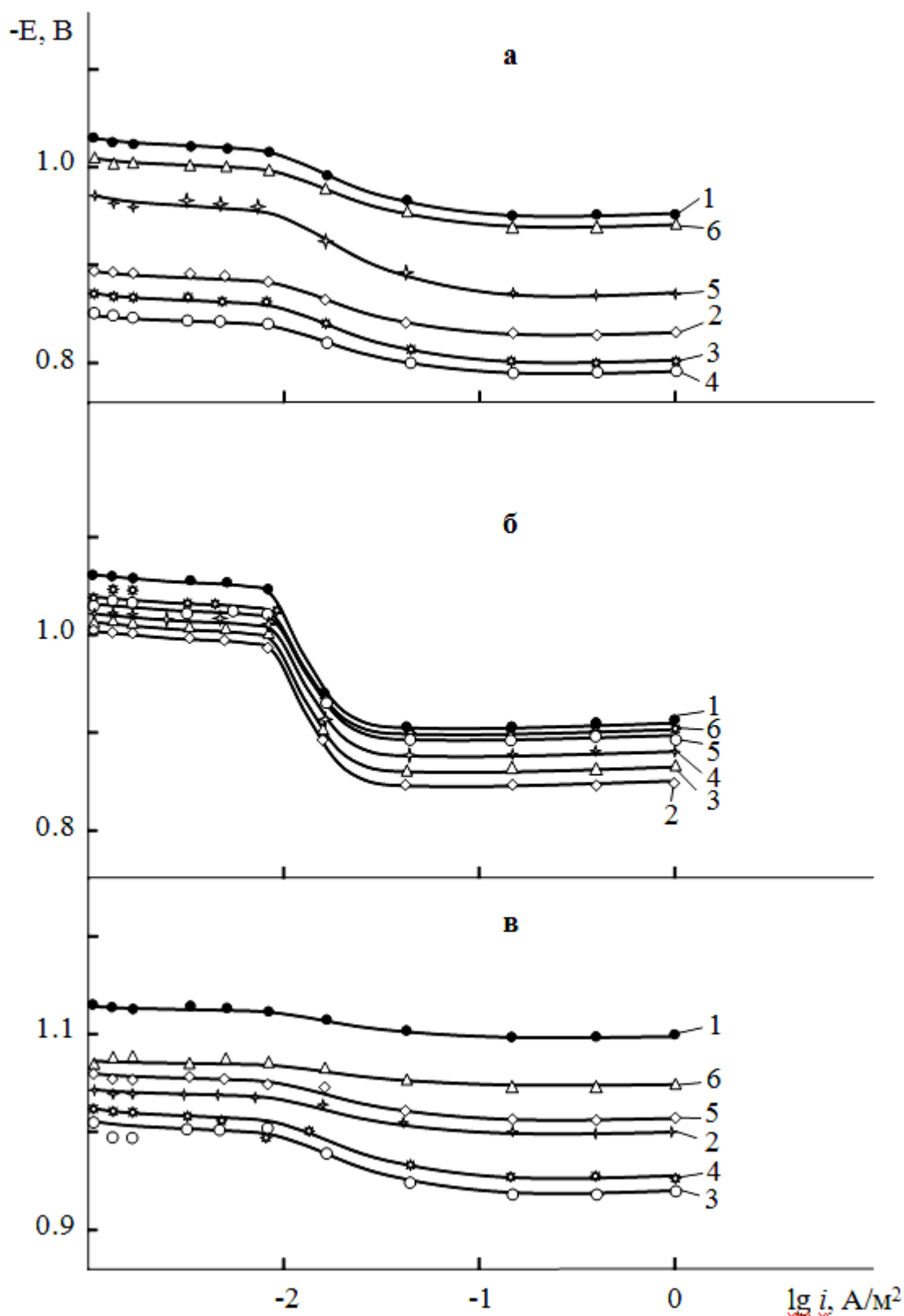
## **БОБИ 2. ХОСИЯТҲОИ КОРРОЗИОНӢ-ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӢЛАӢОИ РУӢ-АЛЮМИНИИ Zn5Al ВА Zn55Al, КИ БО СЕРИИ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ ЧАВӢАРОНИДА ШУДААНД**

*Усули таҳқиқоти хосиятҳои электрохимиявӣ хӯлаҳо.* Барои таҳқиқоти коррозсияи металлҳо усулҳои электрохимиявӣ ва потенциостатикӣ бомуваффақият истифода мешаванд. Усули потенциостатикӣ имкон медиҳад, ки нақши потенциали электродӣ дар рафтори металл (хӯла) дар ҳолати пассивнокӣ омӯхта шавад. Аниқ карда шудааст, ки хусусияти муҳими коррозсионии металл ин вобастагии суръати ҳалшавӣ аз потенциал мебошад, ки ҳангоми ҳисобкунии устувории коррозсионии метали муайян ё хӯла, инчунин барои интиҳоби усули оптималии муҳофизат дар шароити додашуда, истифода мешавад.

Ба сифати маводҳои аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминии тамғаи А7 ва лигатураи он бо серий (10% Се), празеодим (10% Pr) ва неодим (10% Nd) истифода гардид. Синтези хӯлаҳо дар бӯтаҳои аз оксиди алюминии сохташуда дар кӯраи муқовимати электрикии намуди СШОЛ дар ҳудуди ҳарорати 650–750 °С гузаронида шуд. Таркиби элементии хӯлаҳои мазкур дар микроскопи электронии SEM навъи AIS2100 (Кореяи чанубӣ) назорат карда шуданд. Аз хӯлаҳои мазкур, намунаи хӯлаҳо дар қолиби рехтагии графитӣ бо андозаҳои диаметр – 8 мм ва дарозӣ – 140 мм ҳосил карда 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 электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH ворид карда шуданд. Ҳарорати маҳлул дар ячейка доимӣ 20°C бо ёрии термостати МЛШ-8 нигоҳ дошта шуд.

Таҳқиқоти потенциостатикӣ рафтори анодии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al, ки бо МНЗ-и зергурӯҳи серий чавҳаронида шудаанд, дар муҳитҳои кислотагӣ (0.001н, 0.01н, 0.1н HCl), нейтралӣ (0.03, 0.3, 3% NaCl) ва ишқорӣ (0.001н, 0.01н, 0.1 NaOH), дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2 мВ/с дар потенциостати ПИ-50.1.1 анҷом дода шуд.

Ба сифати мисол, дар расми 1 қачхатҳои анодии поляризатсионии хӯлаи Zn5Al, ки бо серий чавҳаронида шудааст, дар муҳитҳои гуногун оварда шудааст. Дида мешавад, ки қачхатҳои 2-4, ки ба хӯлаҳои 0.005-0.05%-и серийдошта мансубанд, дар муқоиса бо хӯлаи аввалияи Zn5Al (қачхати 1) потенциали бештари мусбатро доранд, пайгирона, хӯлаҳои додашуда суръати пасти ҳалшавии анодиро зоҳир менамоянд.



**Расми 1.** Каҷхатҳои анодии поляризатсионии (суръати тобиши потенциал 2мВ/с) хӯлаи Zn5Al (1), ки дар таркибаш сериӣ дорад, %-и вазнӣ: 0.005 (2); 0.01 (3); 0.05 (4); 0.1 (5); 0.5 (6) дар муҳитҳои электролитҳои 0.001н HCl (а), 0.03%-и NaCl (б) ва 0.001н NaOH (в).



Таҳқиқотҳои гузаронидашуда нишон медиҳанд, ки иловаи серий, празеодим ва неодим дар миқдори 0.005÷0.05%-и вазнӣ потенциали коррозияи хӯлаҳои аввалияи Zn5Al ва Zn55Al -ро ба самти мусбат майл мекунонад. Вале, афзоиши баъдии миқдори компоненти чавҳаронӣ то 0.5%-и вазнӣ  $E_{св.корр.}$  -ро ба самти манфии қиматҳо майл мекунонад ва дар ин вақт афзоиши бузургиҳои потенциалҳои коррозия ( $E_{корр.}$ ), пittingҳосилшавӣ ( $E_{по.}$ ) ва репассивӣ ( $E_{реп.}$ ) ба самти манфии қиматҳо хеле назаррас аст, мутобиқан дар электролити NaCl (ҷадвали 1 ва 2).

**Ҷадвали 1.** Потенциалҳои озоди коррозия ( $-E_{корр.озод}$ , В) ва пittingҳосилшавии ( $-E_{п.х.}$ , В) хӯлаи Zn5Al, ки бо серий чавҳаронида шудааст, дар муҳитҳои гуногун

Миқдори Се дар хӯла, %-и вазнӣ	Муҳит	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$	Муҳит	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$	Муҳит	$-E_{корр.оз.}$	$-E_{п.х.}$
		В			В			В	
-	0.1Н HCl	1.102	1.015	3% NaCl	1.100	0.965	0.1Н NaOH	1.180	1.140
0.005		0.930	0.860		1.084	0.907		1.126	1.090
0.01		0.890	0.825		1.052	0.924		1.106	1.060
0.05		0.853	0.815		1.065	0.937		1.060	1.030
0.1		1.008	0.855		1.071	0.942		1.090	1.055
0.5		1.054	-		1.076	0.956		1.106	-
-	0.01Н HCl	1.060	0.985	0.3% NaCl	1.070	0.935	0.01Н NaOH	1.150	1.050
0.005		0.915	0.850		1.055	0.877		1.097	1.050
0.01		0.900	0.818		1.025	0.890		1.075	1.040
0.05		0.870	0.805		1.033	0.905		1.046	1.010
0.1		0.975	0.890		1.047	0.912		1.070	1.025
0.5		1.030	0.965		1.056	0.926		1.088	1.050
-	0.001Н HCl	1.027	0.950	0.03% NaCl	1.050	0.915	0.001Н NaOH	1.130	1.100
0.005		0.890	0.835		1.035	0.855		1.057	1.005
0.01		0.875	0.800		1.007	0.876		1.040	0.940
0.05		0.840	0.795		1.018	0.888		1.008	0.955
0.1		0.960	0.875		1.029	0.895		1.025	1.015
0.5		1.006	0.943		1.038	0.913		1.055	1.055

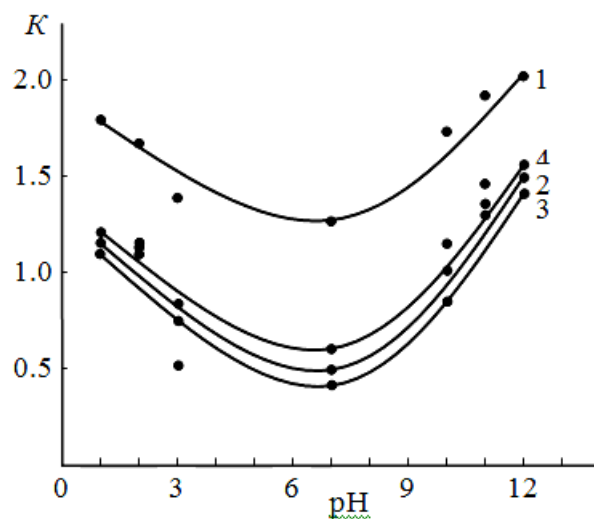
Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки қимати потенциали озоди коррозияи хӯлаи Zn55Al, ки дар таркибаш консентратсияҳои гуногуни серий, празеодим ва неодим дорад, дар муҳити электролити NaCl нисбат ба хӯлаи Zn5Al, ки бо ин элементҳо чавҳаронида шудааст, кам аст, мутобиқан дар муҳитҳои кислотагӣ ва ишқорӣ электролитҳои HCl ва NaOH (ҷадвали 2). Чунин қонуният ҳангоми баррасии дигар потенциалҳо, суръати коррозия аз таркиби электролит ва миқдори иловаҳои чавҳаронӣ низ мушоҳида мегардад.

Бо афзоиши консентратсияи хлорид-ионҳо потенциали озоди коррозияи хӯлаи Zn5Al ва Zn55Al, ки бо серий, празеодим ва неодим чавхаронида шудаанд, кам мешаванд, ки аз пастшавии устувории коррозсионии хӯлаҳо зери таъсири хлорид-ионҳо шаҳодат медиҳанд. Чунин тамоюл дар ҳама муҳитҳои таҳқиқшуда ҷой дорад (ҷадвали 1, 2).

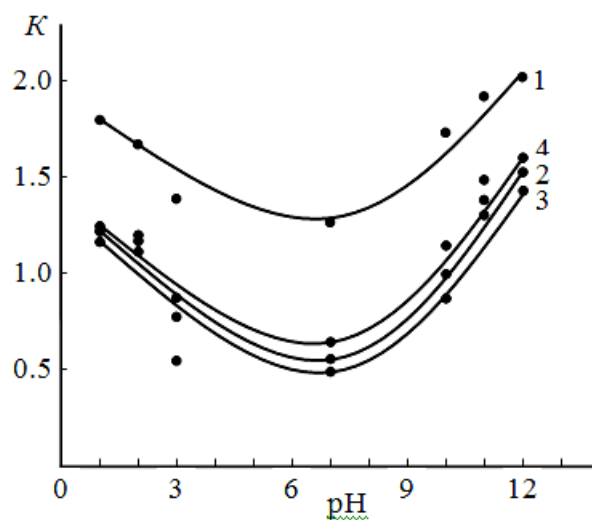
**Ҷадвали 2.** Потенциалҳои озоди коррозия ( $-E_{\text{корр.озод}}$ , В) ва пИттингҳосилшавии ( $-E_{\text{п.х.}}$ , В) хӯлаи Zn5Al, ки бо серий чавхаронида шудааст, дар муҳитҳои гуногун

Миқ- дори Се дар хӯла, %-и вазӣ	Муҳит	$-E_{\text{корр.оз.}}$	$-E_{\text{п.х.}}$	Муҳит	$-E_{\text{корр.оз.}}$	$-E_{\text{п.х.}}$	Муҳит	$-E_{\text{корр.оз.}}$	$-E_{\text{п.х.}}$
		В			В			В	
-	0.1н HCl	1.085	1.040	3% NaCl	1.020	0.900	0.1н NaOH	1.130	1.075
0.005		1.015	0.966		0.966	0.830		1.069	1.010
0.01		1.007	0.940		0.990	0.850		1.036	0.990
0.05		0.938	0.875		0.995	0.860		0.999	0.890
0.1		0.945	0.900		1.013	0.875		1.028	0.950
0.5		1.010	0.980		1.030	0.900		1.072	1.000
-	0.01н HCl	1.055	1.012	0.3% NaCl	1.000	0.880	0.01н NaOH	1.100	0.940
0.005		1.007	0.935		0.947	0.810		1.031	0.875
0.01		0.991	0.920		0.970	0.830		1.014	0.830
0.05		0.930	0.895		0.975	0.840		0.963	0.780
0.1		0.960	0.910		0.988	0.855		1.015	0.805
0.5		1.065	0.945		1.010	0.880		1.040	0.995
-	0.001н HCl	1.025	0.950	0.03% NaCl	0.970	0.850	0.001н NaOH	1.065	1.000
0.005		0.948	0.855		0.920	0.820		0.931	0.845
0.01		0.926	0.840		0.940	0.810		0.915	0.817
0.05		0.918	0.810		0.945	0.790		0.839	0.795
0.1		0.940	0.865		0.961	0.835		0.911	0.860
0.5		0.977	0.895		0.979	0.855		1.007	0.925

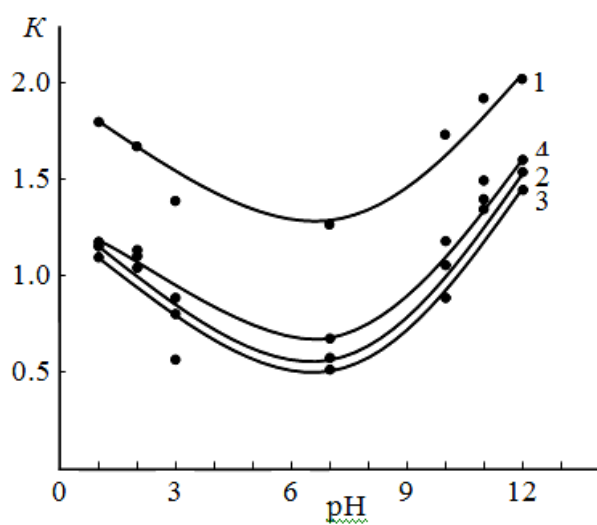
Дар расмҳои 2 ва 3 вобастагии суръати коррозияи хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al, ки дар таркибашон серий, празеодим ва неодим (0.005-0.1%) доранд, аз рН-и муҳит оварда шудааст, ки аз рӯи қиматҳои зичии ҷараёни электрикии коррозияи хӯлаҳои мазкур дар электролитҳои 0.1н (рН=1); 0.01н (рН=2); 0.001н (рН=3) HCl, 0.03; 0.3; 3% (рН=7) NaCl ва 0.1н (рН=12); 0.01н (рН=11); 0.001н (рН=10) NaOH ҳисоб карда шудаанд. Пастшавии суръати коррозия ҳангоми чавхаронидани хӯлаҳои аввалияи Zn5Al ва Zn55Al мушоҳида гардида, афзоиши баъдии консентратсияи компоненти чавхаронӣ якҷанд суръати коррозияро зиёд менамояд, вале аз рӯи қимати бузургиаш суръати коррозияи хӯлаҳои аввалияро зиёд наменамояд (расмҳои 2 ва 3).



а)

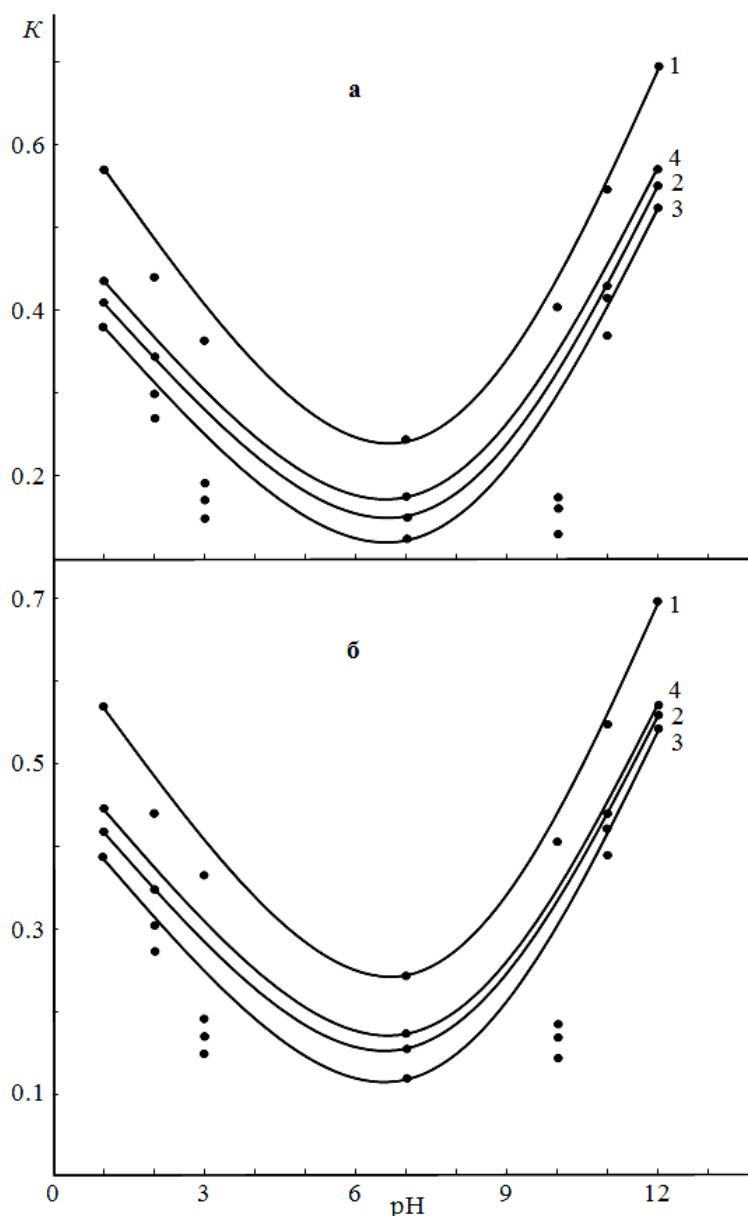


б)



в)

**Расми 2.** Вобастагии суръати коррозияи  $K \cdot 10^{-3}$  ( $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) хӯлаи Zn5Al (1), ки дар таркибаш 0.005 (2), 0.05 (3) ва 0.1%-и вазнӣ (4) серий (а), празеодим (б) ва неодим (в) дорад, аз pH-и муҳит.



**Расми 3.** Вобастагии суръати коррозияи  $K \cdot 10^{-3}$  ( $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) хӯлаи Zn55Al (1), ки дар таркибаш 0.005 (2), 0.05 (3), 0.1%-и вазнӣ (4) серияи (а) ва празеодим (б) дорад, аз рН-и муҳит.

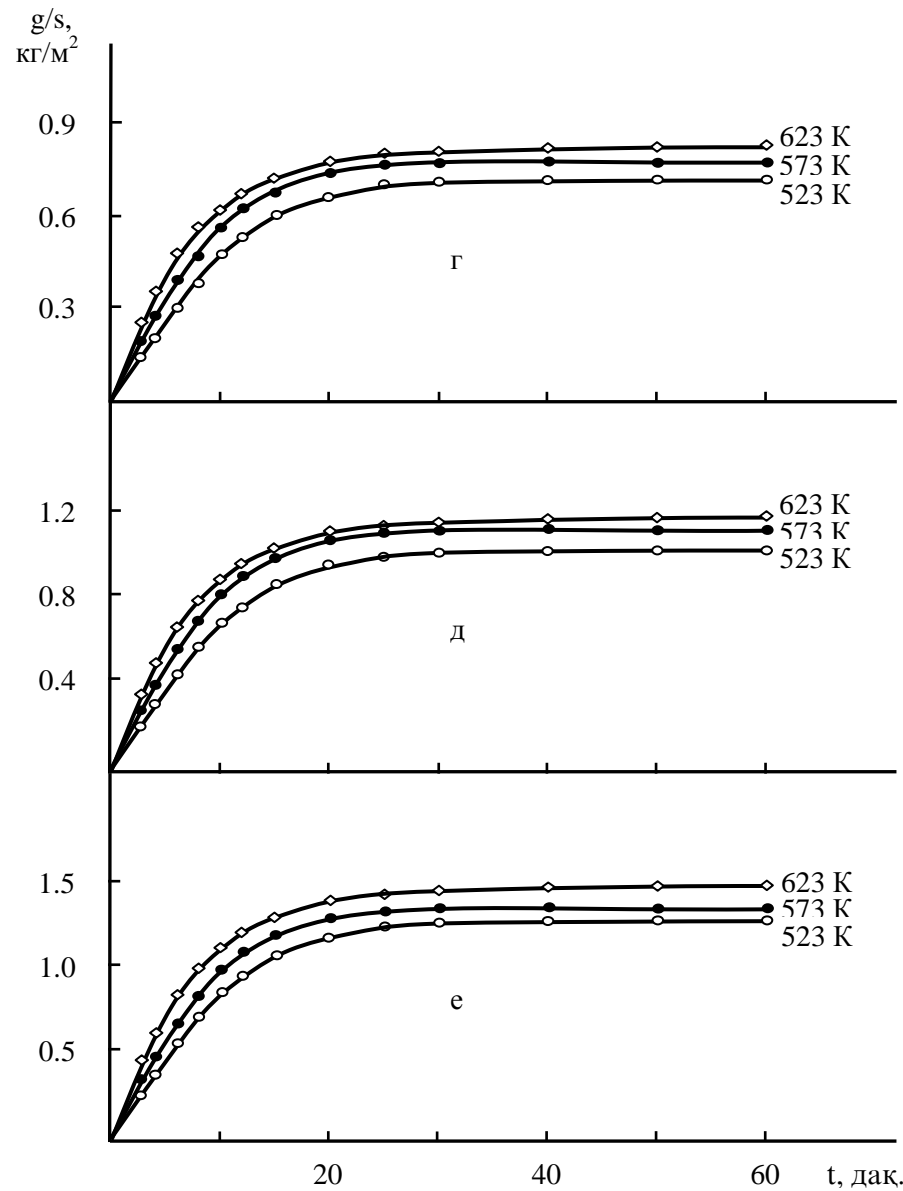
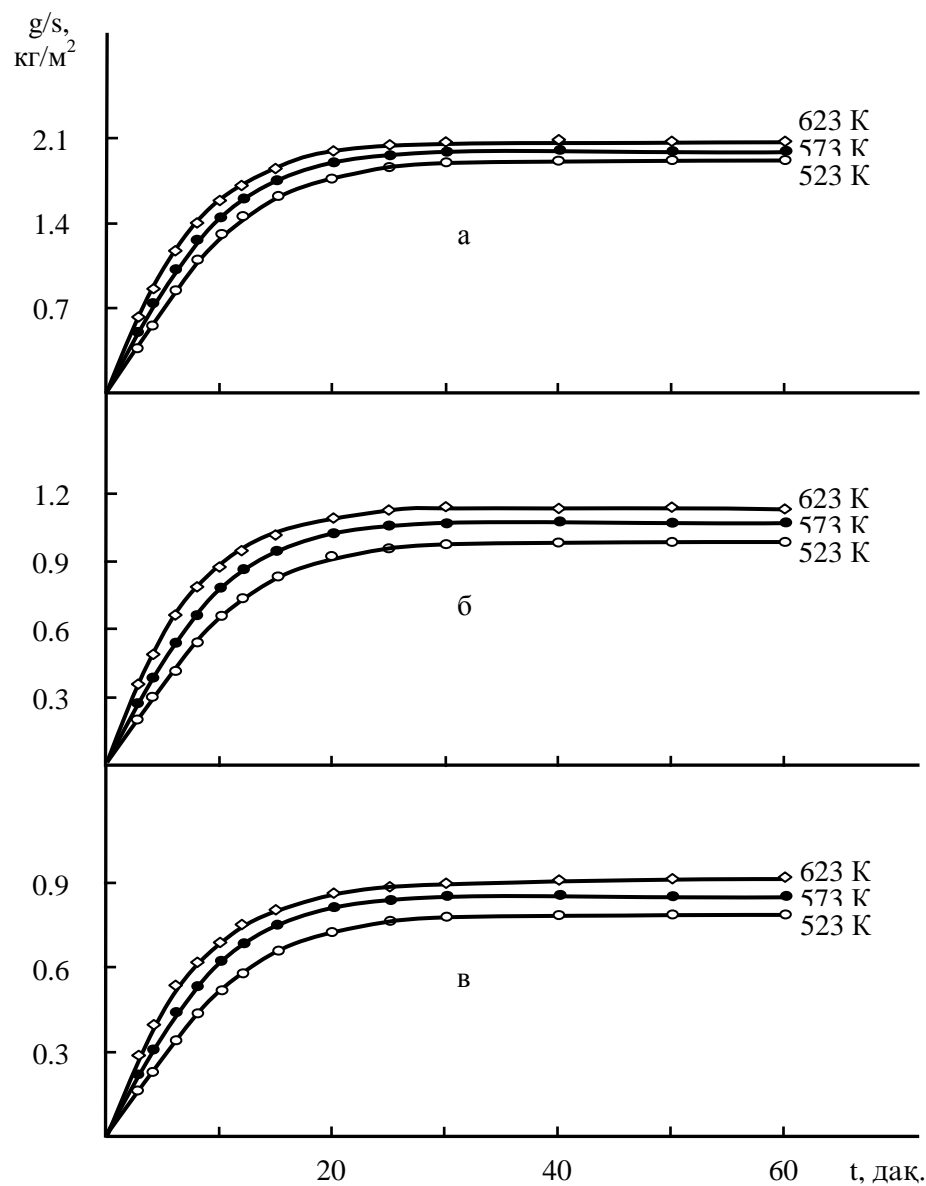
Ҳамин тавр, дар натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашудаи рафтори анодии хӯлаҳои бо серияи празеодим ва неодим ҷавҳаронида ( $\text{Zn5Al}$  ва  $\text{Zn55Al}$ ), дар муҳитҳои ишқорӣ - 0.001н (рН=10) NaOH; нейтралӣ - 0.03; 0.3; 3% (рН=7) NaCl ва кислотагӣ - 0.001н (рН=3) HCl аниқ карда шудааст, ки иловаҳои ҷавҳаронӣ дар ҳудуди 0.005–0.05%-и вазнӣ устувории анодии хӯлаҳои аввалияро баланд менамоянд. Нишон дода шудааст, ки хӯлаҳо бо празеодим ва неодим структураҳои калонҳаҷм доранд, нисбат ба хӯлаҳои бо серияи муайян карда шудааст, ки иловаҳои серияи барои гурӯҳи хӯлаҳои мазкур самаранок аст, нисбат ба празеодим ва неодим. Суръати коррозияи хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда нисбат ба хӯлаҳои аввалияи  $\text{Zn5Al}$  ва  $\text{Zn55Al}$  2–3 маротиба камтар аст ва онҳоро метавон ба сифати рӯйпӯшҳои анодӣ барои ҳифз намудани конструксияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия истифода намуд.

### БОБИ 3. ОКСИДШАВИИ БАЛАНДҲАРОРАТИИ ХҶЛАҲОИ $Zn_5Al$ ВА $Zn_{55}Al$ , КИ БО СЕРИИ, ПРАЗЕОДИМ ВА НЕОДИМ ЧАВҲАРОНИДА ШУДААНД

*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, термopараҳо ва бӯта бо хӯлаи таҳқиқшаванда буда, намунаи хӯлаҳо ба сими фанарии платинавӣ овезон карда шуданд. Тағйирёбии вазни хӯлаҳо бо ёзандагии фанар 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 (кутр 18-20 мм, баландӣ 25-26 мм) дорад, истифода гардид. Бӯтаҳо пеш аз таҳқиқот дар ҳарорати 1000-1200 °С, мутаносибан дар муҳити оксигенӣ то вазни доимӣ тафсонииш дода шуд. Ҳарорат бо термopараи платина-платинородий, ки дар сатҳи болоии хӯлаи таҳқиқшаванда ҷойгир шудааст, чен карда шуд. Пас аз интиҳои таҳқиқот система хунук карда шуда, бӯта бо намунаи хӯлаҳо баркашида шуда, сатҳи реаксионии он муайян карда шуд. Баъдан оиди маълумотгирӣ доир ба таркиби фаза дар маҳсули оксидшавӣ, қабатҳои оксидии ҳосилшуда аз сатҳи намунаи хӯлаҳо ҷудо карда шуда, бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхта шуд. Таҳлили рентгенофазавӣ дар дифрактометри ДРОН-2.0 анҷом дода шуда, дифрактограммаҳо бошад бо истифода аз  $K_\alpha$ -нурафкани мисӣ аксбардори гардид.

Барои таҳқиқоти раванди оксидшавӣ якчанд хӯлаҳои руҳ-алюминий бо иловаҳои серия, празеодим ва неодим дар ҳудуди 0.005-0.5 %-и вазнӣ хӯлаҳо ҳосил карда шуд. Бо усули термогравиметрӣ кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои сахт дар муҳити ҳаво таҳқиқ карда шуд, дар натиҷа афзоиши вазни намунаҳои хӯла бо афзудани қабати оксидӣ аз вақт ҳангоми ҳароратҳои доимии 523, 573 ва 623 К чен карда шуд. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ бо расиши саршавӣ аз меҳвар ба қачхаттга аз рӯи муодилаи:  $K = g/s \cdot \Delta t$  ва қимати энергияи эҳтимолии фаъолашавии раванди оксидшавӣ бошад, аз рӯи тангенс кунҷии майлони рост дар вобастагӣ аз  $\lg K - 1/T$  ҳисоб карда шуд.

Қачхатҳои кинетикӣ оксидшавӣ дар мисоли хӯлаи  $Zn_{55}Al$ , ки бо серия чавҳаронида шудааст, дар расми 4 оварда шудааст. Дида мешавад, ки раванди оксидшавӣ дар зинаҳои аввал намуди хатшаклро зоҳир намуда, баъдан дар 20-25 дақиқа ба намуди гиперболӣ тағйир меёбад. Ба ин бавҷудоии қабатҳои ҳифозатии оксидӣ шаҳодат медиҳад, ки дар ин дақиқаҳо ба анҷом мерасад. Вобастагии гиперболӣ бо хусусияти хати рост набудан дар меҳвари  $(g/s)^2 - t$  шарҳ дода мешавад. Қиматҳои суръати оксидшавӣ аз қачхатҳои оксидии хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$ , ки бо неодим чавҳаронида шудаанд, дар вобастагӣ аз ҳарорат ва таркиби хӯлаҳои таҳқиқшуда дар ҷадвали 3 оварда шудааст.



**Расми 4.** Қақхатҳои кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn55Al (а), ки серий дорад, %-и вазнӣ: 0.005 (б); 0.01 (в); 0.05 (г); 0.1 (д); 0.5 (е).

**Ҷадвали 3.** Параметрҳои кинетикӣ ва энергетикӣи раванди оксидшавии Zn5Al ва Zn55Al, ки бо неодимом ҷавхаронида шудаанд, дар ҳолати сахт

Ҳарорати оксидшавӣ, К	Миқдори неодим дар хӯлаи Zn5Al, %-и вазнӣ	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ( $K \cdot 10^{-4}$ ), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ, кҶ/мол	Миқдори неодим дар хӯлаи Zn55Al, %-и вазнӣ	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ( $K \cdot 10^{-4}$ ), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ, кҶ/мол
523	-	3.07	128.4	-	2.74	154.4
573		3.55			3.32	
623		3.91			3.73	
523	0.005	2.89	147.3	0.005	1.81	171.9
573		3.39			2.21	
623		3.61			2.48	
523	0.01	2.75	156.0	0.01	1.79	177.5
573		3.30			2.20	
623		3.61			2.46	
523	0.05	2.46	159.3	0.05	1.70	188.0
573		3.00			2.10	
623		3.30			2.37	
523	0.1	2.97	136.0	0.1	1.97	162.0
573		3.43			2.47	
623		3.80			2.77	
523	0.5	3.02	133.9	0.5	2.20	160.0
573		3.50			2.70	
623		3.81			3.06	

Дида мешавад, ки иловаҳои ками неодим (0.005-0.05%-и вазнӣ) қобилияти назаррас камкунии суръати ҳақиқии оксидшавии хӯлаи аввалияи Zn5Al –ро дорад. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ҳангоми ҳарорати 523 К барои хӯлаи Zn5Al дорои бузургии  $3.07 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> гардида, барои хӯлаи 0.05%-и вазнӣ неодимдошта бошад,  $2.46 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> –ро нишон медиҳад (ҷадвали 3).

Ба сифати мисол, вобастагии  $lgK$  аз  $1/T$  барои хӯлаи Zn5Al, ки бо празеодим чавҳаронида шудааст, дар худуди концентратсияҳои омӯхташуда, дар расми 5 оварда шудааст. Дида мешавад, ки раванди оксидшавӣ дар вобастагӣ аз ҳароратҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда афзоиш меёбад. Качхатҳои (2-4), ки ба хӯлаҳои бо празеодим чавҳаронидашуда мансуб аст, нисбат ба качхати хӯлаи аввалияи Zn5Al (1) дар хеле поён ҷойгир шудааст.

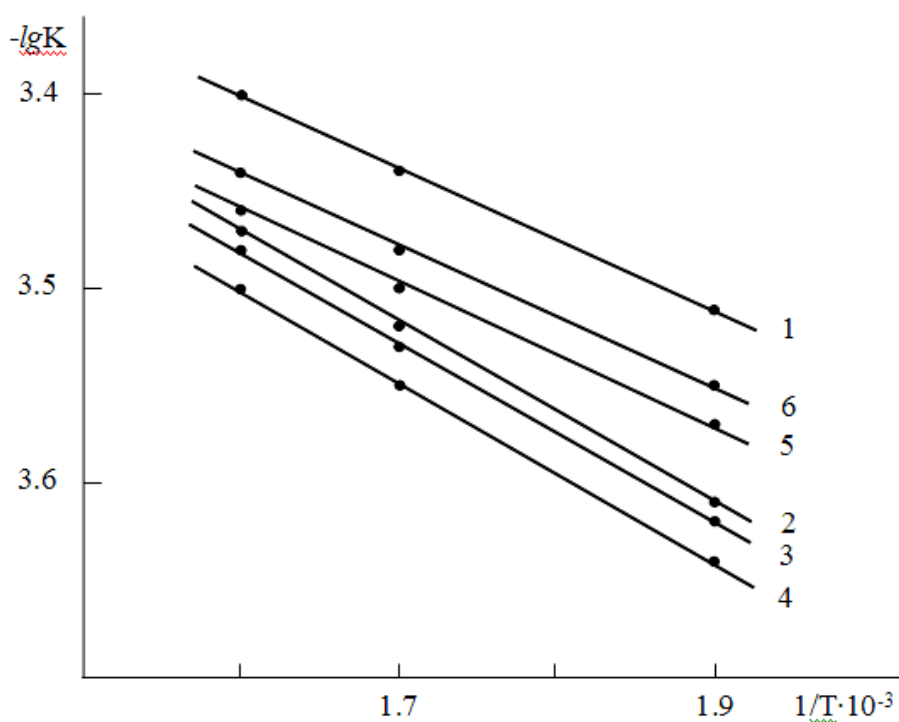
Динамикаи тағйирёбии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва энергияи эҳтимолии раванди оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминийро, ки бо празеодим чавҳаронида шудааст, метавон аз рӯи изоҳрони оксидшавии хӯлаи Zn55Al, ки концентратсияҳои гуногуни празеодим дорад ва ҳангоми ҳарорати 573 К сохта шуда, ба 10 ва 20 дақиқаҳои раванди оксидшавӣ рост меояд, мушоҳида намуд (расми 6). Качхатҳои раванди оксидшавӣ бо яқшакл камшавии суръати оксидшавӣ ва афзоиши энергияи фаъолшавӣ ҳангоми миқдори компоненти чавҳаронӣ дар хӯлаи аввалияи Zn55Al то 0.05%-и вазнӣ ҷойгир шудаанд. Вале, иловаҳои 0.1 ва 0.5% празеодим бошанд, оксидшавии хӯлаи аввалияро камее зиёд менамояд (расми 6).

Аз ҷадвали 4 дида мешавад, ки барои МНЗ-и зергурӯҳи серий ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо серий чавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо неодим, қимати энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди оксидшавӣ кам гардида, вале бо афзоиши концентратсияи элементи чавҳаронӣ (0.005-0.05%-и вазнӣ Ce, Pr, Nd) дар хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al бошад, зиёд мешавад.

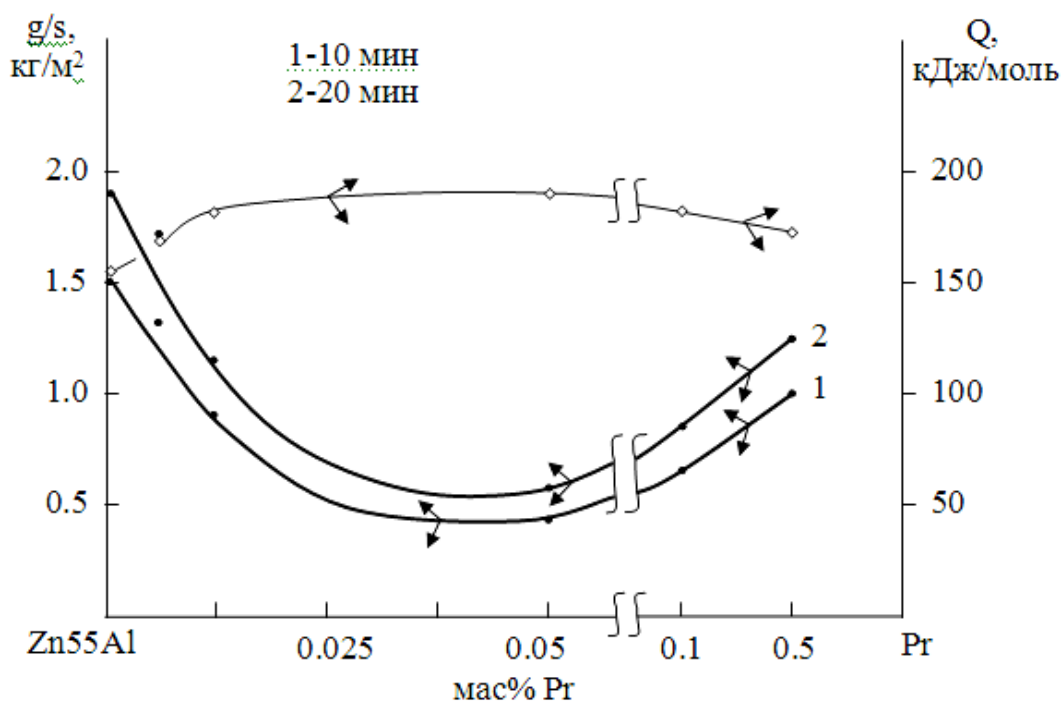
**Ҷадвали 4.** Вобастагии энергияи эҳтимолии фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al аз миқдори МНЗ-и зергурӯҳи серий

Компоненти чавҳаронии хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al	Энергияи эҳтимолии фаъолшавӣ, кҶ/мол					
	Миқдори иловаҳо, %-и вазнӣ					
	-	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5
Zn5Al	128.4	-	-	-	-	-
Ce	-	166.0	170.3	173.4	163.6	142.9
Pr	-	150.1	160.2	162.6	144.1	138.9
Nd	-	147.3	156.0	159.3	136.0	133.9
Zn55Al	154.4	-	-	-	-	-
Ce	-	180.5	186.0	192.5	175.2	168.4
Pr	-	176.2	180.9	190.9	170.0	164.5
Nd	-	171.9	177.5	188.0	162.0	160.0





**Расми 5.** Вобастагии  $\lg K$  аз  $1/T$  барои хӯлаи Zn5Al (1), ки празеодим дорад, %-и вазнӣ: 0.005 (2); 0.01 (3); 0.05 (4); 0.1 (5); 0.5 (6).



**Расми 6.** Изохрони оксидшавии (573 К) хӯлаи Zn55Al, ки бо празеодим чавҳаронида шудааст.

Ҳамин тавр, аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқотҳои эксперименталии кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои саҳти  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$ , ки бо серий, празеодим ва неодим ҷавҳаронида шудаанд, аниқ карда шудааст, ки қимати минималии суръати оксидшавӣ ба хӯлаҳои руҳ-алюминий бо серий ва максималӣ бошад ба хӯлаҳои бо неодим ҷавҳаронидашуда мансуб мегардад. Хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  бо празеодим ҳолати фосилавино ишғол менамоянд. Муайян карда шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда, асосан аз оксидҳои содда -  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $ZnAl_2O_4$ ,  $Ce_2O_3$ ,  $Pr_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$  ва дучандаи  $Al_2O_3 \cdot ZnO$ ,  $Al_2O_3 \cdot Ce_2O_3$ ,  $Al_2O_3 \cdot Pr_2O_3$  иборатанд. Аниқ карда шудааст, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ  $Ce$ ,  $Pr$  ва  $Nd$  дар ҳудуди 0.005-0.05%-и вазн оксидшавии хӯлаҳои аввалияи  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  –ро кам менамоянд ва ҳамчун рӯйпӯшҳои муҳофизатии хӯлави анодӣ метавонанд барои ҳифзи маснуот, конструксияҳо ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия дар ҳарорати баланд истифода шаванд.

## ХУЛОСАҲО

1. Бо усули потенциодинамикӣ дар муҳитҳои кислотагӣ (0.001н  $HCl$  ( $pH=3$ )), нейтралӣ (0.03; 0.3; 3%  $NaCl$  ( $pH=7$ )) ва ишқорӣ (0.001н ( $pH=10$ )  $NaOH$ ) аниқ карда шудааст, ки ҳангоми ҷавҳаронидани хӯлаҳои аввалия бо серий, празеодим ва неодим (то 0.05 %-и вазн) суръати коррозия 2-3 маротиба кам мешавад. Қонуниятҳои тағйирёбии ҳосиятҳои асосии электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пitting-ҳосилшавӣ ва репассивӣ)-и хӯлаҳо аз миқдори компонентҳои ҷавҳаронӣ аниқ карда шудааст.

2. Кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои саҳти системаҳои  $Zn_5Al-Ce$  ( $Pr$ ,  $Nd$ ) ва  $Zn_{55}Al-Ce$  ( $Pr$ ,  $Nd$ ) бо усули термогравиметрӣ дар оксигени ҳаво таҳқиқ шудааст. Вобастагии гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  бо серий бузургии минималии энергияи фаъолшавӣ ва суръати оксидшавиро доранд, вале хӯлаҳои бо неодим ҷавҳаронида бошад – дорои қиматҳои максималии ин бузургӣ мебошанд. Хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  бо празеодим ҳолати фосилавино ишғол менамоянд. Аниқ карда шудааст, ки компонентҳои ҷавҳаронӣ дар ҳудуди 0.005-0.05 %-и вазн оксидшавии хӯлаҳои аввалияро намоён кам менамоянд.

3. Таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминий, ки дар таркибашон  $MnZ$ -и зергурӯҳи серий доранд ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ бо усули таҳлили рентгенофазавӣ муайян карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда аз оксидҳои якҷанда -  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $Ce_2O_3$ ,  $Pr_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$  ва дучандаи  $ZnAl_2O_4$ ,  $Al_2O_3 \cdot ZnO$ ,  $Al_2O_3 \cdot Ce_2O_3$  ва  $Al_2O_3 \cdot Pr_2O_3$  иборатанд.

4. Микроструктураҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда дар микроскопи SEM навъи AIS2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои ҷавҳаронӣ структураҳои хӯлаҳои  $Zn_5Al$  ва  $Zn_{55}Al$  –ро намоён хурд месозанд. Хӯлаҳои бо празеодим ва неодим нисбат ба хӯлаҳои бо серий буда, дорои структураҳои калонҳаҷм мебошанд. Таркиби хӯлаҳои коркарднамудаи ба сифати рӯйпӯшҳои хӯлави анодӣ муҳофизатӣ истифодашаванда, бо ду патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудааст.

**Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар интишороти зерин баён гардидааст:**

*Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ нашршуда, ки ҚОА-и назди*

*Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия намудааст*

1. **Алиханова, С.Д.** Коррозионно-электрохимическое поведение сплава Zn55Al, легированного элементами подгруппы церия / С.Д. Алиханова, З.Р. Обидов, И. Ганиев [и др.] // Доклады АН Республики Таджикистан, 2010, т.53, №7, с.557-560.
2. **Алиханова, С.Д.** Анодное поведение сплава Zn5Al, легированного церием, в среде электролита NaCl // С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов [и др.] // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2010, № 3(140), с.96-100.
3. **Алиханова, С.Д.** Кинетика окисления сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных неодимом / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2012, № 3(48), с.92-97.
4. **Алиханова, С.Д.** Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn55Al, легированного церием / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов [и др.] // Вестник Таджикского технического университета, 2014, № 4(28), с.82-87.

*Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳо нашршуда*

5. Обидов, З.Р. Анодное поведение цинк-алюминиевых сплавов, легированных цериевым мисметаллом, в среде электролита NaCl / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев // Мат. VI Междунар. конф. «Нумановские чтения», Душанбе, Институт химии АН Республики Таджикистан, 2009, с.152-154.
6. Обидов, З.Р. Коррозия цинк-алюминиевых сплавов, легированные празеодимом, как защитные покрытия / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев // Матер. Респ. науч.-практ. конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», Душанбе, ТТУ им. М.С. Осими, 2009, с.125-127.
7. Обидов, З.Р. Анодное поведение сплава Zn55Al, легированного празеодимом и неодимом, в среде электролита NaCl / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова // Мат. Респ. науч.-теор. конф. «Молодежь и современная наука», Душанбе, Комитет молодежи, спорта и туризма при Правительстве Республики Таджикистан, 2010, с.189-192.
8. Обидов, З.Р. Потенциодинамическое исследование сплава Zn55Al, легированного церием, в среде электролита NaCl / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев // Мат. IV Междунар. конф. «Перспективы развития науки и образования в XXI веке», Душанбе, ТТУ им. М.С. Осими, 2010, с.136-138.
9. Обидов, З.Р. Защитные покрытия на основе цинк-алюминиевых сплавов, легированных церием / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, Н.М. Муллоева, И.Н. Ганиев // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в науке и технике», Душанбе, ТУТ, 2010, с.125-128.
10. Обидов, З.Р. Влияние рН среды на коррозионно-электрохимическое поведение цинк-алюминиевых сплавов, легированных празеодимом / З.Р.

- Обидов, С.Д. Алиханова, Н.И. Ганиева, А.В. Амонова // Мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Гетерогенные процессы в обогащении и металлургии», Абишевские чтения, Караганда, Казахстан, 2011, с.178-180.
11. Обидов, З.Р. Защитные покрытия на основе цинк-алюминиевых сплавов, легированных неодимом / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, Н.М. Муллоева, И.Н. Ганиев // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Академик М. Осими и развитие образования», Душанбе, ТТУ им. М.С. Осими, 2011, с.237-241.
  12. Обидов, З.Р. Анодное поведение сплава  $Zn_{5}Al$ , легированного церием, празеодимом и неодимом, в среде электролита  $NaCl$  / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, М. Джураева // Мат. Респ. науч. конф. «Проблемы современной координационной химии», Душанбе, ТНУ, 2011, с.56-57.
  13. Алиханова, С.Д. Влияние рН среды на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиево-цинковых сплавов, легированных церием / С.Д. Алиханова, А.В. Амонова, З.Р. Обидов // Мат. Респ. науч. конф. «Молодежь и современная наука», Душанбе, Комитет молодежи, спорта и туризма при Правительстве Республики Таджикистан, 2011, с.376-379.
  14. Алиханова, С.Д. Влияние рН среды на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиево-цинковых сплавов, легированных празеодимом / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Мат. Респ. науч.-практ. конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», Душанбе, ТТУ им. М.С. Осими, 2011, с.130-131.
  15. Алиханова, С.Д. Влияние рН среды на коррозионно-электрохимическое поведение цинк-алюминиевых сплавов, легированных неодимом / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Д.Н. Алиев // Мат. Респ. науч.-техн. конф. «Методы повышения качества и целесообразности процессов производства», Душанбе, ТТУ им. М.С. Осими, 2011, с.46-48.
  16. Алиханова, С.Д. Влияние церия на кинетику окисления сплавов  $Zn_{5}Al$  и  $Zn_{55}Al$  / С.Д. Алиханова, З.Р. Обидов / Мат. Респ. науч.-теорет. конф. «Молодежь и современная наука», Душанбе, Комитет молодежи, спорта и туризма при Правительстве Республики Таджикистан, 2011, с.380-385.
  17. Алиханова, С.Д. Влияние празеодима на кинетику окисления сплава  $Zn_{55}Al$  / С.Д.Алиханова, И.Н. Ганиев, Н.Б. Одинаева, З.Р. Обидов // Междунар. научно-практ. конф., посвящ. 1150-летию Абу Бакра Мухаммада ибн З. Рази, Душанбе, Институт химии АН Республики Таджикистан, 2015, с.64-66.
  18. Алиханова, С.Д. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава  $Zn_{5}Al$ , легированного неодимом / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Д.Г. Шарипов // Сб. тез. докл. науч. конф. «Актуальные проблемы современной науки», Душанбе, Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Душанбе, 2015, с.27-28.
  19. Обидов, З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава  $Zn_{55}Al$ , легированного неодимом / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, Д.Г. Шарипов // Сб. матер. Междунар. науч. конф. «Наука,

- техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья», посв. празднику – Дню науки в Туркменистане, Ашхабад, 2015, с.229-234.
20. Обидов, З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава  $Zn_{5}Al$ , легированного празеодимом / З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, Ф.Р. Сафарова, С.Б. Бобоева // Сб. матер. Всеросс. Межд. науч.-практ. конф. «Новые технологии – нефтегазовому региону», Тюмень, ТюмГНГУ, 2015, т.3, с.81-88.
21. Алиханова, С.Д. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава  $Zn_{5}Al$ , легированного церием / С.Д. Алиханова, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Д.Г. Шарипов // Междунар. форум «Молодежь – движущая сила интеллектуального развития страны», Душанбе, ТУТ, 2015, с.76-78.

*Дигар наириёт*

22. Алиханова, С.Д. Анодное поведение сплавов  $Zn_{5}Al$  и  $Zn_{55}Al$  с РЗМ цериевой подгруппы: монография / С.Д. Алиханова, З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев.– Издательский дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014.– 100 с.

*Ихтироот аз рӯи мавзӯи диссертатсия*

23. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 199, МПК С22С 18/04. Цинк-алюминиевый сплав / С.Д. Алиханова; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, Д.Н. Алиев, З.Р. Обидов, А.В. Амонова, С.Д. Алиханова / №0800256; заявл. 11.11.08; опубл. 24.12.08, Бюл. 53, 2009. – 2 с.
24. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 317, МПК С22С 18/00; 18/04. Цинк-алюминиевый сплав / С.Д. Алиханова; заявитель и патентообладатель: И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, С.Д. Алиханова, Н.И. Ганиева / №1000427; заявл. 09.03.10; опубл. 09.04.10, Бюл. 58, 2010. - 2 с.

## ШАРҲИ МУХТАСАР

**ба диссертатсияи Алихонова Сурайё Чамшедовна «Коррозиҳои хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al бо серий, празеодим ва неодим», барои дарёфти дараҷаи илмии номзоди илмҳои химия аз рӯи ихтисоси 05.17.03 – технологияи равандҳои электрохимиявӣ ва муҳофизат аз коррозия**

*Мақсади корҳои таҳқиқотӣ* ин коркарди таркиби оптималии хӯлаҳои руҳ-алюминий Zn5Al ва Zn55Al, ки бо серий, празеодим ва неодим чавхаронида шудаанд, мебошад, ки ҳамчун рӯйпӯшҳои хӯлаҳои анодӣ барои ҳифзи намудани конструксияҳо, маснуот ва иншоотҳои пӯлодӣ аз коррозия истифода мешаванд.

Ба сифати маводҳои аввалияи таҳқиқот руҳи тамғаи ХЧ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва лигатураи он бо серий (10% Се), празеодим (10% Пр) ва неодим (10% Nd) истифода гардидааст.

Бо усули потенциодинамикӣ дар муҳитҳои кислотагӣ (0.001н HCl (pH=3)), нейтралӣ (0.03; 0.3; 3% NaCl (pH=7)) ва ишқорӣ (0.001н (pH=10) NaOH) аниқ карда шудааст, ки ҳангоми чавхаронидани хӯлаҳои аввалия бо серий, празеодим ва неодим (то 0.05 %-и вазн) суръати коррозия 2-3 маротиба кам мешавад. Қонуниятҳои тағйирёбии ҳосиятҳои асосии электрохимиявӣ (потенциалҳои коррозия, пिटтингҳосилшавӣ ва репассивӣ)-и хӯлаҳо аз миқдори компонентҳои чавхаронӣ аниқ карда шудааст.

Кинетикаи оксидшавии баландхароратии хӯлаҳои саҳти системаҳои Zn5Al-Се (Pr, Nd) ва Zn55Al-Се (Pr, Nd) бо усули термогравиметрӣ дар оксигени ҳаво таҳқиқ шудааст. Вобастагии гиперболии оксидшавии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al бо серий бузургии минималии энергияи ғаёлшавӣ ва суръати оксидшавиро доранд, вале хӯлаҳои бо неодим чавхаронида бошад – дорои қиматҳои максималии ин бузургӣ мебошанд. Хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al бо празеодим ҳолати фосилавино ишғол менамоянд. Аниқ карда шудааст, ки компонентҳои чавхаронӣ дар ҳудуди 0.005-0.05 %-и вазн оксидшавии хӯлаҳои аввалияро намоён кам менамоянд.

Таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои руҳ-алюминий, ки дар таркибашон МНЗ-и зергурӯҳи серий доранд ва нақши онҳо дар раванди оксидшавӣ бо усули таҳлили рентгенофазавӣ муайян карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда аз оксидҳои якҷанда - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва дучандаи ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> иборатанд.

Микроструктураҳои хӯлаҳои таҳқиқшуда дар микроскопи SEM навъи AIS2100 омӯхта шудааст. Нишон дода шудааст, ки элементҳои чавхаронӣ структураҳои хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al –ро намоён хурд месозанд. Хӯлаҳои бо празеодим ва неодим нисбат ба хӯлаҳои бо серий буда, дорои структураҳои калонҳаҷм мебошанд. Таркиби хӯлаҳои коркарднамудаи ба сифати рӯйпӯшҳои хӯлаҳои анодии муҳофизатӣ истифодашаванда, бо ду патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳифз карда шудааст.

Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замиро дар бар мегирад. Диссертатсия дар 135 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён мегардад, ки дорои 38 ҷадвал ва 55 расм мебошад. Рӯйхати адабиётҳо аз 102 номгӯй иборат аст.

Дар натиҷаи таҳқиқотҳо 22 мақола ба нашр расидааст, аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои тақрибӣ, ки КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия намудааст; дар 36 маводҳои конфронсҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ва 2 патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудааст.

*Калимаҳои калидӣ:* коррозия, хӯлаҳои Zn5Al ва Zn55Al, чавхаронӣ, МНЗ зергурӯҳи серий, услубҳои потенциостатикӣ ва термогравиметрӣ, таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва рентгенофазавӣ, ҳосиятҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ, рафтори анодии хӯлаҳо.

## РЕЗЮМЕ

к диссертации Алихановой Сурайё Джамшедовны «Коррозия сплавов Zn5Al и Zn55Al с церием, празеодимом и неодимом», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

### 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

*Цель работы* заключается в разработке оптимального состава цинк-алюминиевых сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных РЗМ цериевой подгруппы, которые используются в качестве анодных покрытий для повышения коррозионной стойкости стальных сооружений, конструкций и изделий.

В качестве объекта исследования использовались цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и с церием (10% Ce), празеодимом (10% Pr) и неодимом (10% Nd).

Потенциодинамическим методом в кислых (0.001н HCl (pH=3)), нейтральных (0.03; 0.3; 3% NaCl (pH=7)) и щелочных (0.001н (pH=10) NaOH) средах установлено, что скорость коррозии сплавов уменьшается в 2-3 раза при легировании их церием, празеодимом и неодимом до 0.05 мас%. Установлены закономерности изменения основных электрохимических характеристик (потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации) сплавов от содержания легирующих компонентов и хлорид-ионов.

Кинетика высокотемпературного окисления твердых сплавов систем Zn5Al-Ce (Pr, Nd) и Zn55Al-Ce (Pr, Nd) исследована методом термогравиметрии в кислороде воздуха. Установлен гиперболический характер окисления данных сплавов. Выявлено, что сплавы Zn5Al и Zn55Al с церием имеют минимальные величины энергии активации и скорости окисления, а сплавы, легированные неодимом - максимальные значения данных величин. Сплавы Zn5Al и Zn55Al с празеодимом занимают промежуточное положение. Выявлено, что легирующие компоненты в пределах 0.005-0.05 мас% значительно уменьшают окисляемость исходных сплавов.

Фазовый состав продуктов окисления цинк-алюминиевых сплавов, содержащих РЗМ цериевой подгруппы и их роль в процессе окисления определены методом рентгенофазового анализа. Показано, что продукты окисления изученных сплавов представлены одинарными оксидами -  $Al_2O_3$ , ZnO,  $Ce_2O_3$ ,  $Pr_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$  и двойными оксидами -  $ZnAl_2O_4$ ,  $Al_2O_3 \cdot ZnO$ ,  $Al_2O_3 \cdot Ce_2O_3$  и  $Al_2O_3 \cdot Pr_2O_3$ .

Микроструктуры исследованных сплавов изучены на микроскопе SEM серии AIS2100. Показано, что легирующие элементы значительно измельчают структуру сплавов Zn5Al и Zn55Al. Сплавы с празеодимом и неодимом имеют более крупную структуру, чем сплавы с церием. Составы, разработанные в качестве анодных защитных покрытий сплавов, защищены двумя малыми патентами Республики Таджикистан.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, трёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 135 страницах компьютерного набора, включает 38 таблиц, 55 рисунков. Список литературы включает 102 наименований.

По результатам исследований опубликовано 22 работы, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан; в 18 материалах международных и республиканских конференций и получены 2 патента Республики Таджикистан на составы разработанных сплавов.

*Ключевые слова:* коррозия, сплавы Zn5Al и Zn55Al, легирование, РЗМ цериевой подгруппы, потенциостатический и термогравиметрический метод, микрорентгено-спектральный и рентгенофазовый анализ, коррозионно-электрохимические свойства, анодное поведение сплавов.

## SUMMARY

**on Surayo Alikhonova's dissertation "Corrosion of alloys Zn5Al and Zn55Al with cerium, praseodymium and neodymium», wich represented for getting science degrees of candidate of chemical science on 05.17.03 – technology of electrochemical processes and protection against corrosion**

*The work purpose* consists in working out of optimum structure zinc-aluminium of alloys Zn5Al and Zn55Al, alloyed REM a cerium subgroup which are used as anode coverings for increase of corrosion firmness of steel constructions, designs and products.

As object of research were used zinc of mark ХЧ (granulated), aluminium of mark А7 and with cerium (10 % Ce), празеодимом (10 % Pr) and неодимом (10 % Nd).

Potentiodynamical method in sour (0.001N HCl (pH=3)), neutral (0.03; 0.3; 3 % NaCl (pH=7)) and alkaline (0.001N (pH=10) NaOH) environments are established, that speed of corrosion of alloys decreases in 2-3 times at alloed their cerium, praseodymium and neodymium till 0.05 wt.%. Laws of change of the basic electrochemical characteristics (corrosion potentials, pitting formation and repassivation) alloys from the maintenance of alloying components and chlorides-ions are established.

Kinetic high-temperature oxidation of firm alloys of systems Zn5Al-Ce (Pr, Nd) and Zn55Al-Ce (Pr, Nd) it is investigated by a method thermo gravimetrical in air oxygen. Hyperbolic character of oxidation of the given alloys is established. It is revealed, that alloys Zn5Al and Zn55Al with cerium have the minimum sizes of energy of activation and speed of oxidation, and the alloys alloyed neodymium - the maximum values of the given sizes. Alloys Zn5Al and Zn55Al with prazeodymium occupy intermediate position. It is revealed, that alloying components within 0.005-0.05 wt.% considerably reduce oxidability of initial alloys.

Phase structure of products of oxidation zinc-aluminium of the alloys containing REM a cerium subgroups and their role in the course of oxidation are defined by x-ray diffraction method the analysis. Showed, that products of oxidation of the studied alloys are presented unary oxids -  $Al_2O_3$ , ZnO,  $Ce_2O_3$ ,  $Pr_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$  and double oxids -  $ZnAl_2O_4$ ,  $Al_2O_3 \cdot ZnO$ ,  $Al_2O_3 \cdot Ce_2O_3$  and  $Al_2O_3 \cdot Pr_2O_3$ .

Microstructures of the investigated alloys are studied on microscope SEM of series AIS2100. It is shown, that alloying elements considerably crush structure of alloys Zn5Al and Zn55Al. Alloys with praseodymium and neodymium have larger structure, than alloys with cerium. The structures developed as anode sheeting's of alloys, are protected by two patents of Republic Tajikistan.

The dissertation consists of introduction, the review of the literature, three heads, conclusions, the list of the literature and appendices. Work is stated on 135 pages of a computer set, includes 38 tables, 55 drawings. The literature list includes 102 names.

By results of researches 22 works, including 4 articles in the journals recommended BAK at the President of Republic Tajikistan are published; in 18 materials of the international and republican conferences and 2 patents of Republic Tajikistan for structures of the developed alloys also are received.

*Key words:* corrosion, alloys Zn5Al and Zn55Al, alloying, REM cerium subgroup, potentiostatical and thermo gravimetrical methods, electron microprobe and x-ray diffraction, corrosion-electrochemical properties, anodic behaviour of alloys.

Ба чоп 04.10.2017с. ичозат шуд. Ба чоп 10.10.2017с. имзо шуд.  
Коғази офсетӣ. Чопи офсетӣ. Ҳуруфи адабӣ.  
Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 1,5.  
Теъдоди нашр 100 нусха.

---

Дар нашриёти ДРТС чоп шудааст,  
734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе,  
кӯчаи Мирзо Турсунзода - 30