



УДК 541.138.2+620.193

Поступила 09.11.2017

## ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА СС<sub>У</sub>З В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

*И. Н. ГАНИЕВ, О. Х. НИЕЗОВ, Н. М. МУЛЛОЕВА, Таджикский технический университет им. М. С. Осими, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. академиков Раджабовых, 10.*

*E-mail: ganiev48@mail.ru,*

*Б. Б. ЭШОВ, Государственное научно-экспериментальное и производственное учреждение АН Республики Таджикистан, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2.*

*E-mail: ishov1967@mail.ru*

*Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение свинцово-сурьмяного сплава СС<sub>У</sub>З (3 мас.% Sb), легированного щелочноземельными металлами (ЩЗМ). Показано, что с ростом содержания ЩЗМ в сплаве СС<sub>У</sub>З потенциалы свободной коррозии и питтингообразования незначительно смещаются в положительную область. По мере увеличения концентрации хлорид-иона в электролите указанные потенциалы уменьшаются. Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии сплавов с ростом содержания ЩЗМ уменьшаются на 75–85%, а с ростом концентрации хлорид-ионов – увеличиваются.*

*При переходе от сплавов с кальцием к сплавам со стронцием скорость коррозии сплавов возрастает на 20–30%, а при переходе к сплавам с барием – уменьшается на 25–30%.*

**Ключевые слова.** *Сплав СС<sub>У</sub>З, кальций, стронций, барий, потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, потенциал коррозии, скорость коррозии.*

## INFLUENCE OF ALKALINE – EARTH METALS ON ANODIC BEHAVIOR OF ALLOY SSUZ IN NEUTRAL ENVIRONMENT OF THE ELECTROLYTE NaCl

*I. N. GANIEV, O. KH. NIYEZOV, N. M. MULLOEVA, Tajik Technical University named after M. S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan, 10, Academics Rajabovoykh ave. E-mail: ganiev48@mail.ru,*

*B. B. ESHOV, State Scientific Experimental and Production facility of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, 299/2, Ainy str. E-mail: ishov1967@mail.ru*

*The anodic behavior of a lead-antimony alloy (3 wt% Sb) doped with alkaline-earth metals was investigated in potentiostatic method in the potentiodynamic mode at a potential sweep rate of 2 mV/s and it was shown that with an increase in the content of alkaline earth metals in the alloy (SSUZ), the potentials of free Corrosion and pitting are slightly shifted to the positive region. As the concentration of the chloride ion in the electrolyte increases, these potentials decrease. The current density of corrosion and, accordingly, the corrosion rate of alloys with an increase in the content of alkaline earth metals are reduced by 75–85%, and the concentration of chloride ion increases.*

*In transition from alloys with calcium to alloys with strontium, the corrosion rate of alloys increases by 20–30%, and to alloys with barium it decreases by 25–30%.*

**Keywords.** *Alloy of lead-antimony alloy SSUZ, calcium, strontium, barium, potentiostatic method, electrochemical corrosion, potential for corrosion, corrosion rate.*

### Введение

Большой практический интерес представляет знание поведения металла, находящегося в определенной среде как под воздействием внешней поляризации, так и при ее отсутствии [1].

Механизм действия элементов на анодные свойства свинца различен и не всегда без экспериментальных данных удается определить, какой из механизмов является преобладающим. Известно, что на

свинце и его сплавах фазовый защитный слой иногда достигает значительной толщины [2] и является потенциалопределяющей электродной системой по отношению к компонентам раствора, участвующим в электродных процессах.

В условиях динамического равновесия процессов роста фазового слоя и его разрушения при анодной поляризации свинцового сплава создается постоянно действующий источник ионов данного элемента в приэлектродном слое.

Различают два случая возможных проявлений свойств ионизированной составляющей сплава. В первом случае на электродной поверхности выделение кислорода облегчается, а ионизация свинца и рост фазового слоя замедляются, во втором случае легирование свинца некоторыми металлами способствует не только образованию мелкозернистой структуры сплавов, но и уплотнению фазового защитного слоя за счет отложения малорастворимых солей в его объеме [1].

Известно, что существует определенная связь между электронной структурой элементов и их некоторыми химическими и физико-химическими свойствами. Щелочноземельные элементы наряду с другими электроотрицательными металлами рекомендованы в качестве легирующих добавок к свинцу и его сплавам, так как в кислых средах их сульфаты являются малорастворимыми, что приводит к уплотнению защитного слоя на аноде [3]. Кроме того, изоморфные с  $PbSO_4$  кристаллы  $BaSO_4$  и  $SrSO_4$  способствуют образованию плотного слоя из сульфатов свинца.

Эффективность добавок щелочноземельных металлов к свинцу и его сплавам в кислой среде серной кислоты показана в работах [1–3], а в нейтральной среде  $NaCl$  – в [4–9].

Цель данной работы – изучение влияния добавок щелочноземельных металлов на анодное поведение свинцово-сурьмянистого сплава  $ССуЗ$  ( $Pb + 3 \text{ мас.}\%Sb$ ) в среде электролита  $NaCl$  различной концентрации.

### Материалы и методика исследования

Сплавы для исследования получали из свинца марки С2 (99,95%Pb), сурьмы металлической марки СОО (99,9%Sb) (ГОСТ 1089-82), кальция металлического марки КМ1 (ТУ 3252-80), стронция металлического марки СтМ1 (ТУ 48-4-173-72) и бария металлического марки БМ1 (ТУ 11480–74). Для получения сплавов предварительно в вакуумной печи сопротивления в атмосфере инертного газа (гелия) изготавливали лигатуры свинца с 5% каждого щелочноземельного металла. Шихтовку сплавов проводили с учетом угара свинца и ЦЗМ в электрических шахтных печах. Дальнейшим исследованиям подвергали сплавы, масса которых отличалась от массы шихты не более чем на 1 отн.%. Из полученных сплавов в графитовой изложнице отливали цилиндрические образцы диаметром 8 мм и длиной 140 мм, торцовая часть которых служила рабочим электродом.

Электрохимические исследования свинцовых сплавов проводили по методикам, описанным в работах [4–14] на потенциостате ПИ-50-1.1 в потенциостатическом режиме со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с с помощью программаторов ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4. Температуру раствора поддерживали постоянно 20 °С с помощью термостата МЛШ-8.

Для электрохимических исследований образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении в исследуемый раствор ( $E_{св.кор.}$  – потенциал свободной коррозии или стационарный), до значения потенциала, при котором происходит резкое возрастание плотности тока до  $-2 \text{ А/м}^2$  (рис. 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении до значения потенциала  $-0,590 \text{ В}$ , в результате чего происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности образца (рис. 1, кривая II). На следующем этапе исследования образцы поляризовали в катодную область (рис. 1, кривая III), когда оксидная пленка удалялась с поверхности рабочего электрода. Наконец, образцы повторно поляризовали в положительном направлении (рис. 1, кривая IV), при этом

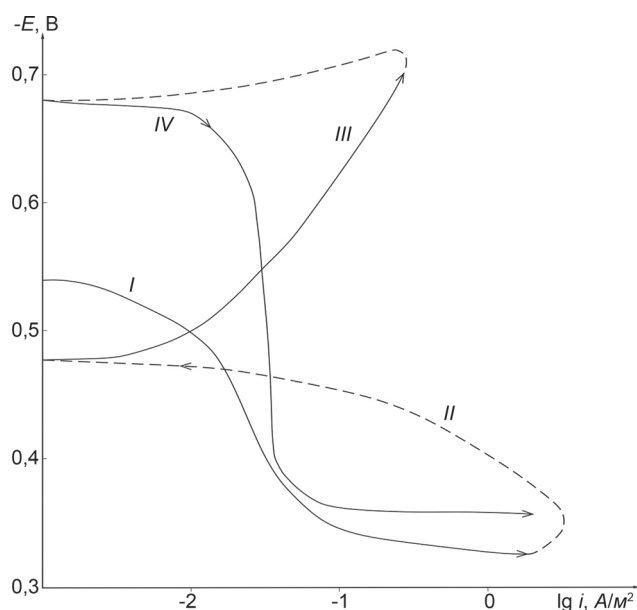


Рис. 1. Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая сплава  $ССуЗ$  в среде электролита 3%-ного  $NaCl$

при переходе от катодной к анодной кривой фиксируется потенциал начала пассивации ( $E_{\text{нп}}$ ). По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:  $E_{\text{ст}}$  или  $E_{\text{св.кор}}$  – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;  $E_{\text{рп}}$  – потенциал репассивации определяли графическим способом как первый изгиб на обратном ходе анодной кривой;  $E_{\text{по}}$  – потенциал питтингообразования (или потенциал пробоя) после катодной поляризации.

На основании данных параметров рассчитывали скорость коррозии как основной показатель коррозионной стойкости металлов:

$$K = i_{\text{кор}} k, \text{ где } k = 1,93 \text{ г}/(\text{А}\cdot\text{ч}).$$

Ток коррозии определяли по катодной кривой, учитывая тафелевский наклонный коэффициент ( $b_k = 0,12 \text{ В}$ ) [4].

В качестве примера на рис. 1 показана полная поляризационная кривая для сплава ССуЗ в среде электролита 3%-ного NaCl.

### Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты электрохимического исследования сплава ССуЗ, легированного щелочноземельными металлами, приведены в табл. 1, 2.

Т а б л и ц а 1. Изменение потенциалов свободной коррозии ( $-E_{\text{св.корр}}$ , В) и питтингообразования ( $-E_{\text{п.о.}}$ , В) сплава ССуЗ от содержания щелочноземельных металлов в среде электролита NaCl

Среда	Содержание ЦЗМ, мас.%	Сплавы с Са		Сплавы со Sr		Сплавы с Ва	
		$-E_{\text{св.корр}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{св.корр}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{св.корр}}$	$-E_{\text{п.о.}}$
0,03% NaCl	–	0,442	0,290	0,442	0,290	0,442	0,290
	0,01	0,420	0,250	0,410	0,260	0,404	0,230
	0,05	0,415	0,240	0,407	0,250	0,400	0,220
	0,1	0,410	0,220	0,404	0,235	0,396	0,212
	0,5	0,404	0,210	0,400	0,225	0,392	0,200
0,3% NaCl	–	0,514	0,230	0,514	0,330	0,514	0,230
	0,01	0,506	0,270	0,502	0,320	0,456	0,255
	0,05	0,503	0,250	0,500	0,310	0,493	0,240
	0,1	0,500	0,240	0,497	0,300	0,490	0,230
	0,5	0,497	0,220	0,494	0,280	0,486	0,215
3% NaCl	–	0,540	0,318	0,540	0,318	0,540	0,318
	0,01	0,534	0,316	0,530	0,350	0,525	0,310
	0,05	0,532	0,306	0,526	0,330	0,523	0,300
	0,1	0,530	0,290	0,525	0,320	0,520	0,290
	0,5	0,527	0,280	0,522	0,310	0,517	0,280

Т а б л и ц а 2. Зависимость скорости коррозии сплава ССуЗ от содержания щелочноземельных металлов в среде электролита NaCl

Среда	Содержание ЦЗМ в сплаве ССуЗ, мас.%	Скорость коррозии					
		сплавов с Са		сплавов со Sr		сплавов с Ва	
		$i_{\text{корр}} \cdot 10^{-2}, \text{ А}/\text{м}^2$	$K \cdot 10^{-3}, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	$i_{\text{корр}} \cdot 10^{-2}, \text{ А}/\text{м}^2$	$K \cdot 10^{-3}, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	$i_{\text{корр}} \cdot 10^{-2}, \text{ А}/\text{м}^2$	$K \cdot 10^{-3}, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$
0,03% NaCl	–	0,80	15,44	0,80	15,44	0,80	15,44
	0,01	0,69	13,31	0,76	14,66	0,60	11,58
	0,05	0,64	12,35	0,70	13,51	0,55	10,61
	0,1	0,60	11,58	0,65	12,51	0,49	9,45
	0,5	0,57	11,00	0,62	11,96	0,44	8,48
0,3% NaCl	–	0,89	17,17	0,89	17,17	0,89	17,17
	0,01	0,74	14,28	0,85	16,40	0,65	12,54
	0,05	0,70	13,51	0,80	15,44	0,59	11,38
	0,1	0,66	12,73	0,77	14,86	0,54	10,42
	0,5	0,66	11,77	0,72	13,89	0,50	9,65
3% NaCl	–	0,99	19,10	0,99	19,10	0,99	19,10
	0,01	0,78	15,05	0,95	18,33	0,72	13,89
	0,05	0,75	14,47	0,92	17,75	0,67	12,93
	0,1	0,71	13,70	0,87	16,79	0,60	11,58
	0,5	0,67	12,73	0,82	15,82	0,56	10,80

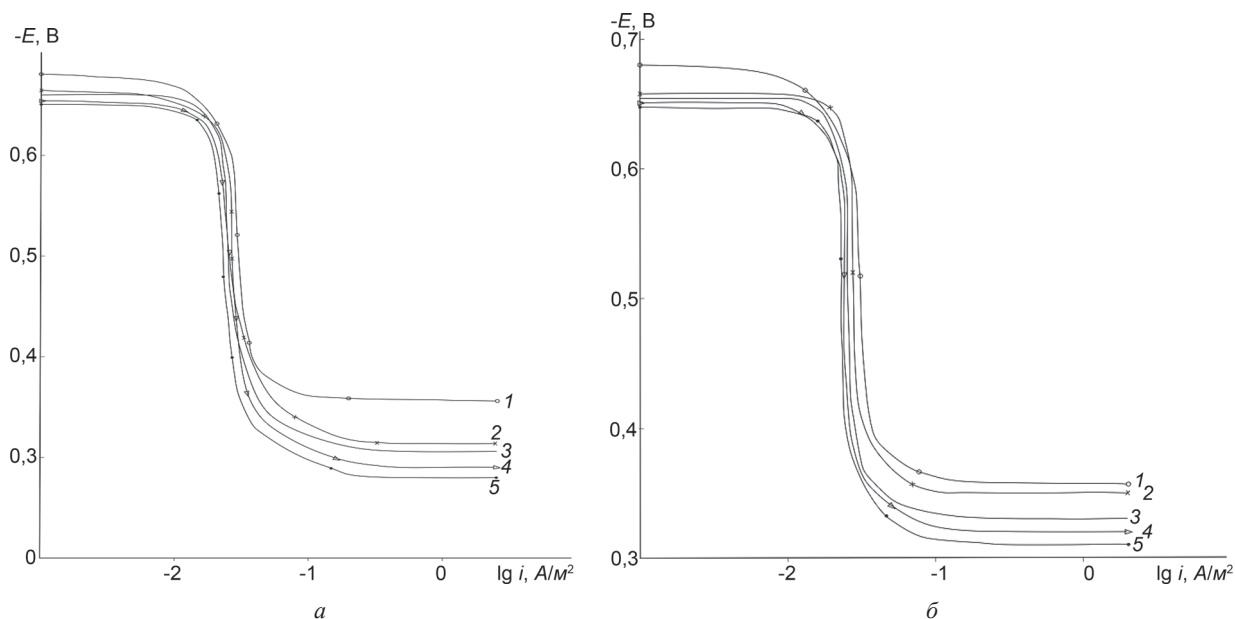


Рис. 2. Анодные ветви потенциодинамических (2 мВ/с) кривых сплава ССуЗ (1), содержащего кальций (а) и стронций (б) в среде электролита 3%-ного NaCl: 2 – 0,01 мас.%; 3 – 0,05; 4 – 0,1; 5 – 0,5 мас.%

Как видно из табл. 1, в целом добавки ЦЗМ способствуют смещению в положительную область потенциалов свободной коррозии (станционарный потенциал) и питтингообразования сплавов во всех трех исследованных средах. Рост потенциалов коррозии и питтингообразования сплавов свидетельствует об улучшении устойчивости сплавов к общей и питтинговой коррозии.

С ростом концентрации хлорид-ионов наблюдается уменьшение потенциалов свободной коррозии и питтингообразования независимо от содержания легирующего компонента, что в целом отрицательно влияет на коррозионную устойчивость сплавов (табл. 1).

В ряду щелочноземельных металлов при переходе от кальция к стронцию и барию наблюдается некоторый рост потенциала свободной коррозии. У сплава ССуЗ, легированного ЦЗМ в пределах подгруппы от кальция к стронцию, потенциал питтингообразования уменьшается, а от кальция к барию – увеличивается (табл. 1).

Скорость коррозии сплава ССуЗ с ростом содержания ЦЗМ уменьшается на 70–90% во всех трех исследованных средах электролита NaCl. Однако с увеличением концентрации хлорид-ионов наблюдается рост скорости коррозии сплавов на 75–85% (табл. 2).

Снижение скорости анодной коррозии легированных ЦЗМ сплавов сопровождается смещением в положительную область анодных ветвей потенциодинамических кривых. В качестве примера на рис. 2 показаны анодные ветви кривых сплавов с кальцием и стронцием в среде электролита 3%-ного NaCl.

Если проследить зависимости изменения скорости коррозии сплава ССуЗ с ЦЗМ от порядкового номера последнего, то можно заметить, что при переходе от сплавов с кальцием к сплавам со стронцием скорость коррозии возрастает на 20–30%, а при переходе к сплавам с барием – уменьшается на 25–30%. Из табл. 2 видно, что среди ЦЗМ наиболее эффективным элементом для улучшения коррозионной

Таблица 3. Зависимость скорости коррозии сплавов систем Pb-Ca(Sr, Ba) от содержания ЦЗМ в среде электролита NaCl

Среда	Содержание ЦЗМ в свинце, мас.%	Скорость коррозии					
		сплавов с Ca		сплавов со Sr		сплавов с Ba	
		$i_{корр} \cdot 10^{-2}, A/m^2$	$K \cdot 10^{-3}, г/(м^2 \cdot ч)$	$i_{корр} \cdot 10^{-2}, A/m^2$	$K \cdot 10^{-3}, г/(м^2 \cdot ч)$	$i_{корр} \cdot 10^{-2}, A/m^2$	$K \cdot 10^{-3}, г/(м^2 \cdot ч)$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,03% NaCl	–	0,80	15,44	0,80	15,44	0,80	15,44
	0,005	0,77	14,86	0,69	13,31	0,71	13,70
	0,01	0,60	11,58	0,54	10,42	0,57	11,00
	0,05	0,53	10,23	0,48	9,26	0,54	10,42
	0,1	0,42	8,11	0,40	7,72	0,45	8,68
	0,5	0,36	6,95	0,36	6,85	0,40	7,72

1	2	3	4	5	6	7	8
0,3% NaCl	–	0,85	16,40	0,85	16,40	0,85	16,40
	0,005	0,68	13,12	0,72	13,89	0,74	14,28
	0,01	0,55	10,61	0,57	11,00	0,60	11,58
	0,05	0,49	9,46	0,50	9,65	0,56	10,80
	0,1	0,38	7,33	0,42	8,10	0,48	9,26
	0,5	0,33	6,37	0,38	7,33	0,43	8,30
3% NaCl	–	0,98	18,91	0,98	18,91	0,98	18,91
	0,005	0,62	11,97	0,83	16,01	0,86	16,50
	0,01	0,53	10,23	0,63	12,15	0,65	12,55
	0,05	0,42	8,11	0,55	10,61	0,60	11,58
	0,1	0,32	6,18	0,48	9,26	0,52	10,04
	0,5	0,28	5,40	0,42	8,10	0,47	9,07

устойчивости является барий. Наименьшее значение скорости коррозии характерно для сплава ССуЗ с 0,5 мас.% бария в среде электролита 0,03%-ного NaCl (8,48 г/(м<sup>2</sup>·ч)).

Сравнение коррозионной стойкости сплава ССуЗ с двойными сплавами систем Pb–Ca (Sr, Ba) (табл. 3) показывает, что закономерности коррозии сплавов систем ССуЗ – Ca (Sr, Ba) несколько отличаются от таковых для сплавов двойных систем Pb–Ca (Sr, Ba). Для последних при переходе от сплавов с кальцием к сплавам со стронцием и далее к барию наблюдается рост скорости коррозии, особенно в средах 0,3- и 3%-ного электролита NaCl (табл. 3) [5].

### Выводы

Некоторые авторы положительное действие легирующих элементов на свинец объясняют только увеличением истинной поверхности анода или уплотнением защитного фазового слоя оксидов малорастворимыми продуктами окисления, что является односторонним. Существует точка зрения, согласно которой стойкость свинца зависит от изменения или модифицирования его структуры при легировании, т. е. от величины кристаллов сплава. Металлы, являющиеся модификаторами структуры сплава, характеризуются малой межатомной связью, низкой температурой плавления, малой прочностью и твердостью. Эти металлы, адсорбируясь на зарождающихся кристаллах, тормозят их рост, уменьшают поверхностную энергию вновь зарождающегося кристалла и в результате образуют высокодисперсный сплав [15, 16].

В случае диспергирования структуры продукты коррозии полностью перекрывают незначительную по величине межкристаллитную прослойку и этим усиливают пассивность металла. Таким действием обладают *s*- и *p*-элементы, к которым относятся и щелочноземельные металлы. Таким образом, существует некоторая корреляция между увеличением стойкости и измельчением структуры сплава, что подтверждает существующие представления о роли модифицирующих лигатур в коррозии сплавов.

Рост коррозионной стойкости свинца (табл. 3) и сплава ССуЗ (см. табл. 2) объясняется модифицирующим влиянием щелочноземельных металлов на их кристаллогеометрическую структуру, что достигается малыми добавками элементов. При этом фазовый состав сплавов не претерпевает существенных изменений, но достигается значительный защитный эффект [1].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дунаев Ю. Д. Нерастворимые аноды из сплавов на основе свинца. Алма-Ата: Наука КазССР, 1978. 316 с.
2. Бринцева В. И., Дунаев Ю. Д., Вовнианко Г. А., Кирьяков Г. З. // Кинетика процессов на окиснометаллических и амальгамных электродах. Алма-Ата: Наука КазССР, 1969. 14 с.
3. Дунаев Ю. Д., Сандыбаева А. Б., Бундже В. Г., Кирьяков Г. З. // Кинетика и механизм электродных процессов. Алма-Ата: Наука КазССР, 1974. 69 с.
4. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н. Сплавы свинца с щелочноземельными металлами. Душанбе: ООО «Андалеб – Р», 2015. 168 с.
5. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Обидов Ф. У. Повышение анодной устойчивости свинца, легированием щелочноземельными металлами. Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 84 с.
6. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Эшов Б. Б., Махмадуллоев Х. А. Повышение анодной устойчивости свинца, легированием барием // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15. № 4. С. 55–58.
7. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Норова М. Т., Обидов Ф. У. Потенциодинамическое исследование сплавов системы Pb–Sr в нейтральной среде // Коррозия: материалы и защита. 2013. № 3. С. 19–23.



8. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Обидов Ф. У., Махмадуллоев Х. А., Ходжаев Ф. К. Влияние хлорид-ионов на анодное поведение сплавов свинца с барием // Докл. АН Республики Таджикистан. 2012. Т. 55. № 6. С. 478–482.
9. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Норова М. Т., Обидов Ф. У., Ходжаев Ф. К. Влияние кальция на анодную устойчивость свинца в среде электролита NaCl // Вестн. Таджик. техн. ун-та. 2012. № 4 (20). С. 26–29.
10. Муллоева Н. М., Ганиев И. Н., Махмадуллоев Х. А. Физикохимия сплавов свинца с щелочноземельными металлами. Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 152 с.
11. Назаров Ш. А., Ганиев И. Н., Норова М. Т., Ганиева Н. И., Irene Calliari. Потенциодинамическое исследование сплава Al + 6%Li с иттрием в среде электролита NaCl // Вестн. МГТУ им. Г. И. Носова. 2016. Т. 14. № 2. С. 95–100.
12. Одинаев Ф. Р., Ганиев И. Н., Сафаров А. Г., Якубов У. Ш. Стационарные потенциалы и анодное поведение сплава АЖ 4.5, легированного висмутом // Изв. СПбГТИ(ТУ). 2017. № 38. С. 8–12.
13. Раджабалиев С. С., Ганиев И. Н., Амонов И. Т. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2.18%Fe // Вопросы материаловедения. 2016. № 2 (86). С. 147–152.
14. Одинаев Ф. Р., Ганиев И. Н., Сафаров А. Г., Якубов У. Ш. Потенциодинамическое исследование сплава АЖ 4.5, легированного свинцом, в среде электролита NaCl // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 2 (45). С. 68–71.
15. Ганиев И. Н., Пархутик П. А., Куприянова И. Ю., Ваховов А. В. Модифицирование силуминов стронцием. Минск: Наука и техника, 1986. 146 с.
16. Мальцев М. В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984. 280 с.

## REFERENCES

1. Dunaev Ju. D. *Nerastvorimye anody iz splavov na osnove svinca* [Insoluble anodes of lead-based alloys]. Alma-Ata, Nauka KazSSR Publ., 1978, 316 p.
2. Brinceva V. I., Dunaev Ju. D., Vovianko G. A., Kir'jakov G. Z. *Kinetika processov na okisnometallicheskih i amal'gamnyh jelektrodah* [Kinetics of processes on oxide-metal and amalgam electrodes]. Alma-Ata, Nauka KazSSR Publ., 1969, 14 p.
3. Dunaev Ju. D., Sandybaeva A. B., Bundzhe V. G., Kir'jakov G. Z. *Kinetika i mehanizm jelektroodnyh processov* [Kinetics and mechanism of electrode processes]. Alma-Ata, Nauka KazSSR Publ., 1974, 69 p.
4. Mulloeva N. M., Ganiev I. N. *Splavy svinca s shhelochnozemel'nymi metallami* [Lead alloys with alkaline earth metals]. Dushanbe, «Andaleb-R» Publ., 2015, 168 p.
5. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Obidov F. U. *Povyshenie anodnoj ustojchivosti svinca, legirovaniem shhelochnozemel'nymi metallami* [Increase in anodic stability of lead, doping with alkaline earth metals]. LAP LAMBERT Publ., 2012, 84 p.
6. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Jeshov B. B., Mahmadulloev H. A. *Povyshenie anodnoj ustojchivosti svinca, legirovaniem bariem* [Increase in anodic stability of lead, doping with barium]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii nauk = Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2013, Vol. 15, no. 4, pp. 55–58.
7. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Norova M. T., Obidov F. U. *Potenciodinamicheskoe issledovanie splavov sistemy Pb-Sr v nejt'al'noj srede* [Potentiodynamic study of alloys of the Pb-Sr system in a neutral medium]. *Korroziya: materialy i zashhita = Corrosion: materials and protection*, 2013, no. 3, pp. 19–23.
8. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Obidov F. U., Mahmadulloev H. A., Hodzhaev F. K. *Vlijanie hlorid-ionov na anodnoe povedenie splavov svinca s bariem* [Effect of chloride ions on the anodic behavior of lead alloys with barium]. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan = Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*, 2012, Vol. 55, no. 6, pp. 478–482.
9. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Norova M. T., Obidov F. U., Hodzhaev F. K. *Vlijanie kal'cija na anodnuju ustojchivost' svinca v srede jelektrolita NaCl* [Effect of calcium on the anodic stability of lead in the NaCl electrolyte medium]. *Vestnik Tadjikskogo tehnikeskogo universiteta = Bulletin of the Tajik Technical University*, 2012, no. 4 (20), pp. 26–29.
10. Mulloeva N. M., Ganiev I. N., Mahmadulloev H. A. *Fizikohimija splavov svinca s shhelochnozemel'nymi metallami* [Physicochemistry of lead alloys with alkaline earth metals]. LAP LAMBERT Publ., 2013, 152 p.
11. Nazarov Sh. A., Ganiev I. N., Norova M. T., Ganieva N. I., Irene Calliari. *Potenciodinamicheskoe issledovanie splava Al+6%Li s ittriem v srede jelektrolita NaCl* [Potentiodynamic study of an alloy of Al + 6% Li with yttrium in an NaCl electrolyte medium]. *Vestnik MGTU im. G. I. Nosova = Bulletin of MSTU after G. I. Nosova*, 2016, vol. 14, no. 2, pp. 95–100.
12. Oдинаев F. R., Ganiev I. N., Safarov A. G., Jakubov U. Sh. *Stacionarnye potentsialy i anodnoe povedenie splava AZh 4.5, legirovannogo vismutom* [Stationary potentials and anodic behavior of an alloy of aluminum 4.5 doped with bismuth]. *Izvestija SPbGTI(TU) = News SPbGTI (TU)*, 2017, no. 38, pp. 8–12.
13. Radzhabaliev S. S., Ganiev I. N., Amonov I. T. *Vlijanie svinca na anodnoe povedenie splava Al + 2,18% Fe* [The influence of lead on the anodic behavior of the Al + 2.18% Fe alloy]. *Voprosy materialovedenija = Problems of Materials Science*, 2016, no. 2 (86), pp. 147–152.
14. Oдинаев F. R., Ganiev I. N., Safarov A. G., Jakubov U. Sh. *Potenciodinamicheskoe issledovanie splava AZh 4.5, legirovannogo svincom, v srede jelektrolita NaCl* [Potentiodynamic study of alloy AW 4.5 doped with lead in NaCl electrolyte medium]. *Obrabotka sploshnyh i sloistyh materialov = Processing of solid and laminar materials*, 2016, no. 2 (45), pp. 68–71.
15. Ganiev I. N., Parhutik P. A., Kuprijanova I. Ju., Vahobov A. V. *Modificirovanie siluminov stronciem* [Modification of silumin with strontium]. Минск, Nauka i tehnika Publ., 1986, 146 p.
16. Mal'cev M. V. *Modificirovanie struktury metallov i splavov* [Modification of the structure of metals and alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1984, 280 p.