

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ХИМИИ им. В.И. НИКИТИНА

На правах рукописи

УДК 669.76+542.943
ББК 24.5 (2Т)
Н-19

НАЗАРОВ ОДИЛДЖОН НУСРАТОВИЧ

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ И АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ
СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО
ЩЁЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

АВТОРЕФЕРАТ

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

Душанбе – 2023

Диссертация выполнена на кафедре неорганической химии Таджикского национального университета и в лаборатории «Коррозионностойкие материалы» Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

Научный руководитель: **Обидов Зиёдулло Рахматович** - доктор химических наук, доцент, профессор кафедры «Технология химических производств» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Официальные оппоненты: **Назарзода Хайрулло Холназар** - доктор технических наук, доцент, ректор Таджикского государственного университета коммерции
Хамидов Фарход Абдуфатович - кандидат технических наук, заведующий отделом Агенства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана

Ведущая организация: **Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни**

Защита диссертации состоится 4 января 2024 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-010 при Таджикском национальном университете по адресу 734025, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, главный корпус, зал диссовета, 2 этаж. E-mail: ikromovich80@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться на сайте www.tnu.tj и в центральной библиотеке Таджикского национального университета по адресу: 734025, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
д.х.н., и.о. профессора



Раджабов С.И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Развитие современной техники базируется на использовании новых материалов, обладающих достаточно сложным комплексом физико-химических свойств, в частности каталитических, высокой химической стойкостью, жаропрочностью, жаростойкостью, высокой или низкой реакционной способностью, высокими анодными характеристиками и др.

Широкий размах исследований в области химии твердого тела, характерной для современной физической химии, вызвал повышенный интерес к кинетике химических и электрохимических процессов, которая с каждым годом из экзотической и малоизвестной области науки превращается в неотъемлемую часть химической и электрохимической кинетики. Это обстоятельство отражает тот факт, что химическая и электрохимическая кинетика в настоящее время является одним из наиболее математизированным разделом современной физической химии.

Среди множества процессов с участием металлов и сплавов стали предметом наибольшего числа теоретических и экспериментальных исследований. Тем не менее, слишком часто встречаются ещё «белые пятна» - теории, требующие для своего завершения введения многочисленных упрощающих предположений, что, в конце концов, делает их неприменимыми к большинству реальных систем.

В этой области, которая, как известно каждому, имеет большое значение для техники, поскольку включает среди прочих проблемы химической и электрохимической стойкости металлов и сплавов при повышенных и низких температурах. Имеется совокупность данных, достаточно согласующихся между собой, чтобы попытаться создать теорию, согласующихся с экспериментальными данными и объясняющую их.

В настоящее время одной из ключевых задач, вытекающих из производственных решений, является более полное и эффективное использование производимого изделия из металла или углеродистой стали, сокращение потерь металлопродукции от разрушений. Наряду с интенсивным использованием машин, механизмов и различных изделий требуется надежная защита от агрессивного воздействия сред, в которых они эксплуатируются. Кроме того, экономия основных конструкционных материалов и изделий, рациональное их использование также неразрывно связано с надежной защитой их от отрицательного воздействия окружающей среды.

Значительную роль в успешном решении задачи по улучшению и продлению срока службы углеродистых стальных изделий или металлопродукции играют анодные сплавы. Эти сплавы как покрытий увеличивают стойкость и долговечность изделий и защищают металлопродукции от разрушений.

Актуальность тематики исследования требует необходимостью получения комплекса экспериментальных данных, дающих важные сведения о закономерности изменения кинетических и анодных характеристик легированных тройных сплавов при взаимодействии с агрессивными средами и

поиска эффективных способов определения области их использования.

Степень изученности научной темы. В последние годы таджикская и зарубежная литература обогатилась рядом ценных монографий, посвященных отдельным группам легированных сплавов. Это и понятно, так как легирование и обработка промышленных, гостированных, эвтектических или эвтектоидных сплавов разного назначения имеет так много специфических особенностей, что в настоящее время является предметом специализации отдельных исследователей. Однако главное направление развития учения о легировании сплавов определяется не только изучением процессов в сплаве данного применения. Ещё более важно познание общих физико-химических процессов, определяющих многие свойства легированных сплавов любого назначения и явления, наблюдающиеся при их обработке или во время службы.

Проведенный нами анализ роли легирования и других влияющих факторов показывает, что многие частные химические и электрохимические процессы и явления в сплавах и сталях того или иного назначения могут быть объяснены более общими процессами. Те процессы, которые обусловлены в свою очередь либо энергией взаимодействия элементов, либо влиянием последних на соотношение видов и прочность межатомной связи, либо особым строением межкристаллитного слоя и структурным фактором, двумя или несколькими факторами одновременно.

Среди многих проблем для химика существует одна из важнейших – определение времени от температуры, необходимого для протекания превращений в наблюдаемых системах. Например, знание этого времени особенно важно для инженеров, в чью задачу входит производство новых химических материалов за определенные промежутки времени, но решение вопроса о механизме кинетики химических и электрохимических процессов, используемых на различном производстве. Необходимо, что применяемый ими материал не подвергался никаким спонтанным превращениям в течение предполагаемого времени его использования, несмотря на термодинамическую нестабильность этого материала в условиях его применения.

В практике доказано, что среди многочисленных процессов нанесения защитных покрытий на стальные изделия цинкование занимает одно из ведущих мест. Из металлических покрытий в мировой практике широко применяют цинк-алюминиевые. В настоящем исследовании сосредоточено на разработке нового класса защитного покрытия из сплава $Zn_{0.5}Al$ путем легирования его щёлочноземельными металлами и изучения кинетики окисления и анодное поведение сплавов.

Связь исследования с научными программами. Диссертационная работа способствует решению четвёртой стратегической задачи по развитию химической, металлургической и машиностроительной промышленности на основе местного сырья. Результаты диссертационной работы направлены на решении отдельных задач «Национальной стратегии развития Таджикистана на период до 2030 года» и её начального этапа, включенные в «Программу среднесрочного развития Республики Таджикистан на 2016-2020 годы».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является изучение кинетики окисления и анодного поведения сплава $Zn_{0.5}Al$ с щёлочноземельными металлами (Ca, Sr, Ba) в различных агрессивных средах и разработке оптимального состава новых сплавов, которые предназначены в качестве анодных защитных покрытий углеродистых стальных изделий и конструкций.

Задачи исследования:

- исследование влияния легирующих добавок щёлочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) на кинетику окисления сплава $Zn_{0.5}Al$, в твердом состоянии и воздушной среде;
- определение фазовых составов продуктов окисления исследуемых сплавов и установление их роли в механизме окислительного процесса;
- исследование влияния легирующих добавок щёлочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ в растворах сильных электролитов HCl, NaCl и NaOH;
- изучение влияния легирующих добавок кальция, стронция и бария на микроструктуру сплава $Zn_{0.5}Al$;
- оптимизация химического состава исследуемых сплавов посредством изучения их структуры и свойств и определение области их использования.

Объекты исследования. Объектами исследования данной работы являются цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры с кальцием (AlCa10), стронцием (AlSr10) и барием (AlBa10) (по мас. %).

Предмет исследования. Предмет исследования является изучение влияния добавок щёлочноземельных металлов на кинетику окисления и анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ в различных условиях.

Методы исследования. Исследование состава, структуры и физико-химические свойства сплавов проводились микрорентгеноспектральным, термогравиметрическим, рентгенофазовым, потенциостатическим и металлографическим методами.

Этапы исследования. Диссертационное исследование было выполнено в период 2014-2020 гг. по следующим этапам:

- изучение и анализ литературных сведений по сплавам на основе $Zn_{0.5}Al$ с добавками щёлочноземельных металлов (Ca, Sr, Ba);
- разработка способов и оптимальных условий синтеза сплавов цинка с алюминием и щёлочноземельных элементов;
- определение состава и изучение кинетики окисления синтезированных сплавов цинка с алюминием и элементами подгруппы кальция;
- проведение системный анализ и установление закономерности изменения анодных характеристик исследуемых сплавов в средах электролитов при различных значениях pH;
- металлографическое исследование микроструктуры и рентгенофазовый анализ продуктов при окислении указанных сплавов.

Информационная база исследования. Информационной базой настоящей диссертации являются научные труды – патенты, монографии,

диссертации, периодические научные журналы, материалы симпозиумов, конференций и интернет портал, посвященных цинковым и цинково-алюминиевым сплавам (глубина поиска более 30 лет).

Исследование влияния щёлочноземельных металлов на кинетику высокотемпературного окисления и анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ в различных средах и условиях эксперимента проведены с применением сканирующего электронного микроскопа SEM серии AIS 2100; импульсной потенциостат ПИ-50.1.1; металлографического микроскопа ERGOLUX AMC; термогравиметрических весов и прибора ДРОН-2.0. Математическая и статистическая обработка экспериментальных результатов выполнялась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Научная новизна исследования. В результате проведённых исследований установлено влияние добавок щёлочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) на кинетику окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ кислородом газовой фазы. Определены механизм образования оксидной плёнки на поверхности сплавов при окислении и показаны их защитную способность в процессе газовой коррозии. Установлено влияние добавок элементов подгруппы кальция на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ в растворах сильных электролитов. Определены зависимости изменения электродных потенциалов и скорости коррозии от состава и микроструктуры сплавов, а также от концентрации хлорид и гидроксид-ионов в электролитах HCl, NaCl и NaOH.

Теоретические основы исследования. В диссертации изложены теоретические основы доказательства положительного влияния структуры, фазового состава, кинетические и анодные характеристики, концентрации легирующих добавок кальция, стронция и бария на физико-химические свойства эвтектоидного сплава $Zn_{0.5}Al$. Обоснованы закономерности изменения кинетических и анодных характеристик сплавов от природы компонентов состава и условиях экспериментальных исследований.

Практическая значимость исследования. Разработан оптимальный состав нового класса анодных защитных покрытий на основе сплава $Zn_{0.5}Al$ с щёлочноземельными металлами для защиты изделий и конструкций из углеродистых сталей от разрушения. Разработанные оптимальные составы сплавов защищены малым патентом Республики Таджикистан (ТJ №1081).

Проведены опытно-лабораторные испытания образцов сплава – покрытия в камеру солевого тумана. Экономический эффект от использования сплава, как анодного покрытия на $1m^2$ защищаемой поверхности стали составляет 8.5\$ США, за счёт улучшения долговечности стальных изделий и продления срока их службы (имеется акт внедрения).

Положения, выносимые на защиту:

- результаты микрорентгеноспектрального анализа и микроструктуры сплава $Zn_{0.5}Al$ с различным содержанием щёлочноземельных металлов;
- результаты экспериментального исследования кинетики окисления сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного элементами подгруппы кальция, в твердом состоянии и воздушной среде;

- результаты рентгенофазового анализа продуктов высокотемпературного окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием, стронцием и барием;
- результаты экспериментального исследования влияние легирующих добавок кальция, стронция и бария на анодное поведение эвтектоидного сплава $Zn_{0.5}Al$, в кислых (HCl), нейтральных (NaCl) и щелочных (NaOH) электролитах от pH среды.

Степень достоверности результатов. Исследований по разработке нового класса анодных защитных покрытий на основе сплава $Zn_{0.5}Al$ с щёлочноземельными металлами и установление кинетических и анодных характеристик сплавов в различных средах обосновано применением экспериментальных методов изучения их состава, структуры и свойств, а также согласованностью полученных результатов выполненного исследования. Научно-практические результаты диссертационной работы обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах и материалах конференции.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует формуле специальности 02.00.04 – раздел химической науки об общих законах, определяющих строение веществ, направление и скорость химических и электрохимических превращений при различных внешних условиях; о количественных взаимодействиях между химическим составом, структурой вещества и его свойствами. В частности, диссертация соответствует паспорту научной специальности 02.00.04 – физическая химия по пунктам 4, 5, 7, 11. Разработанные сплавы на основе $Zn_{0.5}Al$ с добавками щёлочноземельных элементов, вследствие изучения их кинетики окисления и анодного поведения в различных условиях экспериментальных исследований, целесообразно проявляют существенные эксплуатационные свойства, которые нужны для ускоренного развития современных областей промышленности.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задачи исследования, сборе и анализе литературных данных по теме диссертации, проведении экспериментов и их обработке, формулировке выводов диссертации и публикации результатов исследования.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались на: Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан». Таджикский национальный университет (Душанбе, 2020г.); Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет (Душанбе, 2020г.); Респ. конф. с международным участием «Комплексные соединения и аспекты их применения». Таджикский национальный университет (Душанбе, 2021г.).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликованы 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 5 статей в материалах международных и республиканских конференций, а также получено 1 малый патент Республики Таджикистан.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общая характеристика работы, четырёх глав, заключение, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 139 страницах компьютерного набора, включая 38 таблицы, 49 рисунков и 126 библиографических наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность, сформулированы цели и задачи научной работы, значимость проводимых исследований, отражены научная и практическая значимость в физической химии, описана научная новизна и возможность применения результатов в производство, перечислены положения, выносимое на защиту.

Первая глава диссертации **«Физико-химические свойства цинка и цинково-алюминиевых сплавов в различных агрессивных средах»** представляет собой литературный обзор, в котором проведен подробный анализ о свойстве и применении цинка и его сплавов в различных условиях. Обсуждены кинетики окисления и анодного поведения цинка и цинково-алюминиевых сплавов в различных средах; структурные составляющие и фазы в оксидных плёнках на основе Zn-Al сплавов; поведение Zn-Al сплавов в растворах сильных электролитов. Доказано оправданное применение защитных покрытий на основе Zn-Al в химической технологии, строительстве, металлургии, гальванотехнике, машиностроении, судостроении, автомобилостроении и др. Показана необходимость проведения экспериментальных исследований кинетики окисления и анодное поведение сплава Zn_{0.5}Al, легированного щёлочноземельными металлами с целью разработки новых анодных защитных сплавных покрытий углеродистых стальных изделий и конструкций.

Во второй главе диссертации **«Объекты, приборы и принадлежности, методы экспериментального исследования»** проведены целенаправленные исследования по получению сплавов систем Zn_{0.5}Al–Ca, Zn_{0.5}Al–Sr и Zn_{0.5}Al–Ba в результате синтеза и анализа химического состава сплавов. Выявлены закономерности протекания кинетических и анодных процессов в зависимости от условий и параметр физико-химических свойств ингредиентов состава сплавов. Определены состав, строение, структура и свойства сплавов микрорентгеноспектральным, рентгенофазовым, термогравиметрическим, потенциостатическим и металлографическим методами.

В третьей главе диссертации **«Кинетика окисления сплава Zn_{0.5}Al, легированного щёлочноземельными металлами, в твердом состоянии»** приведены результаты влияния добавок кальция, стронция и бария на кинетику высокотемпературного окисления сплава Zn_{0.5}Al в зависимости от температуры и времени окислительного процесса.

Для исследования кинетики окисления получали образцы сплава Zn_{0.5}Al, легированного по 0.01÷1.0 мас.% щёлочноземельными металлами. Термогравиметрическое исследование кинетики окисления твёрдых сплавов

проводили в воздушной среде и измеряли увеличение удельной массы образца, вследствие роста оксидной плёнки во времени, при постоянных температурах 523, 573 и 623 К.

Окисление образцов сплавов осуществляли в течение 1 ч. Так как масса сплава на единицу площади его поверхности практически не изменялась во времени, кинетические кривые окисления сплавов ограничились 30 мин. Полученные кинетические кривые окисления сплавов (рис. 1) свидетельствуют о сложном характере процесса окисления сплавов. Кривые окислительного процесса сплава $Zn_{0.5}Al$ имеют степенной характер. В первые 15 мин скорость окисления резко увеличивается (рис. 1а), что связано с растрескиванием и снижением защитных свойств оксидного слоя. Свойственной особенностью кривых окисления указывает на высоту степенного уровня.

С повышением температуры удельная масса всех образцов (g/s) возрастает в зависимости от времени (t). Сначала процесс окисления сплавов интенсивно протекает до 12 мин по линейному закону. Затем, по мере проявления защитной способности оксидной пленки линейная зависимость переходит в гиперболу (рис. 1б). Это связано с тем, что на поверхности исследуемых сплавов образуется толстые оксидные защитные слои, состоящие из продуктов окисления типа шпинели $ZnAl_2O_4$ и $CaAl_2O_4$, способствующих торможению протекающего окисления.

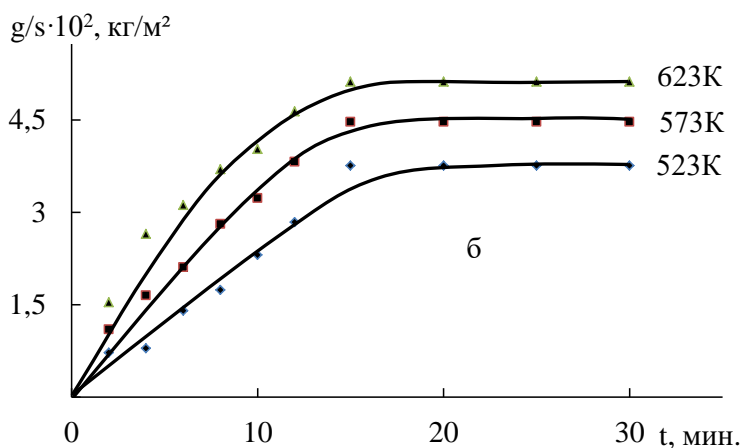
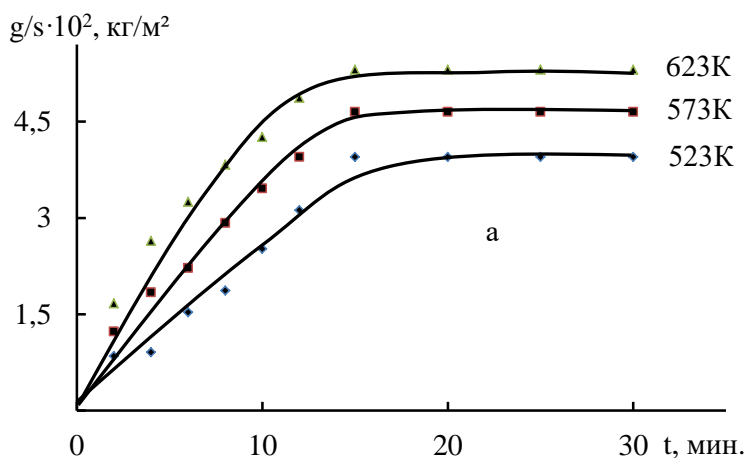


Рисунок 1 – Кинетические кривые окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ (а), содержащего 0.01 мас.% кальций (б)

Скорость окисления образцов сплава повышается пропорционально увеличению концентрации щёлочноземельного металла до 1.0 мас.%. Все добавки бария повышают окисляемость сплава Zn_{0.5}Al. Повышение температуры также заметно влияет на ход протекания окислительного процесса. Значительное снижение скорости окисления наблюдается при содержании в сплаве 0.01÷0.1% Ca и Sr. Показано, что при переходе от сплавов с кальцием к сплаву со стронцием и далее к сплавам с барием окисляемость сплавов несколько увеличивается (табл. 1).

Таблица 1 – Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава Zn_{0.5}Al с элементами подгруппы кальция

Добавки Ca, Sr и Ba в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Скорость окисления $K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергия активации окисления, кДж/моль
–	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01 Ca	523	2.21	186.1
	573	2.50	
	623	2.65	
0.01 Sr	523	3.20	173.8
	573	3.34	
	623	3.64	
0.01 Ba	523	3.82	160.5
	573	4.05	
	623	4.36	
0.1 Ca	523	2.51	180.4
	573	2.80	
	623	2.96	
0.1 Sr	523	2.62	182.5
	573	2.90	
	623	3.08	
0.1 Ba	523	4.07	153.0
	573	4.33	
	623	4.79	
1.0 Ca	523	3.33	171.5
	573	3.47	
	623	3.78	
1.0 Sr	523	4.20	147.7
	573	4.53	
	623	5.00	
1.0 Ba	523	4.39	146.1
	573	4.71	
	623	5.18	

На рис. 2 приведены квадратичные кинетические кривые зависимости изменения массы образца от температуры и времени окисления для сплава с 1% кальцием. В координатах $(g/s)^2-t$ кривые не укладываются на прямолинейности, то есть указывают о гиперболическом механизме окисления сплавов, что согласуется с уравнением $(y=Kx^n)$ математической обработки кривых (табл. 2). Подобные же кривые получены и для других сплавов систем Zn-Al-Ca(Sr, Ba), где степенное значение n меняется в пределах $2 \div 4$. По своему разнообразию кривые отличаются, хотя все подчиняются гиперболической зависимости.

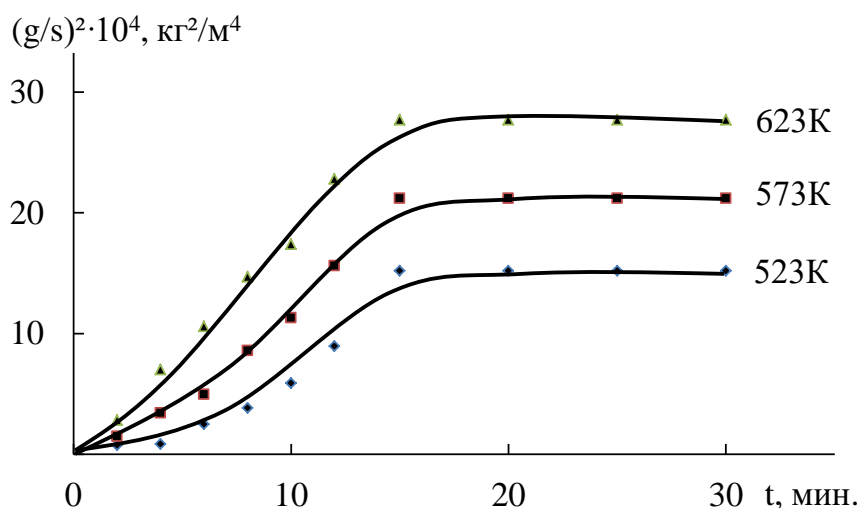


Рисунок 2 – Квадратичные кривые процесса окисления сплава Zn_{0.5}Al, содержащего 1.0% кальций

Таблица 2 – Результаты математической обработки кинетических кривых окисления твердых сплавов систем Zn_{0.5}Al-Ca(Sr, Ba)

Добавка легирующего компонента в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Полиномы кинетических кривых окисления сплавов	Коэффициент корреляции, R
–	523	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0 Ca	523	$y = -0.001x^4 - 0.012x^3 + 0.241x^2 - 0.249x$	0.994
	573	$y = -0.001x^4 - 0.016x^3 + 0.281x^2 - 0.697x$	0.991
	623	$y = -0.001x^4 - 0.019x^3 + 0.310x^2 - 0.905x$	0.988
1.0 Sr	523	$y = -0.001x^4 - 0.019x^3 + 0.340x^2 - 0.311x$	0.992
	573	$y = -0.001x^4 - 0.021x^3 + 0.351x^2 - 0.744x$	0.991
	623	$y = -0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.361x^2 - 0.947x$	0.988
1.0 Ba	523	$y = -0.001x^4 - 0.023x^3 + 0.263x^2 - 0.270x$	0.988
	573	$y = -0.001x^4 - 0.027x^3 + 0.301x^2 - 0.722x$	0.989
	623	$y = -0.001x^4 - 0.032x^3 + 0.331x^2 - 0.941x$	0.991

Кривые зависимости $\lg K$ от $1/T$ (2–6) для сплава, содержащего различные концентрации кальция располагаются ниже по сравнению с кривой (1) исходного сплава $Zn_{0.5}Al$. Такое расположение кривых свидетельствует о снижении скорости окисления легированных кальцием сплавов. Кривые (5, 6) по сравнению с кривыми (2–4) находится вблизи кривой (1), что указывает на некоторое повышение окисляемости сплава, содержащего 0.5 и 1.0% кальций (рис. 3).

На изохроне, представленные на рис. 4 наблюдается, что при снижении скорости окисления образцов из сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием увеличивается величина энергии активации для всех составов сплавов, легированных кальцием. Предельная эффективная концентрация кальция в сплаве $Zn_{0.5}Al$ составляет от 0.01 до 0.1 мас.%, поскольку значительно уменьшается скорость окисления.

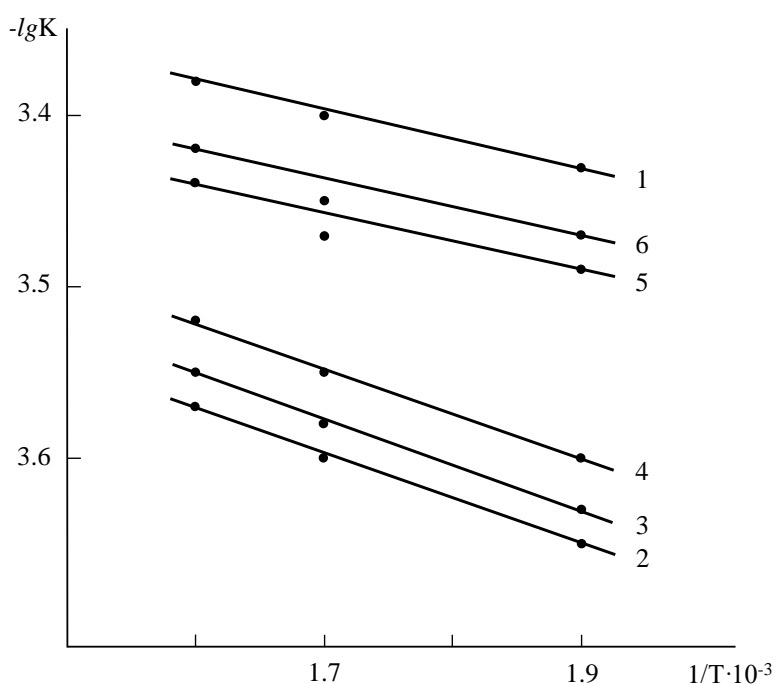


Рисунок 3 – Зависимость $-\lg K$ от $1/T$ для сплава $Zn_{0.5}Al$ (1), содержащего кальция, мас. %: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6)

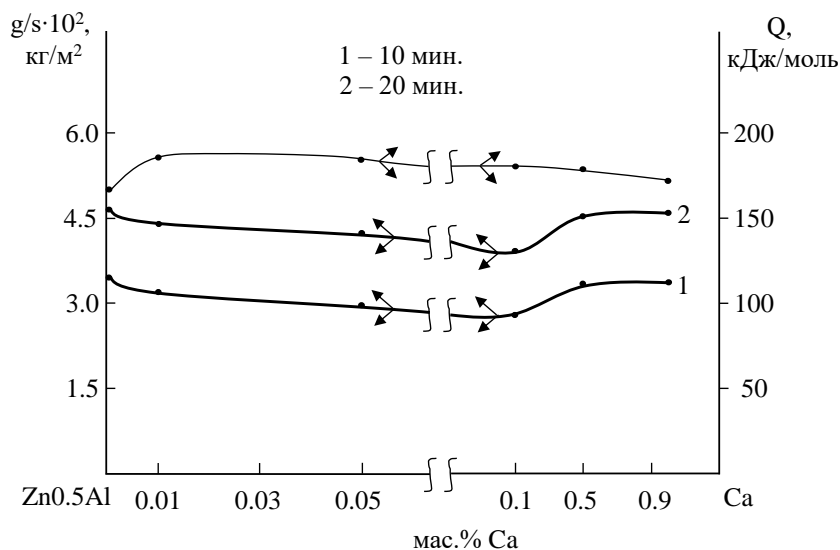


Рисунок 4 – Изохроны окисления (573 К) сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием

Щёлочноземельные металлы в пределах подгруппы закономерно влияют на окисляемость сплава Zn0.5Al. От кальция к стронцию, далее к барию несколько возрастает окисления сплавов. Кальций и стронций в количествах 0.01÷0.1 мас.% способствуют уменьшению окисляемости сплава Zn0.5Al, а барий при различной концентрации увеличивает его окисляемость (рис. 5).

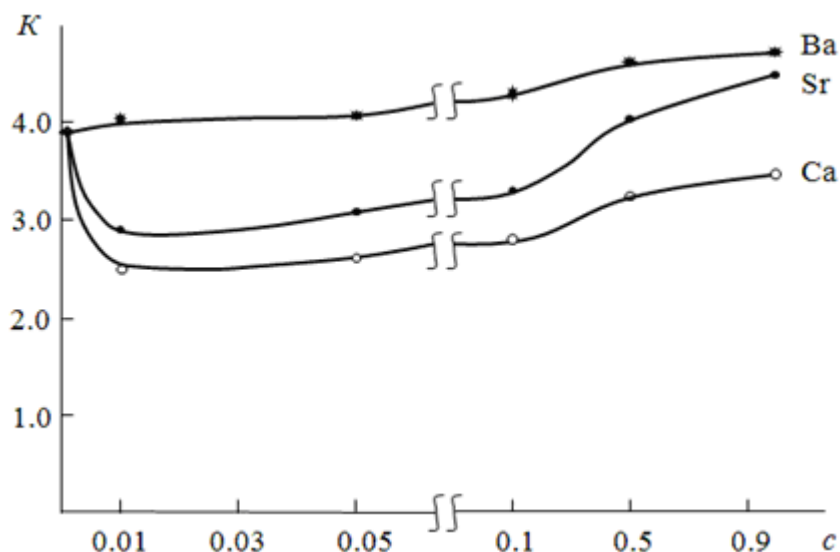


Рисунок 5 – Сравнительный график изменения скорости окисления ($K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$) сплава Zn0.5Al от содержания (c , мас.%) щёлочноземельных металлов при температуре 573 К

Из таблицы 3 видно, что по мере перехода от сплавов с кальцием к сплавам со стронцием и барием происходит некоторое снижение величины эффективной энергии активации сплавов. Среди легирующих элементов наибольшее значение энергии активации окислительного процесса имеют сплавы с кальцием.

Таблица 3 – Сравнение изменения энергии активация процесса окисления сплава Zn0.5Al от содержания элементов подгруппы кальция

Температура окисления, К	Легирующий компонент сплава Zn0.5Al	Энергия активации, кДж/моль					
		Содержание добавки, мас.%					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
523 573 623	Zn0.5Al (1)	168.4	-	-	-	-	-
	(1) – Ca	-	186.1	184.0	180.4	174.9	171.5
	(1) – Sr	-	173.8	177.2	182.5	159.1	147.7
	(1) – Ba	-	160.5	158.2	153.0	149.6	146.1

Окисление твёрдых металлических сплавов сопровождается некоторым ростом защитной плёнки, создающиеся на поверхности. В окислительном процессе происходит перемещения металлического сплава и ионов кислорода в противоположащих направлениях поверхностей раздела фаз: Me → оксид; оксид → газовая фаза. В данном случае, при окислении сплава Zn0.5Al с

щёлочноеземельными металлами выборочного состава происходит образование продуктов реакций, состоящие из смеси их оксидов ZnO , Al_2O_3 , CaO , SrO , $ZnAl_2O_4$, $CaAl_2O_4$, $SrAl_2O_4$ и $BaAl_2O_4$ (рис. 6). При окислении других составов сплавов, кроме указанных оксидов, также преимущественно образуется BaO .

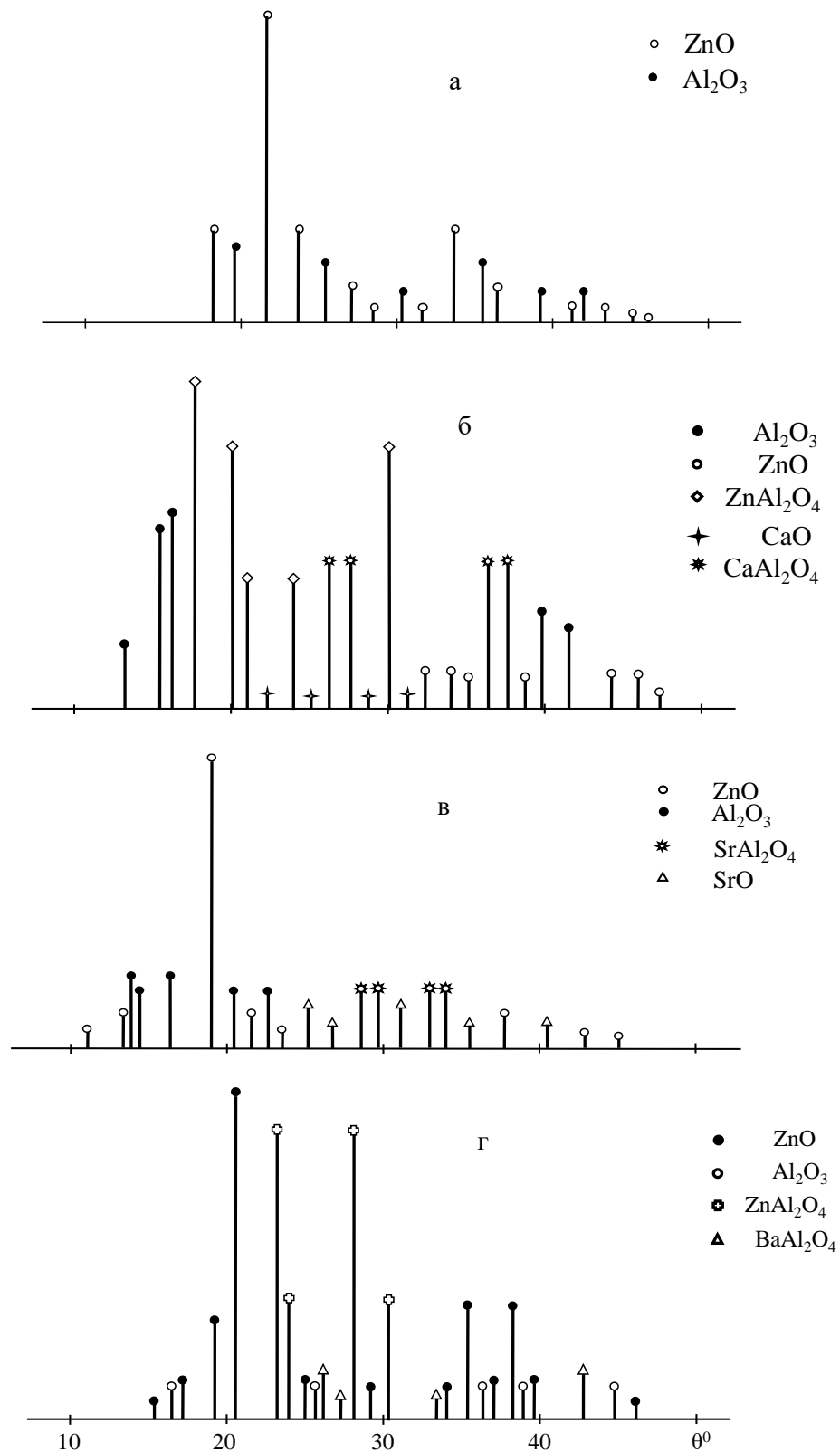


Рисунок 6 – Штрихрентгенограмма продуктов окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ (а), содержащего по 0.01% кальций (б), стронций (в) и барий (г)

В четвертой главе диссертации «Анодное поведение сплава Zn0.5Al, легированного щёлочноземельными металлами, в растворах сильных электролитов» приведены результаты влияния добавок кальция, стронция и бария на анодное поведение сплава Zn0.5Al в растворах электролитов HCl, NaCl и NaOH. Для исследования процесса анодного растворения сплава Zn0.5Al с различным содержанием щёлочноземельных металлов использовали режим потенциодинамической развёртки со скоростью 2мВ/с.

Активное анодное растворение наблюдается в первые минуты исследования погружением образцы сплава в тестовых электролитах. Сдвиг потенциала в направлении отрицательных значений изменяет поляризационный ход анодных кривых. Наибольшую электрохимическую активность сплавы проявляют в кислом и щелочном электролите в присутствии хлорид и гидроксид-ионов. Дальнейшая поляризация сплавов приводит к инициированию анодного процесса. Общими для анодных кривых являются участки растворения, пассивные участки и площадки предельного тока (рис. 7).

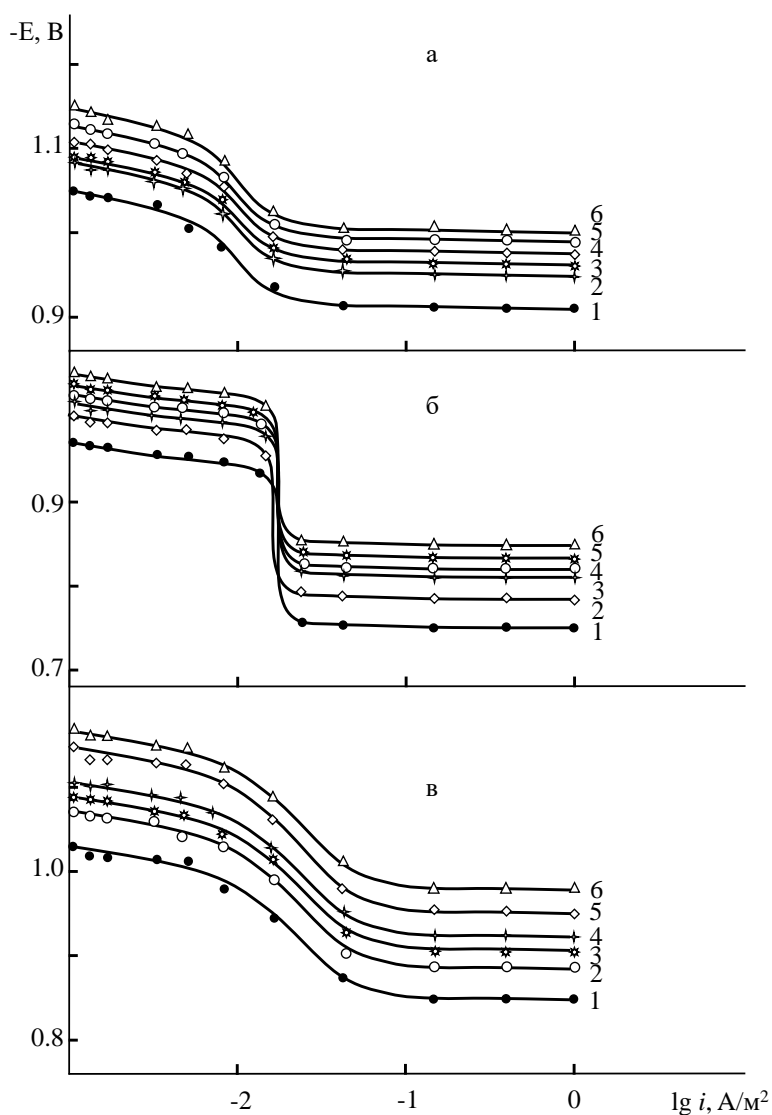


Рисунок 7 – Анодные поляризационные кривые сплава Zn0.5Al (1) с кальцием, мас. %: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6), в растворах электролитов 0.001н. HCl (а), 0.03% NaCl (б) и 0.001н. NaOH (в)

При увеличении концентрации Ca, Sr и Ba в сплаве Zn0.5Al, как при минимальном (0.01%), так и при максимальном (1.0%) содержании щёлочноземельного металла наблюдается рост анодных характеристик по схеме: кальций → стронций → барий, что коррелируется с изменением их свойства в пределах групп. Добавки (0.01÷0.1%) щёлочноземельных металлов повышают анодную устойчивость и снижают скорости электрохимической коррозии сплава Zn0.5Al по вышеуказанной схеме (табл. 4, рис. 8).

Таблица 4 – Влияние легирующих добавок щёлочноземельного металла на анодные характеристики сплава Zn0.5Al, в растворах сильных электролитов

Электролит	Добавки Ca, Sr и Ba в сплаве, мас.%	Электрохимические потенциалы				Скорость коррозии	
		-E _{св.кор.}	-E _{кор.}	-E _{п.о.}	-E _{реп.}	<i>i</i> _{кор.} ·10 ²	K·10 ³
		В				А/м ²	г/м ² ·ч
0.1N HCl	–	1.190	1.195	1.030	1.036	0.178	2.17
	0.01 Ca	1.285	1.291	1.087	1.093	0.058	0.71
	0.01 Sr	1.301	1.312	1.102	1.114	0.061	0.74
	0.01 Ba	1.332	1.342	1.142	1.154	0.087	1.06
	0.1 Ca	1.304	1.310	1.105	1.111	0.063	0.77
	0.1 Sr	1.324	1.330	1.128	1.138	0.071	0.86
	0.1 Ba	1.354	1.360	1.168	1.178	0.090	1.10
3% NaCl	–	1.070	1.086	0.779	0.804	0.055	0.67
	0.01 Ca	1.153	1.166	0.863	0.869	0.022	0.26
	0.01 Sr	1.118	1.131	0.828	0.834	0.025	0.30
	0.01 Ba	1.083	1.096	0.792	0.799	0.028	0.34
	0.1 Ca	1.178	1.185	0.885	0.896	0.029	0.35
	0.1 Sr	1.143	1.150	0.850	0.861	0.031	0.37
	0.1 Ba	1.108	1.115	0.815	0.826	0.034	0.41
0.1N NaOH	–	1.210	1.216	0.920	0.936	0.133	1.62
	0.01 Ca	1.255	1.258	0.975	0.977	0.044	0.53
	0.01 Sr	1.274	1.277	0.994	1.006	0.054	0.65
	0.01 Ba	1.290	1.300	1.006	1.016	0.066	0.80
	0.1 Ca	1.282	1.289	1.054	1.063	0.050	0.61
	0.1 Sr	1.301	1.308	1.073	1.082	0.066	0.80
	0.1 Ba	1.321	1.338	1.080	1.092	0.089	1.09

Сравнение экспериментальных результатов от pH среды свидетельствует, что в соответствии от легированных кальцием сплавов к сплавам со стронцием и барием несколько увеличивается скорость коррозии, что согласуется ростом с порядковым номером щёлочноземельного металла в таблице химических элементов (рис. 8). Для правильного выбора наиболее эффективного компонента образцов сплава среди щёлочноземельных металлов рекомендуется выбрать кальций и стронций. Предложенная рекомендация также объясняется полученным согласованным результатом при анализе микроструктуры сплавов систем Zn0.5Al–Ca(Sr, Ba) (рис. 9).

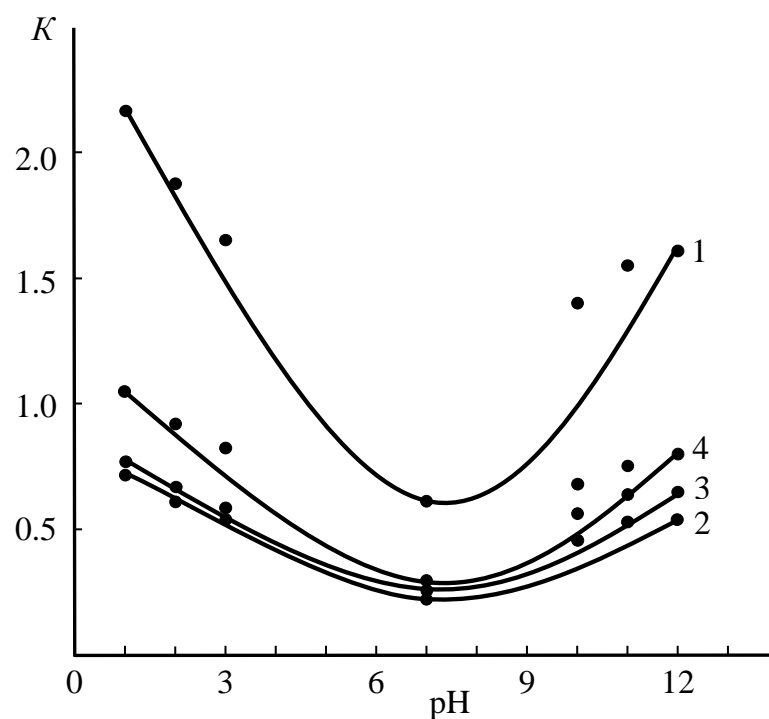


Рисунок 8 – Зависимость скорости коррозии $K \cdot 10^3$ (г/м²·ч) сплава Zn0.5Al (1), содержащего по 0.01 мас.% кальция (2), стронция (3) и бария (4) от pH среды

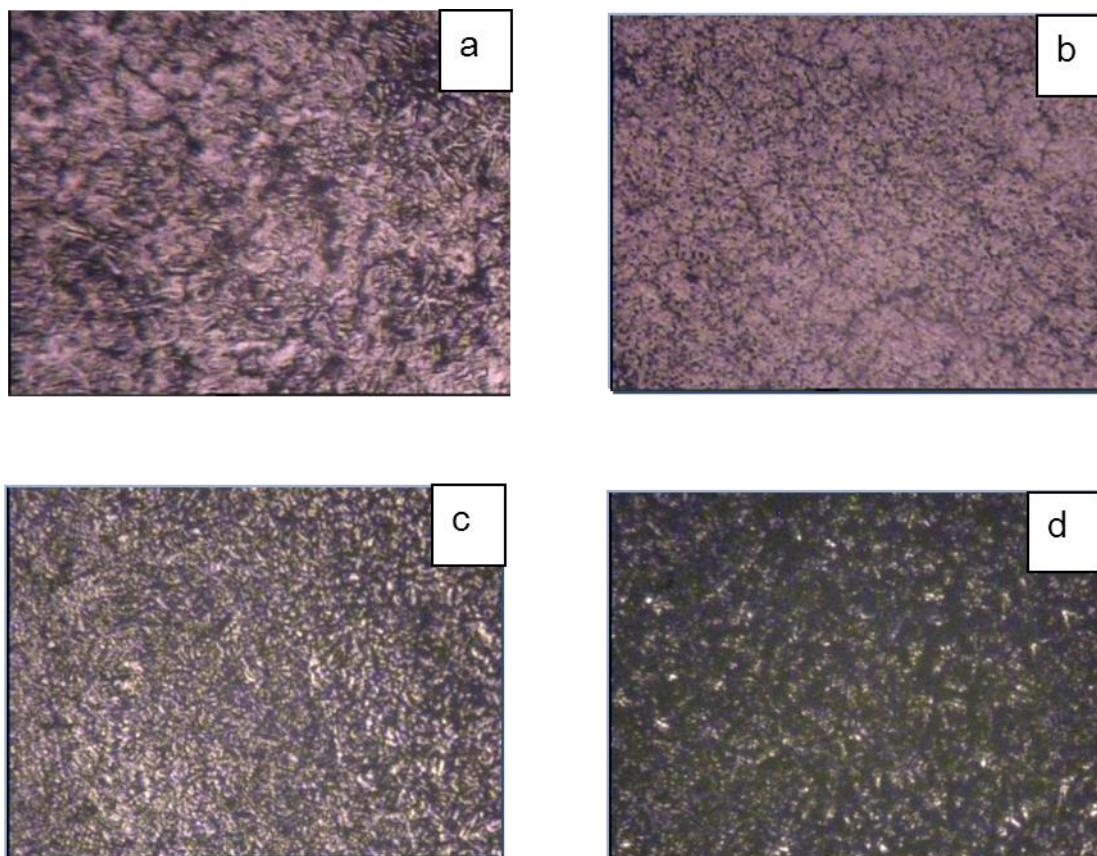


Рисунок 9 – Микроструктуры ($\times 500$) сплава Zn0.5Al (a), содержащего по 0.01 мас.% кальция (b), стронция (c) и бария (d)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы:

1. Термогравиметрическим методом исследовано влияние добавок щёлочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) на кинетику высокотемпературного окисления сплава Zn0.5Al, в воздушной среде. Установлено, что легирующих добавок кальция и стронция (по 0.01÷0.1 мас.%) в интервале температур 523÷623 К значительно уменьшают окисляемость сплава Zn0.5Al, а добавки бария несколько увеличивают склонность его к окислению [2-А, 3-А, 7-А, 9-А].

2. Выявлено, что с увеличением порядкового номера металла из групп щелочноземельных металлов наблюдается несколько уменьшение энергии активации окисления сплавов [2-А, 3-А, 7-А, 9-А].

3. Методом рентгенофазового анализа идентифицирован фазовый состав оксидных плёнок, образующихся на поверхности сплавов при окислении. Установлено, что при окислении изученных сплавов образуются: ZnO; Al₂O₃; CaO; SrO; BaO; ZnAl₂O₄; CaAl₂O₄; SrAl₂O₄; BaAl₂O₄ [2-А, 9-А].

4. Потенциостатическим методом установлено, что добавки Ca, Sr и Ba (0.01÷0.1 мас.%) в 2–3 раза снижают скорость коррозии сплава Zn0.5Al в кислых (pH=1; 2; 3), нейтральных (pH=6,8-7) и щелочных (pH=10; 11; 12) растворах электролитов HCl (0.1; 0.01; 0.001н.); NaCl (3.0; 0.3; 0.03%) и NaOH (0.001; 0.01; 0.1н.) [1-А, 3-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А].

5. Потенциодинамическим исследованием (2 мВ/с) установлено повышения анодной устойчивости сплава Zn0.5Al, легированного кальцием, стронцием и барием в диапазоне pH=3÷10 [1-А, 3-А, 4-А, 6-А, 8-А, 10-А].

6. Методом металлографического анализа показано модифицирующее воздействие щёлочноземельного металла на структуру сплава Zn0.5Al. Выявлено, что кальций и стронций, чем барий более эффективно измельчают литую структуру сплава Zn0.5Al [3-А].

7. Разработанные составы анодных сплавов защищены патентом Республики Таджикистан (№ TJ 1081) [5-А]. Экономический эффект составляет 8.5\$ США за счёт улучшения долговечности углеродистых стальных изделий.

Рекомендации по практическому использованию результатов исследования:

– результаты выполненного исследования рекомендуются для использования в области физической химии, химической технологии, материаловедении и металлургии;

– сплавы Zn0.5Al с кальцием, стронцием и барием рекомендуются как анодных защитных покрытий для повышения анодной устойчивости и увеличения срока службы углеродистых стальных конструкций и изделий.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

[1-А]. Назаров О.Н. Потенциодинамическое исследование коррозионно-электрохимического поведения сплава Zn0.5Al с барием, в нейтральной среде /

О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук.– 2019.– № 3. – С. 176-182.

[2-А]. **Назаров О.Н.** Окисление цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием, в твердом состоянии / О.Н. Назаров, З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2020. – № 4. – С. 208-216.

[3-А]. Обидов З.Р. Высокотемпературная и электрохимическая коррозия сплава Zn0.5Al, легированного кальцием, в различных средах (High Temperature and Electrochemical Corrosion of Zn0.5Al Alloy Doped with Calcium in Various Media) / З.Р. Обидов, Р.Амини, **О.Н. Назаров**, И.Н. Ганиев и др. // Известия вузов. Химия и химическая технология (Russian Journal Chemical & Chemical Technology). Scopus.– 2020.– Т. 63.– Вып. 11.– С. 20-26.

[4-А]. **Назаров О.Н.** Влияние добавок бария на коррозионное поведение цинкового сплава Zn0.5Al / О.Н. Назаров // Вестник Таджикского государственного педагогического университета. Серия естественных наук. – 2022. – № 2 (14). – С. 173-177.

Изобретения:

[5-А]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1081. Цинк-алюминиевый сплав / **О.Н. Назаров**; заявитель и патентообладатель: О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов и др. / № 2001388; заявл. 20.01.20, опубл. 15.04.20, бюл. 159, 2020. – 3 с.

Статьи, опубликованные в материалах конференций:

[6-А]. **Назаров О.Н.** Влияние бария на анодное поведение сплава Zn0.5Al с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2020. – С. 74-77.

[7-А]. **Назаров О.Н.** Окисление сплава Zn0.5Al с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2020. – С. 77-80.

[8-А]. **Назаров О.Н.** Влияние стронция на анодное поведение цинкового сплава Zn0.5Al / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – Душанбе. – 2020. – С. 211-212.

[9-А]. **Назаров О.Н.** Окисление цинкового сплава Zn0.5Al, легированного барием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Мат. Респ. конф. с международным участием «Комплексные соединения и аспекты их применения». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2021. – С. 48-51.

[10-А]. **Назаров О.Н.** Анодное поведение цинкового сплава Zn0.5Al с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Мат. Респ. конф. с международным участием «Комплексные соединения и аспекты их применения». Таджикский национальный университет. – 2021. – С. 52-55.

**ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН
ИНСТИТУТИ КИМИЁИ ба номи В.И. НИКИТИН**

Бо ҳуқуқи дастнавис

УДК 669.76+542.943
ББК 24.5 (2Т)
Н-19

НАЗАРОВ ОДИЛҶОН НУСРАТОВИЧ

**КИНЕТИКАИ ОКСИДШАВӢ ВА РАФТОРИ
АНОДИИ ХӯЛАИ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО МЕТАЛЛҶОИ
ИШҚОРЗАМИНӢ ҶАВҶАРОНИДАШУДА**

АВТОРЕФЕРАТИ

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

Душанбе – 2023

Диссертатсия дар кафедраи химияи ғайриорганикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва озмоишгоҳи маводҳои ба коррозия устувори Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро карда шудааст.

Роҳбари илмӣ: **Обидов Зиёдулло Раҳматович** - доктори илмҳои химия, дотсент, профессори кафедраи технологияи истеҳсолоти химиявии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Муқарризони расмӣ: **Назарзода Хайрулло Холназар** – доктори илмҳои техникӣ, дотсент, ректори Донишгоҳи давлатии тиҷорати Тоҷикистон
Ҳамидов Фарход Абдуфатоҳович – номзоди илмҳои техникӣ, мудири шуъбаи Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон


Муассисаи пешбар: **Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ**

Ҳимояи диссертатсия 4 январи соли 2024, соати 10⁰⁰ дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.KOA-010-и назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон баргузор мегардад. Суроға: 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рудақӣ, 17 Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, бинои асосӣ, толори шурои диссертатсионӣ, ошонаи 2. E-mail: ikromovich80@mail.ru

Бо муҳтавои диссертатсия тавассути сомонаи www.tnu.tj ДМТ ва дар китобхонаи марказии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишони: 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рудақӣ, 17, шинос шудан мумкин аст.

Автореферат « ___ » _____ соли 2023 тавзеъ шудааст.

Котиби илмии
шурои диссертатсионӣ,
д.и.х., и.в. профессор



Рачабов С.И.

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзӯи таҳқиқот. Рушди техникаи муосир дар истифодабарии маводи нав, ки қомилан дорои комплекси мураккаби ҳосиятҳои физикӣ-химиявӣ аст, асоснок мегардад, хусусан каталитикӣ, устувории химиявӣ, гармомустаҳкамӣ, гармотобоварӣ, қобилияти реаксионии паст ё баланд, хусусиятҳои олии анодӣ ва ғайра.

Вусъати таҳқиқот дар соҳаи химияи ҷисмҳои саҳт, ки барои химияи физикии муосир хос аст, оиди кинетикаи равандҳои химиявӣ ва электрохимиявӣ мароқи баланд тақозо намуд, ки ҳамасола аз соҳаи илмии каммаъмул ва аҷоиб ба қисми ҷудоинопазирӣ кинетикаи химиявӣ ва электрохимиявӣ табдил ёфт. Ин ҳолат далели онро инъикос менамояд, ки кинетикаи химиявӣ ва электрохимиявӣ, дар айни замон, яке аз муҳимтарин қисматҳои математикунонидашудаи химияи физикии муосир мебошад.

Дар байни бисёр равандҳо, ки бо иштироки металлҳо ва ҳулаҳо амалӣ мешаванд, шумораи зиёди таҳқиқотҳои таҷрибавӣ ва назариявӣ мавҷуданд. Новобаста аз ин, боз ҳам бениҳоят зиёд «доғи сафед» - назария во мехурад, ки барои анҷомёбии худ воридкунии сершумори фарзияҳои соддаро, дар ниҳоятан охир онҳоро ба бештарин системаҳои реалӣ татбиқнопазир менамояд.

Дар ин ҷода, ҷӣ тавр, ки ба ҳар шахс маълум аст, миёни дигар масъалаҳои гуногун, масъалаи устувории химиявӣ ва электрохимиявии металлҳо ва ҳулаҳо ҳангоми ҳароратҳои баланд ва паст барои техника аҳамияти зиёд дорад. Маҷмӯи натиҷаҳо мавҷуд аст, ки қомилан байниҳам мутобиқат менамоянд ва созиши назарияро озмоиш мекунанд, ки бо натиҷаҳои таҷрибавӣ мутобиқат намуда, онро шарҳ медиҳанд.

Дар айни замон, яке аз вазифаҳои калидӣ, ки аз қарорҳои истеҳсолот бармеояд, ин истифодабарии пурра ва ғойданоки маснуоти ҳосилменамода аз металл ё пӯлоди карбондор ва қамкунии талафоти маҳсулоти металлӣ аз вайроншавӣ мебошад. Дар баробари ин, самаранок истифодабарии мошин, механизмҳо ва маснуоти гуногун зарурати муҳофизати онҳоро аз таъсири барангезиши муҳит, ки дар он истифодабарӣ мешаванд, талаб менамояд. Ғайр аз ин, сарфакунии мавод ва маснуоти конструксионии асосӣ, оқилона истифодабарӣ ва ҳамчунин муҳофизати зарурии онҳо аз таъсири манфии муҳити атроф зич алоқаманд аст.

Ҳулаҳои анодӣ дар муваффақона ҳалли вазифаҳо аз рӯйи беҳбудкунӣ ва тулонӣ намудани муҳлати хизмати маснуоти пӯлодии карбондор ё маҳсулоти металлӣ нақши муҳим мебозанд. Ин ҳулаҳо ҳамчун рӯйпӯшҳо устуворӣ ва дарозумрии маснуоти пӯлодиرو зиёд намуда, маҳсулоти металиро низ аз вайроншавӣ муҳофизат менамоянд.

Мубрамии мавзӯи таҳқиқот зарурияти дарёфти маҷмӯи натиҷаҳои таҷрибавӣ, ки маълумоти муҳимро оиди қонунияти тағйирёбии хусусиятҳои кинетикӣ ва анодии ҳулаҳои ҷавҳаронидашударо ҳангоми баҳамтаъсирот бо муҳити барангехта ва ҷустуҷӯи усулҳои самаранокӣ муайянкунии соҳаи истифодабарии ин ҳулаҳоро нишон медиҳанд, талаб менамояд.

Дарачаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ. Дар солҳои охир адабиёти тоҷик ва хориҷӣ бо як қатор монографияҳои арзишманд ғанӣ гардидааст, ки ба гуруҳи алоҳидаи хӯлаҳои ҷавҳаронидашуда бахшида шудааст. Ин фаҳмо аст, зеро ҷавҳаронӣ ва коркарди хӯлаҳои саноатӣ, ба гостворидшуда, эвтектикӣ ва ё эвтектоидӣ табиноти гуногун бисёр моҳияти махсус дорад, ки дар айни замон мавзӯи таҳассусии таҳқиқотчиёни алоҳида мебошад. Вале самти асосии рушди илмӣ оиди ҷавҳаронии хӯлаҳо на танҳо бо омӯзиши равандҳо дар хӯлаҳои истифодабарии мазкур муайян карда мешавад. Илова ба он, дарки равандҳои физикӣ-химиявии умумӣ, ки хосиятҳои гуногуни хӯлаҳои ҷавҳаронидашудаи табиноти дилхоҳро муайян намуда, ҳодисаи ҳангоми коркард ва вақти хизмати онҳоро назорат мекунад, бисёр муҳим аст.

Таҳлили гузаронидаи мо оиди моҳияти ҷавҳаронӣ ва дигар омилҳои таъсиррасон нишон медиҳад, ки бисёр равандҳои ҷузъии химиявӣ ва электрохимиявӣ, ҳодисаҳои дар хӯлаҳо ва пӯлодҳои ин ё он табинотро метавон бештар бо равандҳои умумӣ шарҳ дод. Ин равандҳо дар навбати худ бо энергияҳои баҳамтаъсироти элементҳо ва ё бо таъсири элементҳо ба таносуби намудҳо ва мустаҳкамии банди байниатомӣ ва ё бо сохти муҳими қабати байникристалӣ, омили сохторӣ, ду ё якчанд омилҳо дар яквақт шарҳ дода мешаванд.

Дар байни бисёр масъалаҳо барои химик яке аз муҳимтарини он мавҷуд аст, ки ин муайянкунии вақт аз ҳарорат буда, барои гузариши табдилот дар системаҳои назоратӣ зарур аст. Масалан, донишҷӯи ингуна вақт барои муҳандисон бисёр муҳим аст, зеро истеҳсоли маводи химиявии нав дар фосолаи вақти муайян ва механизми кинетикаи равандҳои химиявӣ ва электрохимиявии дар истеҳсолоти гуногун истифодашаванда ба ин вазифа шомил мешаванд. Зарур аст, ки маводи истифодамешуда, новобаста аз ноустувории термодинамикӣ дар шароити истифодабарӣ, дар муддати вақти пешбинишудаи истифодабарии он ба табдилоти худбаҳудрӯйдихӣ дучор нагардад.

Дар амалия исбот карда шудааст, ки дар байни сершумори равандҳои рӯйпӯшқунии маснуоти пӯлодӣ бо рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ аз руҳ яке аз ҷойҳои пешравро ишғол менамояд. Аз таҷрибаҳои ҷаҳонӣ бармеояд, ки дар байни рӯйпӯшҳои металӣ рӯйпӯшҳои руҳ-алюминийро васеъ истифода мебаранд. Дар ин таҳқиқоти ҳақиқӣ ба коркарди намуди нави рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ аз хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ ва ҷавҳаронии он бо металҳои ишқорзаминӣ ва омӯзиши кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаҳо диққат дода шудааст.

Робитаҳои таҳқиқот бо барномаҳои илмӣ. Рисолаи диссертатсионӣ қобилияти ҳалли вазифаҳои ҳадафи чоруми стратегияи миллиро оиди рушди саноати химиявӣ, металлургӣ ва мошинсозӣ дар асоси ашёи хоми маҳалӣ зоҳир менамояд. Натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ ба ҳалли вазифаҳои алоҳидаи «Стратегияи миллии рушди Тоҷикистон дар давраи то соли 2030» ва марҳилаҳои оғози он, ки дар «Барномаи миёнамуҳлати рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2016-2020» ворид карда шудаанд, нигаронида шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот ин омӯзиши кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ ва коркарди таркиби оптималии хӯлаҳои нав, ки ба сифати рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатии конструкцияҳо ва маснуоти пӯлодии карбондор тавсия мешаванд, мебошад.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- таҳқиқоти таъсири иловаҳои ҷавҳаронии металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво;
- муайянкунии таркибҳои фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқотӣ ва аниқкунии нақши онҳо дар механизми раванди оксидшавӣ;
- таҳқиқоти таъсири иловаҳои ҷавҳаронии металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) ба рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ дар маҳлулҳои электролитҳои қавии HCl, NaCl ва NaOH;
- омӯзиши таъсири иловаҳои ҷавҳаронии калсий, стронсий ва барий ба микроструктураи хӯлаи $Zn_{0.5}Al$;
- оптималикунонии таркиби химиявии хӯлаҳои таҳқиқотӣ дар натиҷаи омӯзиши сохтор ва хосиятҳои онҳо, муайянкунии соҳаи истифодабарии онҳо.

Объекти таҳқиқот. Объектҳои таҳқиқоти мазкур ин руҳи тамғаи ТХ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва лигатураҳои он бо калсий ($AlCa_{10}$), стронсий ($AlSr_{10}$) ва барий ($AlBa_{10}$) (%-и вазнӣ) мебошанд.

Мавзӯи таҳқиқот. Мавзӯи таҳқиқот ин омӯзиши таъсири иловаҳои металҳои ишқорзаминӣ ба кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ дар шароитҳои гуногун мебошад.

Методҳои таҳқиқот. Таҳқиқоти таркиб, сохтор ва хосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаҳо бо методҳои микрорентгеноспектралӣ, термогравиметрӣ, рентгенофазаӣ, потенциостатикӣ ва металлографӣ гузаронида шудааст.

Марҳилаҳои таҳқиқот. Таҳқиқоти диссертатсионӣ дар давраи солҳои 2014-2020 аз рӯйи марҳилаҳои зерин анҷом дода шудааст:

- омӯзиш ва таҳлили маълумоти адабиётӣ оиди хӯлаҳо дар асоси $Zn_{0.5}Al$ бо иловаҳои металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba);
- коркарди усулҳо ва шароити оптималии ҳосилкунии хӯлаҳои руҳ бо алюминий ва элементҳои ишқорзаминӣ;
- муайянкунии таркиб ва омӯзиши кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои ҳосилнамудаи руҳ бо алюминий ва элементҳои зергурӯҳи калсий;
- гузаронидани таҳлили систематикӣ ва аниқкунии қонуниятҳои тағйирёбии хусусиятҳои анодии хӯлаҳои таҳқиқмешуда дар муҳитҳои электролитҳо ҳангоми қиматҳои гуногуни pH;
- таҳқиқоти металлографияи микроструктураҳо ва таҳлили рентгенофазавии маҳсул ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои мазкур.

Пойгоҳи иттилоотии таҳқиқот. Пойгоҳи иттилоотии диссертатсия ин корҳои илмӣ – патентҳо, монографияҳо, диссертатсияҳо, маҷаллаҳои илмӣ, маводи симпозиумҳо, конференсияҳо ва сомонии интернетӣ мебошад, ки ба хӯлаҳои руҳ ва руҳ-алюминий бахшида шудааст (умқи ҷустуҷӯ беш аз 30 сол).

Таҳқиқоти таъсири металҳои ишқорзаминӣ ба кинетикаи оксидшавии

баладхоратӣ ва рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ дар муҳитҳои гуногун ва шароитҳои таҷрибавӣ бо истифодабарии микроскопи тасвирбардори электронии SEM намуди AIS 2100; потенциостати импулсии ПИ-50.1.1; микроскопии металлографии ERGOLUX AMC; тарозуҳои термогравиметрӣ ва асбоби ДРОН-2.0 гузаронида шудааст. Коркарди математикӣ ва статистикий натиҷаҳои таҷрибавӣ бо истифодабарии барномаи компютери Microsoft Excel анҷом дода шудааст.

Навгони илми таҳқиқот. Дар натиҷаи таҳқиқоти гузаронидашуда таъсири иловаҳои металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ дар оксигени фазаи газӣ аниқ карда шудааст. Механизми ҳосилшавии қабати оксидӣ дар сатҳи хӯлаҳо ҳангоми оксидшавӣ муайян карда шуда, қобилияти муҳофизатии онҳо дар раванди коррозия нишон дода шудааст. Таъсири иловаҳои элементҳои зергурӯҳи калсий ба рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ аниқ карда шудааст. Вобастагии тағйирёбии потенциали электродӣ ва суръати коррозия аз таркиб ва микроструктураҳои хӯлаҳо, инчунин аз консентратсияи хлорид ва гидроксид-ионҳо дар электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH муайян карда шудааст.

Асосҳои назариявии таҳқиқот. Дар диссертатсия асосҳои назариявии исботи таъсири мусбӣ сохторҳо, таркиби фазаӣ, хусусиятҳои кинетикӣ ва анодӣ, консентратсияи иловаҳои чавҳаронии калсий, стронсий ва барий ба хосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаи эвтектоидии $Zn_{0.5}Al$ баён карда шудааст. Қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои кинетикӣ ва анодии хӯлаҳо вобаста аз хусусияти компонентҳои таркиб ва шароити таҳқиқоти эксперименталӣ асоснок карда шудааст.

Аҳамияти амалии таҳқиқот. Таркиби оптималии намуди нави рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ дар асоси хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо металҳои ишқорзаминӣ барои муҳофизати маснуот ва конструксияҳои пӯлодии карбондор аз вайроншавӣ коркард карда шудааст. Таркибҳои оптималии коркардшудаи хӯлаҳо бо нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (ТJ №1081) ҳифз карда шудааст.

Санҷиши таҷрибавӣ-озмоишгоҳии намунаҳои хӯла-рӯйпӯш дар камераи буғи намакин гузаронида шудааст. Фоидаи иқтисодӣ бо истифодабарии хӯла ҳамчун рӯйпӯши анодӣ дар $1m^2$ сатҳи ҳифзшавандаи пӯлод аз ҳисоби беҳбудкунии дарозумрии маснуоти пӯлодӣ ва зиёдкунии муҳлати хизмати онҳо 8.5\$ ИМА-ро ташкил медиҳад (санади тадбиқ мавҷуд аст).

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

- натиҷаҳои таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва микроструктураҳои хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо миқдорҳои гуногуни металҳои ишқорзаминӣ;
- натиҷаҳои таҳқиқоти эксперименталии кинетикаи оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$, ки бо элементҳои зергурӯҳи калсий чавҳаронидашуда, дар ҳолати саҳт ва муҳити ҳаво;
- натиҷаҳои таҳлили рентгенофазавии маҳсули оксидшавии баладхоратии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо калсий, стронсий ва барий;
- натиҷаҳои таҳқиқоти эксперименталии таъсири иловаҳои чавҳаронии калсий, стронсий ва барий ба рафтори анодии хӯлаи эвтектоидии $Zn_{0.5}Al$, дар

электролитҳои кислотагӣ (HCl), нейтралӣ (NaCl) ва ишқорӣ (NaOH) аз рН-и муҳит.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо. Таҳқиқот оиди коркарди намуди нави рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ дар асоси хӯлаи Zn_{0.5}Al бо металлҳои ишқорзаминӣ ва аниққунӣ хосиятҳои кинетикӣ ва анодии хӯлаҳо дар муҳитҳои гуногун бо истифодабарии методҳои эксперименталии омӯзиши таркиб, сохторҳо ва хосиятҳои онҳо, инчунин мувофиқати натиҷаҳои ҳосилнамудаи таҳқиқоти гузаронидашуда, асоснок карда шудааст. Натиҷаҳои илмӣ-амалии рисолаи диссертатсионӣ дар маҷаллаҳои тақрибӣ ва маводи конференсҳо таҳлил ва нашр карда шудааст.

Мутобикати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Рисолаи диссертатсионӣ ба шарҳи ихтисоси 02.00.04 – бахши илми химия мутобикат менамояд, ки оиди қонуниятҳои умумии сохти моддаҳо, самт ва суръати табдилоти химиявӣ ва электрохимиявӣ дар шароитҳои гуногуни беруна; оиди баҳамтаъсири микдории байни таркиби химиявӣ, сохтори модда ва хосиятҳои онро муайян мекунад. Хусусан, диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ 02.00.04 – химияи физикӣ аз рӯйи бандҳои 4, 5, 7, 11 мутобикат менамояд. Хӯлаҳои коркардшуда, дар асоси хӯлаи Zn_{0.5}Al бо иловаҳои элементҳои ишқорзаминӣ, дар натиҷаи омӯзиши кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии онҳо, дар шароити гуногуни таҳқиқоти эксперименталӣ, хосиятҳои муҳими истифодабариро мақсаднок зоҳир менамоянд, ки барои рушди босуръати соҳаҳои муосири саноатӣ зарур аст.

Саҳми шахсии докталаб аз тасвияти мақсад ва вазифаҳои таҳқиқот, ҷамъоварӣ ва таҳлили маълумоти адабиёт аз рӯйи мавзӯи диссертатсия, гузаронидани таҷрибаҳо ва коркарди онҳо, тасвияти хулосаҳои диссертатсия ва интишороти натиҷаҳои таҳқиқот иборат аст.

Тасвиби натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии рисолаи диссертатсионӣ дар конференсҳои зерин маъруза шудааст: конференси ҷумҳуриявӣ илмӣ-назариявӣ «Асосҳои рушд ва дурнамои илми химия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон». Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, соли 2020); конференси ҷумҳуриявӣ илмӣ-назариявӣ «Суолоти мубрами илмҳои табиӣ ва технологияҳо». Донишгоҳи славянии Руссияву Тоҷикистон (Душанбе, соли 2020); конференси ҷумҳуриявӣ бо иштироки байналмилалӣ «Пайвастагиҳои комплексӣ ва ҷанбаҳои истифодабарии онҳо». Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (Душанбе, соли 2021).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Аз рӯйи мавзӯи диссертатсия 4 мақола дар маҷаллаҳои тақрибии тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 5 мақола дар маводи конференсҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр карда шуда, инчунин 1 нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дарёфт карда шудааст.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, тавсифи умумии таҳқиқот, чор боб, хулоса, рӯйхати адабиёт ва замима иборат аст. Диссертатсия дар 139 саҳифаи ҳуруфчинии компютерӣ баён карда шудааст, ки дорои 38 ҷадвал, 49 расмҳо ва 126 номгӯи библиографӣ аст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддима мубрамият, тасвияти мақсад ва вазифаҳои таҳқиқоти илмӣ, аҳамияти таҳқиқоти гузаронидамешуда асоснок карда шуда, аҳамияти илмӣ ва амалӣ дар химияи физикӣ инъикос ёфта, нағони илмӣ ва имконоти истифодабарии натиҷаҳо дар истеҳсолот навишта шуда, нуктаҳои ба химоя пешниҳодшаванда номбар карда шудааст.

Боби якуми диссертатсия «**Ҳосиятҳои физикӣ-химиявии хӯлаҳои руҳ ва руҳ-алюминий дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ**» дорои шарҳи адабиёт аст, ки дар он таҳлили муфассал оиди ҳосиятҳо ва истифодабарии руҳ ва хӯлаҳои он дар шароитҳои гуногун анҷом дода шудааст. Кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаҳои руҳ ва руҳ-алюминий дар муҳитҳои гуногун; ташкилдихандаи сохторӣ ва фазаҳо дар пардаҳои оксидӣ дар асоси хӯлаҳои Zn-Al ва рафтори хӯлаҳои Zn-Al дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ баррасӣ шудааст. Асоснок истифодабарии рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ дар асоси Zn-Al дар технологияи химиявӣ, сохтмон, металлургия, галванотехника, мошинсозӣ, киштисозӣ, автомобилсозӣ ва ғайраҳо исбот карда шудааст. Зарурати баргузори таҳқиқоти эксперименталии кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаи Zn_{0.5}Al, ки бо металҳои ишқорзаминӣ ҷавҳаронидашуда, бо мақсади коркарди рӯйпӯшҳои нави хӯлаҳои анодии муҳофизатии конструкторӣ ва маснуоти пӯлодии карбондор нишон дода шудааст.

Дар боби дуюми диссертатсия «**Объектҳо, асбобҳо ва лавозимот, методҳои таҳқиқоти эксперименталӣ**» таҳқиқоти мақсаднок оиди ҳосилкунии хӯлаҳои системаҳои Zn_{0.5}Al–Ca, Zn_{0.5}Al–Sr ва Zn_{0.5}Al–Ba дар натиҷаи синтез ва таҳлили таркиби химиявии хӯлаҳо гузаронида шудааст. Қонуниятҳои гузариши равандҳои кинетикӣ ва анодӣ вобаста аз шароит ва нишондихандаи ҳосиятҳои физикӣ-химиявии ҳиссаи таркибии хӯлаҳо аниқ карда шудааст. Таркиб, сохт, сохтор ва ҳосияти хӯлаҳо бо методҳои микрорентгеноспектралӣ, рентгенофазаӣ, термогравиметрӣ, потенциостатикӣ ва металлографикӣ муайян карда шудааст.

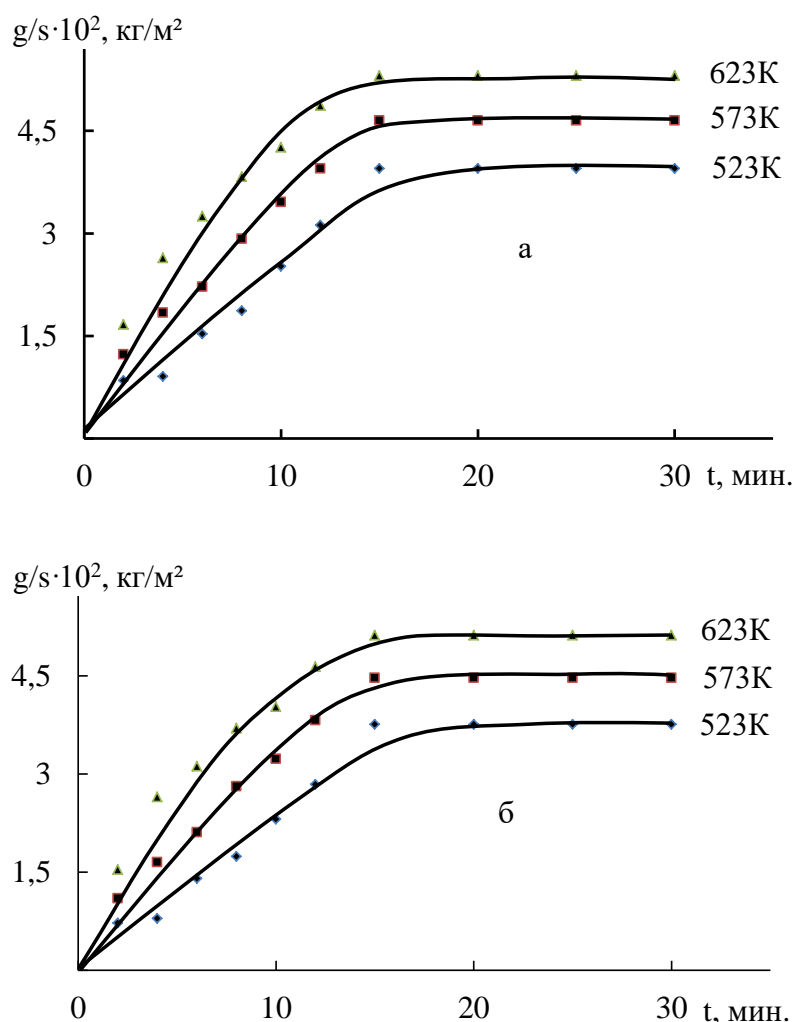
Дар боби сеюми диссертатсия «**Кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn_{0.5}Al, ки бо металҳои ишқорзаминӣ ҷавҳаронидашуда, дар ҳолати сахт**» натиҷаҳои таъсири иловаҳои калсий, стронсий ва барий ба кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаи Zn_{0.5}Al вобаста аз ҳарорат ва вақти раванди оксидшавӣ оварда шудааст.

Барои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавӣ намунаҳои хӯлаи Zn_{0.5}Al, ки бо 0.01÷1.0%-и металҳои ишқорзаминӣ дар алоҳидагӣ ҷавҳаронидашуда, ҳосил карда шуд. Таҳқиқоти термогравиметрии кинетикаи оксидшавии хӯлаҳои сахтро дар муҳити ҳаво гузаронидем ва зиёдшавии вазни ҳосил намунаро дар натиҷаи афзоиши пардаи оксидӣ вобаста аз вақт дар ҳароратҳои доимии 523, 573 ва 623 К чен кардем.

Оксидшавии намунаҳои хӯлаҳо дар муддати 1 соат амалӣ намудем. Аз сабаби он, ки вазни хӯла дар воҳиди масоҳати сатҳи он вобаста аз вақт амалан тағйир наёфт, қачхатҳои кинетикӣ оксидшавии хӯлаҳо то 30 дақиқа маҳдуд намудем. Қачхатҳои кинетикӣ оксидшавии хӯлаҳо (расми 1) аз мураккабии

хусусияти раванди оксидшавии хӯлаҳо шаҳодат медиҳанд. Качхатҳои раванди оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ хусусияти дараҷавӣ доранд. Дар 15 дақиқаи аввал суръати оксидшавӣ зуд афзоиш меёбад (расми 1а), ки ба вайроншавӣ ва камшавии хосиятҳои муҳофизатии қабати оксидӣ алоқаманд аст. Хусусияти муҳими качхатҳои оксидшавӣ ба баландии сатҳи дараҷавӣ ишора менамояд.

Бо баландшавии ҳарорат вазни хоси ҳамаи намунаҳо (g/s) дар вобастагӣ аз вақт (t) афзоиш меёбад. Сараввал раванди оксидшавии хӯлаҳо мунтазам то 12 дақиқа аз рӯи қонуниятҳои хаттӣ мегузарад. Баъдан, ба андозаи зоҳирсозии қобилияти муҳофизатии пардаи оксидӣ вобастагии хаттӣ ба гиперболия мегузарад (расми 1б). Ин бо он алоқаманд аст, ки дар сатҳи хӯлаҳои таҳқиқкешуда қабатҳои ғафси оксидии муҳофизатӣ ҳосил мешаванд, ки аз маҳсули оксидшавии намуди шпинели $ZnAl_2O_4$ ва $CaAl_2O_4$ иборат буда, қобилияти сусткунии ҷараёни оксидшавиро зоҳир менамоянд.



Расми 1 – Качхатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ (а), ки дар таркибаш 0.01%-и вазн калсий (б) дорад

Суръати оксидшавии намунаҳои хӯла мутаносибан ба афзоиши консентратсияи метали ишқорзаминӣ то 1.0%-и вазн зиёд мешавад. Ҳамаи иловаҳои барий оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ –ро зиёд мекунад. Баландшавии ҳарорат низ ба рафти гузариши раванди оксидшавӣ намоён таъсир мерасонад.

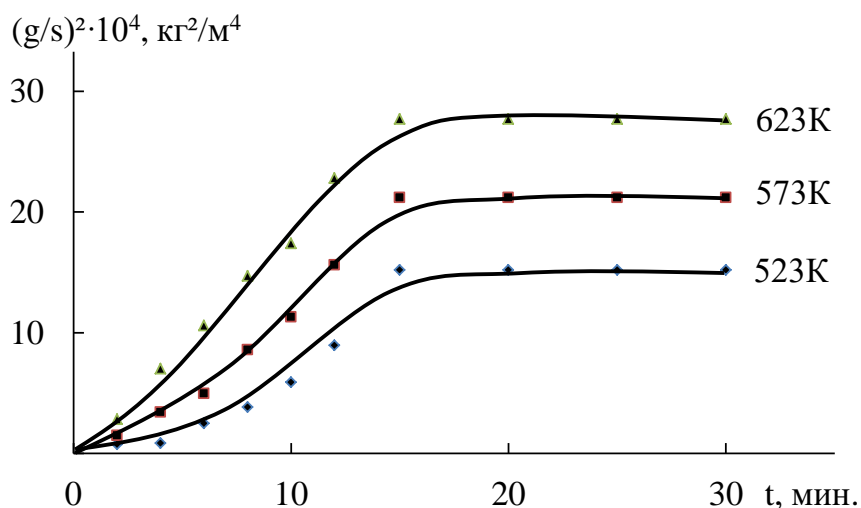
Бештарин камшавии суръати оксидшавӣ ҳангоми дар хӯла мавҷуд будани 0.01÷0.1% Ca ва Sr мушоҳида мегардад. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо калсий ба хӯлаҳо бо стронсий ва ҳамзамон ба хӯлаҳо бо барий оксидшавии хӯлаҳо андаке зиёд мешавад (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1 – Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи Zn_{0.5}Al бо элементҳои зергуруҳи калсий

Иловаҳои Ca, Sr ва Ba дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати оксидшавӣ К·10 ⁴ , кг·м ⁻² ·с ⁻¹	Энергияи фаъолкунанда, кҶ/мол
–	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01 Ca	523	2.21	186.1
	573	2.50	
	623	2.65	
0.01 Sr	523	3.20	173.8
	573	3.34	
	623	3.64	
0.01 Ba	523	3.82	160.5
	573	4.05	
	623	4.36	
0.1 Ca	523	2.51	180.4
	573	2.80	
	623	2.96	
0.1 Sr	523	2.62	182.5
	573	2.90	
	623	3.08	
0.1 Ba	523	4.07	153.0
	573	4.33	
	623	4.79	
1.0 Ca	523	3.33	171.5
	573	3.47	
	623	3.78	
1.0 Sr	523	4.20	147.7
	573	4.53	
	623	5.00	
1.0 Ba	523	4.39	146.1
	573	4.71	
	623	5.18	

Дар расми 2 қачхатҳои мураббаъи кинетикӣ вобастагии тағйирёбии вазни намуна аз ҳарорат ва вақти оксидшавӣ барои хӯла бо 1% калсий оварда шудааст. Қачхатҳо дар меҳварҳои (g/s)²-t ба намуди ростхатта ҷойгир

намешаванд, яъне ба механизми гиперболии оксидшавии хӯлаҳо ишора менамоянд, ки ба муодилаи ($y=Kx^n$) математикии коркарди қачхатҳо мутобиқат мекунад. Ҳамингуна қачхатҳо барои дигар хӯлаҳои системаҳои Zn-Al-Ca(Sr, Ba) гирифта шудааст, ки қимати дараҷаи n дар ҳудуди 2÷4 тағйир меёбад (ҷадвали 2). Аз рӯйи хусусияташон онҳо гуногунанд, вале ҳамашон ба вобастагии гиперболӣ итоат мекунад.



Расми 2 – Қачхатҳои мураббаъи раванди оксидшавии хӯлаи Zn_{0.5}Al, ки дар таркибаш 1.0% калсий дорад

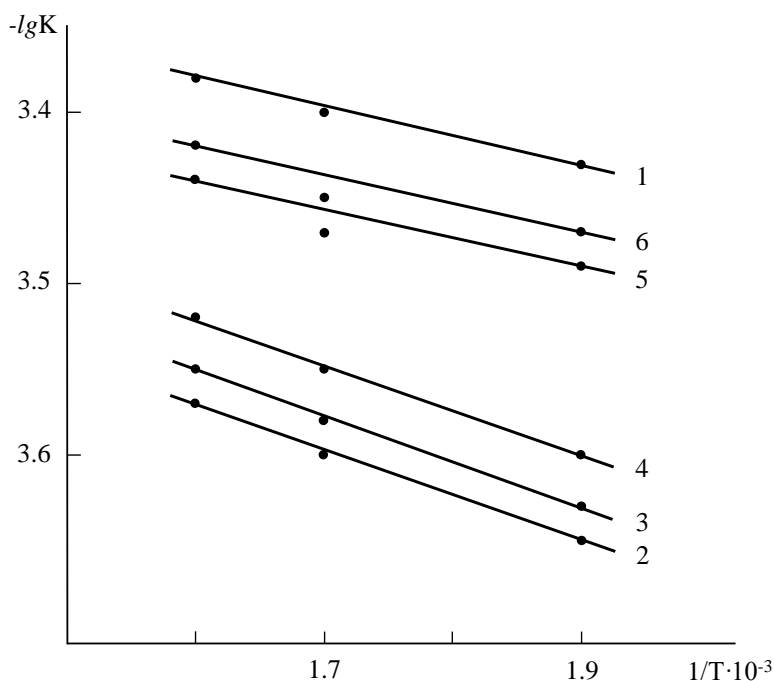
Ҷадвали 2 – Натиҷаҳои коркарди математикии қачхатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаҳои саҳти системаҳои Zn_{0.5}Al-Ca(Sr,Ba)

Иловаҳои компоненти ҷавҳаронӣ дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои қачхатҳои кинетикии оксидшавии хӯлаҳо	Зариби ҳамгирӣ, R
–	523	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.001x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0 Ca	523	$y = -0.001x^4 - 0.012x^3 + 0.241x^2 - 0.249x$	0.994
	573	$y = -0.001x^4 - 0.016x^3 + 0.281x^2 - 0.697x$	0.991
	623	$y = -0.001x^4 - 0.019x^3 + 0.310x^2 - 0.905x$	0.988
1.0 Sr	523	$y = -0.001x^4 - 0.019x^3 + 0.340x^2 - 0.311x$	0.992
	573	$y = -0.001x^4 - 0.021x^3 + 0.351x^2 - 0.744x$	0.991
	623	$y = -0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.361x^2 - 0.947x$	0.988
1.0 Ba	523	$y = -0.001x^4 - 0.023x^3 + 0.263x^2 - 0.270x$	0.988
	573	$y = -0.001x^4 - 0.027x^3 + 0.301x^2 - 0.722x$	0.989
	623	$y = -0.001x^4 - 0.032x^3 + 0.331x^2 - 0.941x$	0.991

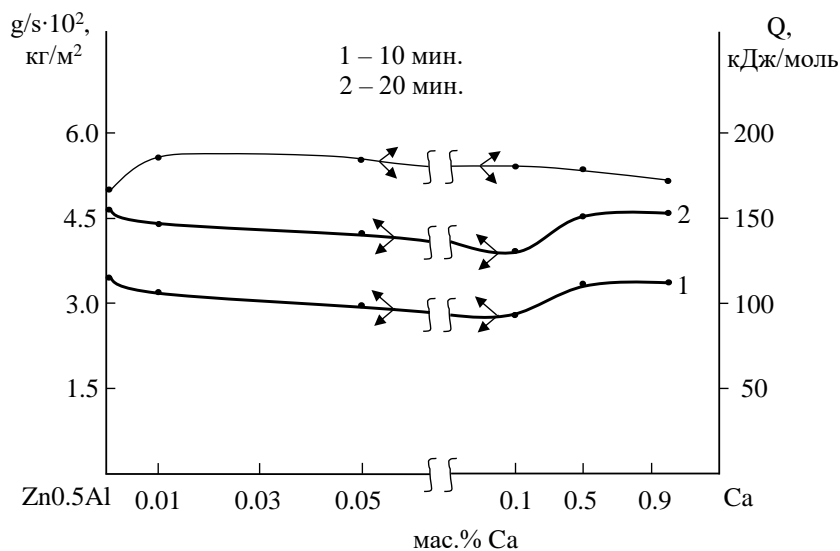
Қачхатҳои вобастагии $\lg K$ аз $1/T$ (2–6) барои хӯлае, ки консентратсияи гуногуни калсийро дорад дар муқоиса бо қачхати (1) хӯлаи аввалияи Zn_{0.5}Al

дар поён ҷойгир шудааст. Ингуна ҷойгиршавии қачхатҳо аз камшавии суръати оксидшавии хӯлаҳои бо калсий ҷавҳаронидашуда шаҳодат медиҳад. Қачхатҳои (5, 6) дар муқоиса бо қачхатҳои (2–4) наздики қачхати (1) ҷойгир шудаанд, ки ба андаке зиёдшавии оксидшавии хӯла, ки дар таркибаш 0.5 ва 1.0% калсий дорад, ишора менамоянд (расми 3).

Аз изохрони дар расми 4 овардашуда дида мешавад, ки ҳангоми камшавии суръати оксидшавии намунаҳо аз хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо калсий бузургии энергияи фаъолкунанда барои ҳамаи таркибҳои хӯлаҳои бо калсий ҷавҳаронидашуда зиёд мешавад. Аз ин ҷо бармеояд, ки меъёри самараноки концентратсияи калсий дар хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ аз 0.01 то 0.1%-и вазнро ташкил медиҳад, зеро суръати оксидшавӣ хеле кам мешавад.

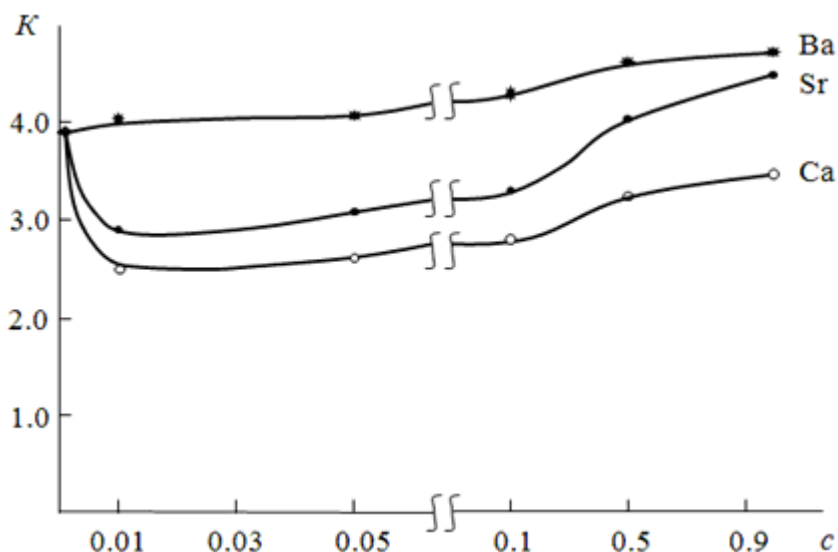


Расми 3 – Вобастагии lgK аз $1/T$ барои хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ (1), ки калсий дорад, %-и вазнӣ: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6)



Расми 4 – Изохрони оксидшавии (573 К) хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо калсий

Металҳои ишқорзаминӣ дар ҳудуди зергурӯҳ тибқи қонуният ба оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al таъсир мерасонанд. Аз калсий ба стронсий ва ба барий оксидшавии хӯлаҳо андаке меафзояд. Калсий ва стронсий бо миқдорҳои 0.01÷0.1%-и вазнӣ қобилияти камкунии оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al зоҳир менамоянд, аммо барий бо концентратсияҳои гуногун оксидшавии онро зиёд мекунад (расми 5).



Расми 5 – Графики муқоисавии тағйирёбии суръати оксидшавии ($K \cdot 10^4$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) хӯлаи Zn0.5Al аз миқдори (с, %-и вазнӣ) металлҳои ишқорзаминӣ ҳангоми ҳарорати 523 К

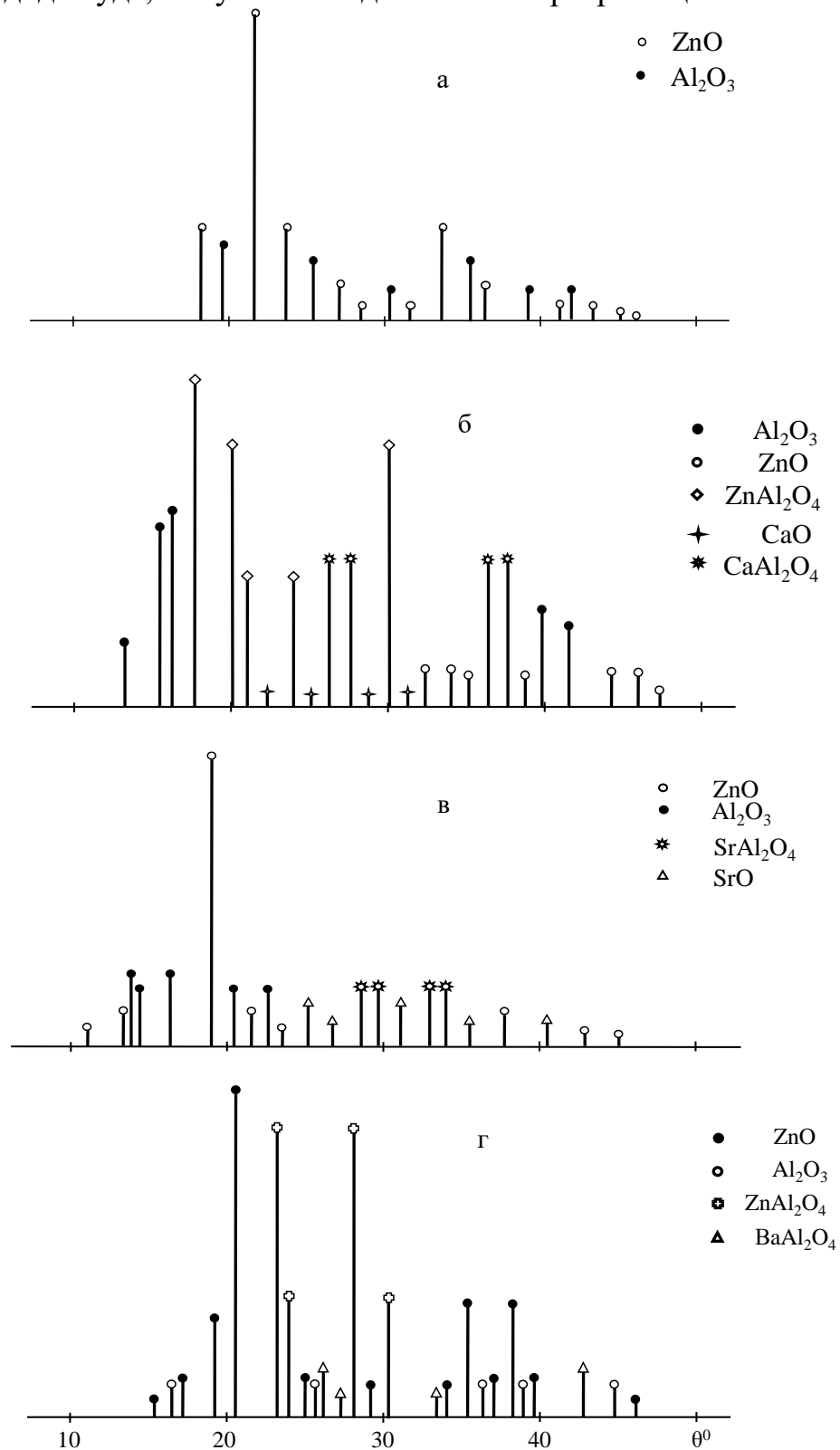
Аз ҷадвали 3 дида мешавад, ки ба ҳадди гузариш аз хӯлаҳо бо калсий ба хӯлаҳо бо стронсий ва барий якҷанд камшавии бузургии энергияи самараноки фаъолкунандаи хӯлаҳо ба вучуд меояд. Дар байни элементҳои ҷавҳаронӣ қимати бештарини энергияи фаъолкунандаи раванди оксидшавиро хӯлаҳо бо калсий нишон медиҳад.

Ҷадвали 3 – Муқоисакунии тағйирёбии энергияи фаъолкунандаи раванди оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al аз миқдори элементҳои зергурӯҳи калсий

Ҳарорати оксидшавӣ, К	Компонентҳои ҷавҳаронии хӯлаҳо	Энергияи фаъолкунанда, кҶ/мол					
		Миқдори иловаҳо, %- вазнӣ					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
523 573 623	Zn0.5Al (1)	168.4	-	-	-	-	-
	(1) – Ca	-	186.1	184.0	180.4	174.9	171.5
	(1) – Sr	-	173.8	177.2	182.5	159.1	147.7
	(1) – Ba	-	160.5	158.2	153.0	149.6	146.1

Оксидшавии хӯлаҳои саҳти металӣ бо якҷанд афзоиши пардаи муҳофизатӣ, ки дар сатҳ ҳосил мешавад, анҷом менамояд. Дар раванди оксидшавӣ омехташавии хӯлаи металӣ ва ионҳои оксиген дар самтҳои баракси сатҳии қисмати фаза ба вучуд меоянд: $\text{Me} \rightarrow \text{оксид}$; $\text{оксид} \rightarrow \text{фазаи газӣ}$. Дар

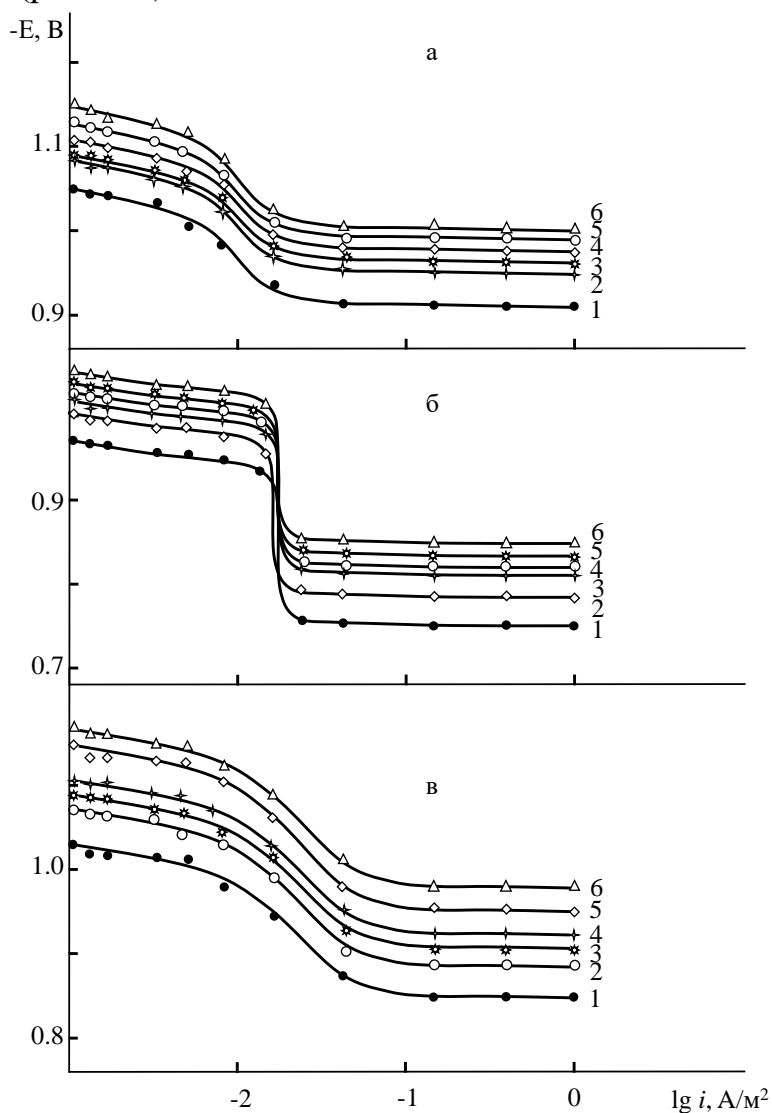
ҳолати мазкур, ҳангоми оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ бо металлҳои ишқорзаминӣ дар таркиби интихобӣ ҳосилшавии маҳсули реаксияҳо аз омехтаи оксидҳои онҳо ZnO , Al_2O_3 , CaO , SrO , $ZnAl_2O_4$, $CaAl_2O_4$, $SrAl_2O_4$ ва $BaAl_2O_4$ ба вуҷуд меояд (расми 6). Ҳангоми оксидшавии дигар таркибҳои хӯлаҳо, ғайр аз оксидҳои нишондодашуда, инчунин оксиди BaO бо бартарият ҳосил мешавад.



Расми 6 – Штрихрентгенограммаи маҳсули оксидшавии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ (а), ки дар алоҳидагӣ 0.01% калсий (б), стронсий (в) ва барий (г) дорад

Дар боби чоруми диссертатсия «**Рафтори анодии хӯлаи Zn0.5Al, ки бо металҳои ишқорзаминӣ чавхаронидашуда, дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ**» натиҷаҳои таъсири иловаҳои калсий, стронсий ва барий ба рафтори анодии хӯлаи Zn0.5Al дар маҳлулҳои электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH оварда шудааст. Барои таҳқиқоти раванди ҳалшавии анодии хӯлаи Zn0.5Al бо микдорҳои гуногуни металҳои ишқорзаминӣ речаи потенциодинамикии тобиш бо суръати 2 мВ/с истифода намудем.

Босуръат ҳалшавии анодӣ дар дақиқаҳои аввали таҳқиқот ҳангоми воридкунии намунаҳои хӯла ба электролитҳои таҷрибавӣ мушоҳида мегардад. Майлдиҳии потенциал ба самти қиматҳои манфӣ рафти қачхатҳои поляризатсионии анодиро тағйир медиҳад. Хӯлаҳо фаъолнокии электрохимиявиро дар электролитҳои кислотагӣ ва ишқорӣ бо иштироки хлорид ва гидроксид-ионҳо бештар зоҳир менамоянд. Поляризатсияи баъдии хӯлаҳо ба тамоюли раванди анодӣ меоварад. Барои қачхатҳои анодӣ қитъаи ҳалшавандагӣ, қитъаи пассивнокӣ ва майдони ҷараёни электрикии меъёрӣ умумӣ мебошанд (расми 7).



Расми 7 – Қачхатҳои поляризатсионии анодии хӯлаи Zn0.5Al (1) бо калсий, %-и вазнӣ: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6), дар маҳлулҳои электролитҳои 0.001н. HCl (а), 0.03% NaCl (б) ва 0.001н. NaOH (в)

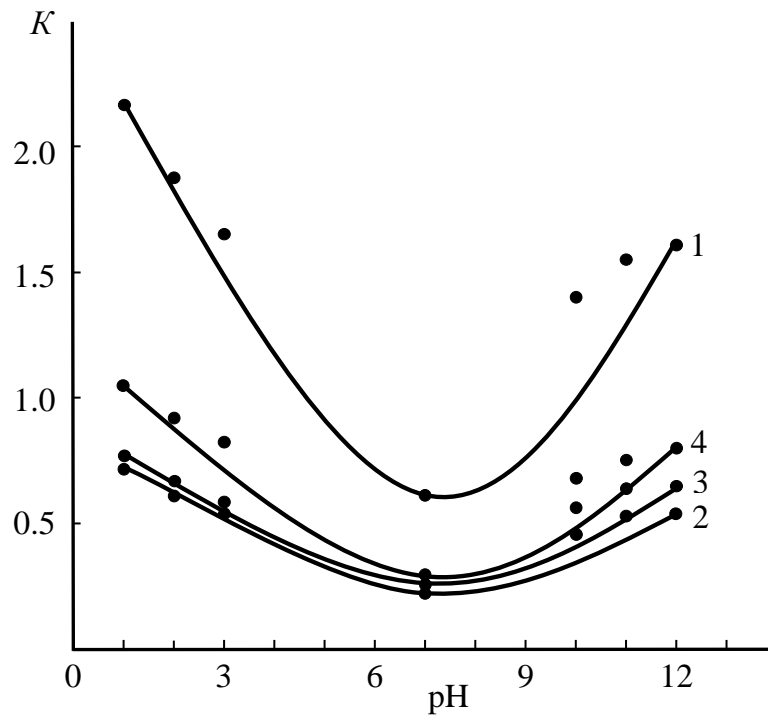
Ҳангоми зиёдшавии концентратсияи Ca, Sr ва Ba дар хӯлаи Zn0.5Al, чӣ бо миқдори минималӣ (0.01%) ва чӣ бо миқдори максималии (1.0%) мавҷудияти металҳои ишқорзаминӣ афзоиши хусусияти анодӣ аз рӯи схемаи: калсий → стронсий → барий мушоҳида мегардад, ки ба тағйирёбии хосиятҳои онҳо дар ҳудуди гуруҳ ҳамгирой дорад. Иловаҳои (0.01÷0.1%) металҳои ишқорзаминӣ устувории анодиро баланд намуда, суръати коррозияи электрохимиявии хӯлаи Zn0.5Al –ро аз рӯи схемаи дар боло ишорашуда кам менамоянд (ҷадвали 4, расми 8).

Ҷадвали 4 – Таъсири иловаҳои ҷавҳаронии метали ишқорзаминӣ ба хусусияти анодии хӯлаи Zn0.5Al дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ

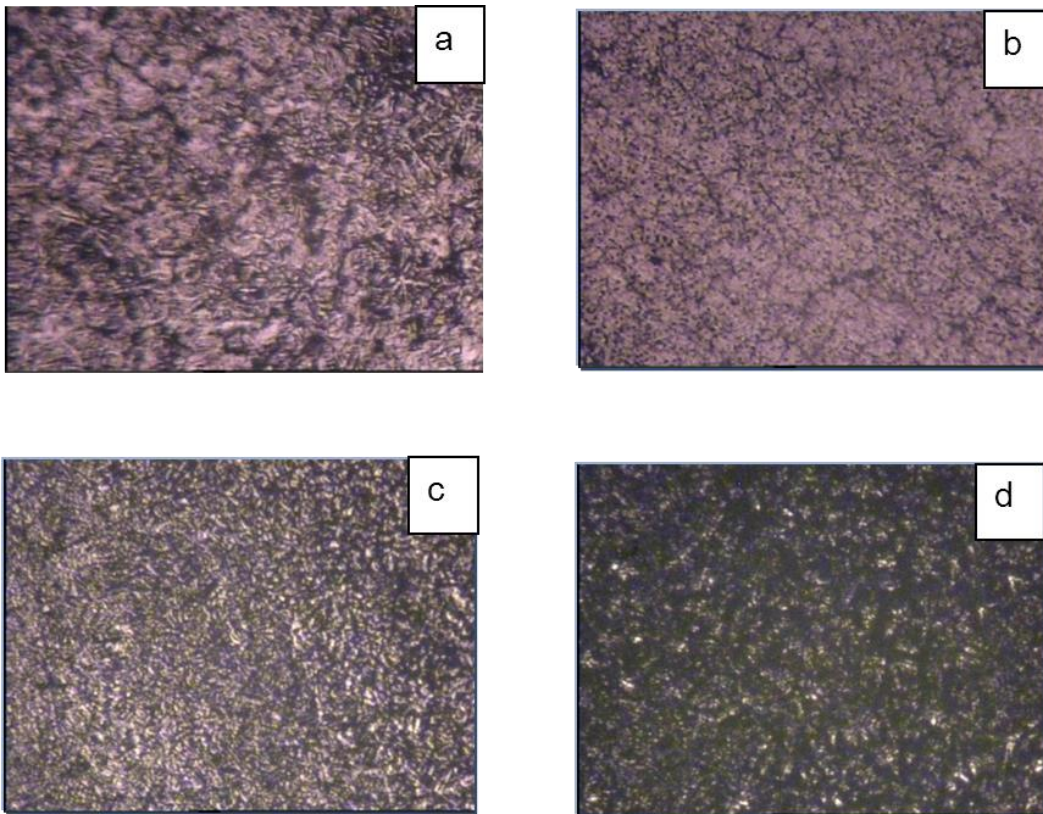
Электролит	Иловаҳои Ca, Sr ва Ba дар хӯла, %-и вазнӣ	Потенциалҳои электрохимиявӣ				Суръати коррозия	
		-E _{кор.оз.}	-E _{кор.}	-E _{п.х.}	-E _{реп.}	i _{кор.} ·10 ²	K·10 ³
		В				A/м ²	г/м ² ·с
0.1н HCl	–	1.190	1.195	1.030	1.036	0.178	2.17
	0.01 Ca	1.285	1.291	1.087	1.093	0.058	0.71
	0.01 Sr	1.301	1.312	1.102	1.114	0.061	0.74
	0.01 Ba	1.332	1.342	1.142	1.154	0.087	1.06
	0.1 Ca	1.304	1.310	1.105	1.111	0.063	0.77
	0.1 Sr	1.324	1.330	1.128	1.138	0.071	0.86
	0.1 Ba	1.354	1.360	1.168	1.178	0.090	1.10
3% NaCl	–	1.070	1.086	0.779	0.804	0.055	0.67
	0.01 Ca	1.153	1.166	0.863	0.869	0.022	0.26
	0.01 Sr	1.118	1.131	0.828	0.834	0.025	0.30
	0.01 Ba	1.083	1.096	0.792	0.799	0.028	0.34
	0.1 Ca	1.178	1.185	0.885	0.896	0.029	0.35
	0.1 Sr	1.143	1.150	0.850	0.861	0.031	0.37
	0.1 Ba	1.108	1.115	0.815	0.826	0.034	0.41
0.1н NaOH	–	1.210	1.216	0.920	0.936	0.133	1.62
	0.01 Ca	1.255	1.258	0.975	0.977	0.044	0.53
	0.01 Sr	1.274	1.277	0.994	1.006	0.054	0.65
	0.01 Ba	1.290	1.300	1.006	1.016	0.066	0.80
	0.1 Ca	1.282	1.289	1.054	1.063	0.050	0.61
	0.1 Sr	1.301	1.308	1.073	1.082	0.066	0.80
	0.1 Ba	1.321	1.338	1.080	1.092	0.089	1.09

Муқоисакунии натиҷаҳои эксперименталӣ аз рН-и муҳит шаҳодат медиҳад, ки дар мувофиқа аз хӯлаҳои бо калсий ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо стронсий ва барий суръати коррозия андаке зиёд мешавад, ки бо афзоиши рақами тартибии метали ишқорзаминӣ дар ҷадвали элементҳои химиявӣ мутобиқат менамояд (расми 8). Барои интиҳоби дурусти компоненти бештар самараноки намунаҳои хӯла байни металҳои ишқорзаминӣ интиҳоби калсий ва стронсий тавсия мешавад. Ин тавсия, инчунин бо натиҷаҳои

мувофиқҳосилнамудаи таҳлили микроструктураҳои хӯлаҳои системаҳои $Zn_{0.5}Al-Ca(Sr, Ba)$ низ шарҳ дода мешавад (расми 9).



Расми 8 – Вобастагии суръати коррозияи $K \cdot 10^3$ ($г/м^2 \cdot с$) хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ (1), ки дар алоҳидагӣ 0.01%-и вазнӣ калсий (2), стронсий (3) ва барий (4) дорад, аз рН-и муҳит



Расми 9 – Микроструктураҳои ($\times 500$) хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ (а), ки дар алоҳидагӣ 0.01%-и вазнӣ калсий (b), стронсий (c) ва барий (d) дорад

ХУЛОСА

Натиҷаҳои асосӣ ва хулосаҳо:

1. Бо методи термогравиметрӣ таъсири иловаҳои метали ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) ба кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаи Zn0.5Al дар муҳити ҳаво таҳқиқ карда шудааст. Аниқ карда шудааст, ки иловаҳои ҷавҳаронии калсий ва стронсий (дар алоҳидагӣ 0.01÷0.1%-и вазнӣ) дар фосилаи ҳароратии 523÷623 К оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al –ро хеле кам менамоянд, вале иловаҳои барий майлдихии онро ба оксидшавӣ андаке зиёд мекунанд [2-М, 3-М, 7-М, 9-М].

2. Маълум карда шудааст, ки бо зиёдшавии рақами тартибии металл аз гуруҳи металлҳои ишқорзаминӣ андаке камшавии энергияи фаъолкунандаи оксидшавии хӯлаҳо мушоҳида мегардад [2-М, 3-М, 7-М, 9-М].

3. Бо методи рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии пардаҳои оксидӣ, ки дар сатҳи хӯлаҳо ҳангоми оксидшавӣ ҳосил мешаванд, маълум карда шудааст. Аниқ карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳо: ZnO; Al₂O₃; CaO; SrO; BaO; ZnAl₂O₄; CaAl₂O₄; SrAl₂O₄; BaAl₂O₄ ҳосил мешаванд [2-М, 9-М].

4. Бо методи потенциостатикӣ аниқ карда шудааст, ки иловаҳои Ca, Sr ва Ba (0.01÷0.1%-и вазнӣ) суръати коррозияи хӯлаи Zn0.5Al–ро дар маҳлулҳои кислотагӣ (pH=1; 2; 3), нейтралӣ (pH=6,8-7) ва ишқорӣ (pH=10; 11; 12) электролитҳои HCl (0.1; 0.01; 0.001н.); NaCl (3.0; 0.3; 0.03%) ва NaOH (0.001; 0.01; 0.1н.) то 2–3 маротиба кам мекунанд [1-М, 3-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М].

5. Бо таҳқиқи потенциодинамикӣ (2 мВ/с) афзоиши устувории анодии хӯлаи Zn0.5Al, ки бо калсий, стронсий ва барий ҷавҳаронидашуда, дар ҳудуди pH=3÷10 аниқ карда шудааст [1-М, 3-М, 4-М, 6-М, 8-М, 10-М].

6. Бо методи металлографии таҳлил таъсири модифитсиронии метали ишқорзаминӣ ба сохтори хӯлаи Zn0.5Al нишон дода шудааст. Маълум карда шудааст, ки калсий ва стронсий нисбат ба барий бештар самаранок сохтори рехтаи хӯлаи Zn0.5Al–ро майда мекунанд [3-М].

7. Таркибҳои коркардшудаи хӯлаҳои анодӣ бо патенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (№ ТҶ 1081) ҳифз карда шудааст [5-А]. Фоидаи иқтисодӣ аз ҳисоби беҳбудкунии дарозумрии маснуоти пӯлодии карбондор 8.5\$ ИМА–ро ташкил медиҳад.

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот:

– натиҷаҳои таҳқиқоти анҷомдодашуда барои истифодабарӣ дар соҳаҳои химияи физикӣ, технологияи химиявӣ, маводшиносӣ ва металлургия тавсия мешаванд;

– хӯлаҳои Zn0.5Al бо калсий, стронсий ва барий ҳамчун рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ барои беҳбудкунии устувории анодӣ ва зиёдкунии муҳлати хизмати конструксияҳо ва маснуоти пӯлодии карбондор тавсия мешаванд.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

*Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмии тавсиянамудаи ҚОА-и
назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашришуда:*

[1-М]. **Назаров О.Н.** Потенциодинамическое исследование коррозионно-электрохимического поведения сплава $Zn_{0.5}Al$ с барием, в нейтральной среде / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук.– 2019.– № 3. – С. 176-182.

[2-М]. **Назаров О.Н.** Окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного стронцием, в твердом состоянии / О.Н. Назаров, З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2020. – № 4. – С. 208-216.

[3-М]. Обидов З.Р. Высокотемпературная и электрохимическая коррозия сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного кальцием, в различных средах (High Temperature and Electrochemical Corrosion of $Zn_{0.5}Al$ Alloy Doped with Calcium in Various Media) / З.Р. Обидов, Р.Амини, **О.Н. Назаров**, И.Н. Ганиев и др. // Известия вузов. Химия и химическая технология (Russian Journal Chemical & Chemical Technology). Scopus.– 2020.– Т. 63.– Вып. 11.– С. 20-26.

[4-М]. **Назаров О.Н.** Влияние добавок бария на коррозионное поведение цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ / О.Н. Назаров // Вестник Таджикского государственного педагогического университета. Серия естественных наук. – 2022. – № 2 (14). – С. 173-177.

Ихтироъ:

[5-М]. Малый патент Республики Таджикистан № ТҶ 1081. Цинк-алюминиевый сплав / **О.Н. Назаров**; заявитель и патентообладатель: О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов и др. / № 2001388; заявл. 20.01.20, опубл. 15.04.20, бюл. 159, 2020. – 3 с.

Мақолаҳои дар маводи конферонсҳо нашришуда:

[6-М]. **Назаров О.Н.** Влияние бария на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2020. – С. 74-77.

[7-М]. **Назаров О.Н.** Окисление сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-теор. конф. «Основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2020. – С. 77-80.

[8-М]. **Назаров О.Н.** Влияние стронция на анодное поведение цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – Душанбе. – 2020. – С. 211-212.

[9-М]. **Назаров О.Н.** Окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного

барием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Мат. Респ. конф. с международным участием «Комплексные соединения и аспекты их применения». Таджикский национальный университет. – Душанбе. – 2021. – С. 48-51.

[10-М]. **Назаров О.Н.** Анодное поведение цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ с кальцием / О.Н. Назаров, И.Н. Ганиев, Ю.Ф. Баходуров, З.Р. Обидов // Мат. Респ. конф. с международным участием «Комплексные соединения и аспекты их применения». Таджикский национальный университет. – 2021. – С. 52-55.

АННОТАТСИЯИ

диссертатсияи Назаров Одилҷон Нусратович дар мавзӯи «Кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаи Zn0.5Al, ки бо металҳои ишқорзаминӣ чавҳаронидашуда» барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои химия аз рӯйи ихтисоси 02.00.04 – Химияи физикӣ

Калимаҳои калидӣ: руҳ Zn0.5Al, калсий, стронсий, барий, усулҳои термогравиметрӣ ва потенциостатикӣ, таҳлилҳои микрорентгеноспектралӣ, рентгенофазавӣ ва металлографӣ, нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ, рН –и муҳит, кинетикаи оксидшавӣ, маҳлули электролитҳои қавӣ, суръати коррозия, рафтори анодии хӯлаҳо.

Мақсади таҳқиқот ин омӯзиши кинетикаи оксидшавӣ ва рафтори анодии хӯлаи Zn0.5Al бо металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ ва коркарди таркиби оптималии хӯлаҳои нав, ки ба сифати рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатии конструкцияҳо ва маснуоти пӯлодии карбондор тавсия мешаванд, мебошад.

Объекти таҳқиқот – руҳи тамғаи ТХ (гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва лигатураҳои он бо калсий (AlCa10), стронсий (AlSr10) ва барий (AlBa10) (%-и вазнӣ).

Усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда. Таҳқиқот бо усулҳои микрорентгеноспектралӣ (микроскопи тасвирбардори электронии SEM навъи AIS 2100), потенциостатикӣ (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографӣ (микроскопи ERGOLUX АМС), рентгенофазавӣ (ДРОН-2.0) ва термогравиметрӣ гузаронида шудааст.

Натиҷаҳои ҳосилнамуда ва натиҷаҳои он. Таъсири иловаҳои металҳои ишқорзаминӣ (Ca, Sr, Ba) ба кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al дар оксигени фазаи газӣ аниқ карда шудааст. Механизми ҳосилшавии қабати оксидӣ дар сатҳи хӯлаҳо ҳангоми оксидшавӣ муайян карда шуда, қобилияти муҳофизатии онҳо дар раванди коррозия нишон дода шудааст. Таъсири иловаҳои элементҳои зергурӯҳи калсий ба рафтори анодии хӯлаи Zn0.5Al дар маҳлулҳои электролитҳои қавӣ аниқ карда шудааст. Вобастагии тағйирёбии потенциали электродӣ ва суръати коррозия аз таркиб ва микроструктураҳои хӯлаҳо, инчунин аз консентратсияи хлорид ва гидроксид-ионҳо дар электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH муайян карда шудааст.

Аҳамияти амалии таҳқиқот. Таркиби оптималии намуди нави рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ дар асоси хӯлаи Zn0.5Al бо металҳои ишқорзаминӣ барои муҳофизати маснуот ва конструкцияҳои пӯлодии карбондор аз вайроншавӣ коркард карда шудааст. Таркибҳои оптималии коркардшудаи хӯлаҳо бо нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (ТJ №1081) ҳифз карда шудааст.

Санҷиши таҷрибавӣ-озмоишгоҳии намунаҳои хӯла-рӯйпӯш дар камераи буғи намакин гузаронида шудааст. Фоидаи иқтисодӣ бо истифодабарии хӯла ҳамчун рӯйпӯши анодӣ дар 1м² сатҳи ҳифзшавандаи пӯлод аз ҳисоби беҳбудкунии дарозумрии маснуоти пӯлодӣ ва зиёдкунии муҳлати хизмати онҳо 8.5\$ ИМА-ро ташкил медиҳад.

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот:

- натиҷаҳои таҳқиқоти анҷомдодашуда рекомандунон барои истифодабарӣ дар соҳаҳои химияи физикӣ, технологияи химиявӣ, маводшиносӣ ва металлургия тавсия мешаванд;
- хӯлаҳои Zn0.5Al бо калсий, стронсий ва барий рекомандунон ҳамчун рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ барои беҳбудкунии устувории анодӣ ва зиёдкунии муҳлати хизмати конструкцияҳо ва маснуоти пӯлодии карбондор тавсия мешаванд.

Соҳаи истифодабарӣ: технологияи химиявӣ, галванотехника, металлургия, мошинсозӣ, саноати сохтмон ва химиявии нафт.

АННОТАЦИЯ

диссертации Назарова Одилджона Нусратовича на тему
«Кинетика окисления и анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного щёлочноземельными металлами», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия

Ключевые слова: сплав $Zn_{0.5}Al$, кальций, стронций, барий, термогравиметрический и потенциостатический методы, микрорентгеноспектральный, металлографический и рентгенофазовый анализ, кинетические и энергетические параметры, pH среды, кинетика окисления, растворы сильных электролитов, скорость коррозии, анодное поведение сплавов.

Целью исследования является изучение кинетики окисления и анодного поведения сплава $Zn_{0.5}Al$ с щёлочноземельными металлами (Ca, Sr, Ba) в различных агрессивных средах и разработке оптимального состава новых сплавов, которые предназначены в качестве анодных защитных покрытий углеродистых стальных изделий и конструкций.

Объекты исследования – цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры с кальцием (AlCa10), стронцием (AlSr10) и барием (AlBa10) (по мас.%).

Методы исследования, использованная аппаратура. Исследования проводились микрорентгеноспектральным (сканирующий электронный микроскоп SEM серии AIS 2100), потенциостатическим (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографическим (микроскоп ERGOLUX AMC), рентгенофазовым (ДРОН-2.0) и термогравиметрическими методами.

Полученные результаты и их новизна. Установлено влияние добавок щёлочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) на кинетику окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ кислородом газовой фазы. Определены механизм образования оксидной плёнки на поверхности сплавов при окислении и показаны их защитную способность в процессе газовой коррозии. Установлено влияние добавок элементов подгруппы кальция на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ в растворах сильных электролитов. Определены зависимости изменения электродных потенциалов и скорости коррозии от состава и микроструктуры сплавов, а также от концентрации хлорид и гидроксид-ионов в электролитах HCl, NaCl и NaOH.

Практическая значимость исследования. Разработан оптимальный состав нового класса анодных защитных покрытий на основе сплава $Zn_{0.5}Al$ с щёлочноземельными металлами для защиты изделий и конструкций из углеродистых сталей от разрушения. Разработанные оптимальные составы сплавов защищены малым патентом Республики Таджикистан (ТJ №1081).

Проведены опытно-лабораторные испытания образцов сплава – покрытия в камеру солевого тумана. Экономический эффект от использования сплава, как анодного покрытия на $1m^2$ защищаемой поверхности стали составляет 8.5\$ США, за счёт улучшения долговечности стальных изделий и продления срока их службы.

Рекомендации по практическому использованию результатов исследования:

- результаты выполненного исследования рекомендуются для использования в области физической химии, химической технологии, материаловедения и металлургии;
- сплавы $Zn_{0.5}Al$ с кальцием, стронцием и барием рекомендуются как анодных защитных покрытий для повышения анодной устойчивости и увеличения срока службы углеродистых стальных конструкций и изделий.

Область применения: химическая технология, гальванотехника, металлургия, машиностроение, нефтехимическая и строительная промышленность.

ANNOTATION

of the dissertation of Nazarov Odiljon Nusratovich on theme «Kinetic oxidation and anode behavior of Zn_{0.5}Al alloy, doped with alkaline earth metals», presented for the degree of candidate of chemical science in the specialties 02.00.04 – Physical chemistry

Key words: Zn_{0.5}Al alloy, calcium, strontium, barium, thermogravimetric and potentiostatic methods, micro X-ray spectral, metallographic and X-ray phase analysis, kinetic and energetic parameters, pH mediums, oxidation kinetics, strong electrolyte solutions, corrosion rate, anode behavior alloys.

The work purpose is to study the kinetics of oxidation and anodic behavior of the Zn_{0.5}Al alloy with alkaline earth metals (Ca, Sr, Ba) in various aggressive environments and the development of the optimal composition of new alloys, which are intended as anode protective coatings for carbon steel products and structures.

Objects of research – zinc grade KhCh (granular), aluminum grade A7 and its alloys with calcium (AlCa10), strontium (AlSr10) and barium (AlBa10) (wt.%).

Research methods, used equipment. Researches were spent micro X-ray spectral (scanning electronic microscope SEM of series AIS 2100), potentiostatic (potentiostat PI-50.1.1), metallographic (microscope ERGOLUX AMC), X-ray phase (DRON-2.0) and thermogravimetric methods.

The results obtained and their novelty. The effect of additions of alkaline earth metal (Ca, Sr, Ba) on the kinetics of oxidation of the Zn_{0.5}Al alloy with gas phase oxygen has been established. The mechanism of formation of an oxide film on the surface of alloys during oxidation is determined, and their protective ability in the process of gas corrosion is shown. The effect of additions of elements of the calcium subgroup on the anodic behavior of the Zn_{0.5}Al alloy in solutions of strong electrolytes has been established. The dependences of the change in electrode potentials and corrosion rate on the composition and microstructure of the alloys, as well as on the concentration of chloride and hydroxide ions in HCl, NaCl, and NaOH electrolytes, are determined.

The practical significance of the study. An optimal composition of a new class of anodic protective coatings based on the Zn_{0.5}Al alloy with alkaline earth metals has been developed to protect products and structures made of carbon steels from destruction. The developed optimal alloy compositions are protected by a small patent of the Republic of Tajikistan (TJ № 1081).

Pilot laboratory tests of samples of the alloy - coating in the salt fog chamber were carried out. The economic effect of using the alloy as an anode coating on 1 m² of the protected steel surface is \$ 8.5, due to improving the durability of steel products and extending their service life.

Recommendations about practical use of results research:

- the results of the study are recommended for use in the field of physical chemistry, chemical technology, materials science and metallurgy;
- Zn_{0.5}Al alloys with calcium, strontium and barium are recommended as anode protective coatings to increase the anode resistance and increase the service life of carbon steel structures and products.

Application area: chemical technology, galvanotechnic, metallurgy, mechanical engineering, petrochemical and building industry.

Разрешено в печать 17.10.2023 г., подписано в печать 19.10.2023 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,6. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ТНУ