

---

---

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ  
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ



L.N. GUMILYOV EURASIAN  
NATIONAL UNIVERSITY

ЕВРАЗИЙСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА

# ХАБАРШЫ

1995 жылдың қаңтарынан жылына 6 рет шығады

I бөлім

№4(119) · 2017

# ВЕСТНИК

выходит 6 раз в год с января 1995г.

I часть

# HERALD

Since 1995

I part

Астана

Кинтонова А.Ж., Андасова Б.З., Сагиндыков К.М., Сантеева С.Ә. Зияткерлік оқыту бағдарламасының сапа критерийлері.....	132
Құрбанғалиева Ә.Қ., Шайхова Г.Н., Сыздыкова А.М. Екі компонентті комплексті модификацияланған Кортевег-де Фриз-Максвелл-Блох жүйесінің сызықты емес толқындары.....	139
Нурахметов Т.Н., Петров А.М., Доломатов М.Ю., Бахтизин Р.З., Дауренбеков Д.Х., Кайнарбай А.Ж. Электрофизические свойства коллоидных нефтяных наносистем остаточных дистиллятов и битумов на их основе.....	146
Рамазан М.Қ., Разина О.В. Скалярлық өрістегі күрделі космологиялық модельдің нақты шешімі.....	150
Сағатов Н.Е., Абуова Ф.У., Абуова А.У. Термодинамика и динамика решетки двух модификаций $TiO_2$ рутила и анатаза.....	156
Салиходжа Ж.М., Ценев Н.К., Бахтизин Р.З., Жунисбеков А.М. О волновых методах борьбы с отложениями в теплообменных аппаратах.....	164
Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К. Реологическое поведение высокодисперсной суспензии в процессе литья бериллиевой керамики.....	167
Сексембаев Ж.Б., Баяхметов О.С., Кукулин В.И., Сахиев С.К. Кинетика горения плотной плазмы.....	173

**ХИМИЯ**

**ХИМИЯ**

Алдонгаров А.А., Асильбекова А.М., Иргібаева И.С. Определение влияния ионов поверхности $OH^-$ и $Cl^-$ на образование локализованных состояний в наноразмерных кластерах CdS.....	184
Бахытжан Е.Г., Абильдина А.К., Авчукир Х., Аргимбаева А.М. Коррозия магния в растворах на основе диметилформамида.....	190
Битемирова А.Е., Дуйсембиев М.Ж., Жарқынбеков М.А., Керимбаева К.З., Қозыкеева Р.А. Способы регенерации катализаторов для получения пятичленных гетероциклических соединений.....	197
Ергешбаева С.Б., Еркасов Р.Ш. Синтез и исследование серосодержащих производных пиридиновых лигандов для синтеза спин-кроссоверных комплексов железа (II).....	202
Еркасов Р.Ш., Кусепова Л.А., Масакбаева С.Р., Байсалова Г.Ж., Болысбекова С.М. Взаимодействие в системе сульфата кобальта – карбамид – серная кислота – вода при 25 °С.....	207
Ермағамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М., Меркурьева С.Н., Зикирина А.М. Зола сланца Кендырлықского месторождения в качестве адсорбента для очистки сточных вод.....	213
Есимова О.А., Керимкулова М.Ж., Турсынбекова П.А., Садуақасова Н.Ж. Беттік активті заттармен тұрақтандырылған эмульсиялардың коллоидтық химиялық сипаттамасы.....	219
Игимбаева Д.А., Еркасов Р.Ш., Шатрук М. Исследование трис-гомолептического комплекса железа (II) методом рентгеноструктурного анализа.....	225
Игимбаева Д.А., Еркасов Р.Ш., Шатрук М. Синтез азотсодержащих лигандов имидазолина для последующего получения комплексов железа (II).....	230

УДК: 621.352

Бахытжан Е.Г., Абильдина А.К., Авчукир Х., Аргимбаева А.М.

### Коррозия магния в растворах на основе диметилформамида

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан)

В работе изучено коррозионное поведение магниевых электродов в нитратсодержащих диметилформаимидных растворах. Методом сканирующей электронной микроскопии показано образование неоднородной по своей структуре пленки, состоящей в основном из малорастворимых продуктов коррозии магния. Была составлена эквивалентная электрическая схема, описывающая протекаемые процессы на поверхности электрода и состоящая из сопротивления раствора, пленки, двойного слоя, емкости двойного слоя и аддуктанта оксидного слоя. Результаты, полученные линейной вольтамперометрией и методом электродного импеданса хорошо согласуются между собой.

**Ключевые слова:** магний, коррозия, пассивация, пленка, химические источники тока (ХИТ).

#### Введение

Исследование поведения различных металлов в неводных средах ведется в основном в двух направлениях. Во-первых, изучается кинетика взаимодействия металлов с различными органическими окислителями. При этом органические растворители, из которых наиболее применимы апротонные дипольные растворители, выступают либо как среда взаимодействия, либо как непосредственный окислитель. И в том, и в другом случае в основном получаются комплексы металла с молекулами растворителя в качестве лиганда. В том случае, когда растворитель не участвует непосредственно в акте окисления, его выбор определяется донорным числом и сольватирующей способностью [1]. Второе направление – изучение коррозионного и электрохимического поведения металлов в неводных средах с различными фоновыми электролитами. Коррозия и пассивация металлов в органических и водно-органических средах протекает по несколько иным закономерностям, нежели в воде. Поэтому работы в этом направлении существенно расширяют общие представления об этих процессах.

Список исследуемых металлов довольно велик. В основном работы посвящены металлам, широко используемым в промышленности, таким как железо и медь, а также металлам, применяемым в создании химических источников тока (ХИТ). Литий, как наиболее перспективный материал для ХИТ, изучен очень подробно, обобщение литературных данных по анодному поведению этого щелочного металла можно встретить в работе [2]. Альтернативу литию представляют алюминий, магний и другие металлы с высоким отрицательным потенциалом, более доступные и удобные в технологическом отношении.

Магний – очень привлекательный анодный материал для химических источников тока (ХИТ) из-за своих определенных теоретических свойств, как низкий электродный потенциал (2.37 В от СВЭ) и высокая фарадеевская емкость (2202 мА ч/г). Однако, ввиду высокой химической активности и неустойчивости к коррозии магниевые аноды ограничены в использовании в ХИТ [3-8]. Поэтому, одним из важных задач является разработка и оптимизация состава уникальных комплексных электролитов, позволяющих повысить коррозионную стойкость и тем самым использовать в ХИТ.

Целью нашей работы является исследование образования пассивирующей пленки на поверхности магния в нитратсодержащих диметилформаимидных растворах и влияние этой пленки на его электрохимическое поведение.

#### Экспериментальная часть

Электрохимическое поведение магния было изучено методом линейной вольтамперометрии и импедансной спектроскопии в трехэлектродной электрохимической ячейке с использованием потенциостата-гальваностата AUTOLAB PGSTAT (Нидерланды). Ячейку перед опытами мыли горячим раствором соды, большим количеством проточной, а затем бидистиллированной водой, пропаривали и сушили под вакуумом. Непосредственно перед опытом ячейку ополаскивали рабочим раствором.

Анодом служил магниевый электрод (99,98%), диаметром 0,1256 см<sup>2</sup>. Вспомогательным электродом являлась платиновая пластина площадью 6,28 см<sup>2</sup>, а электродом сравнения – хлорсеребряный (E=0,197В от СВЭ). Перед каждым измерением магниевый электрод подвергали механической обработке с помощью абразивной бумаги (размер зерна 5-7 мкм), обезжировали, затем тщательно промывали бидистиллированной водой. Все эксперименты

проводились при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  с точностью  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  в атмосферном перчаточном боксе, осушаемом с помощью пятиоксида фосфора, которая периодически менялась по мере поглощения атмосферной влаги.

В качестве растворителя выбрали диметилформамид (ДМФА), обладающий высокой диэлектрической проницаемостью, электрохимической стабильностью в широком температурном интервале и низкой токсичностью. В настоящей работе применяли следующий способ очистки растворителя. Исходный продукт марки "хч" для очистки от воды сушили над свежeproкаленной окисью кальция [9], дважды меняя осушитель в течение двух недель, и осторожно сливали с осадка в боксе с сухой инертной атмосферой. После декантации дважды перегоняли в вакууме (давление 3-5 мм.рт.ст.). Непосредственно перед работой вновь перегоняли. Чистоту растворителя проверяли методом ИК-спектроскопии.

Оксид кальция марки «ч» предварительно был очищен прокаливанием в токе сухого воздуха при температуре  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Все растворы готовили в колбах с притертыми пробками в осушаемом перчаточном боксе. После приготовления все электролиты проверяли на содержание воды ИК-спектроскопически по наличию сигнала от ОН-группы.

Микрофотографии поверхности магниевого электрода и состав поверхностной пленки были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 200i 3D (FEI Company, США).

Линейную поляризацию проводили при скорости наложения потенциала  $2\text{ мВ/с}$  в интервале потенциалов  $\pm 300\text{ мВ}$  от равновесного. Время выдержки электродов в растворе составило 5, 10, 30, 60 мин.

Измерение импеданса осуществлялось в интервале частот  $100\text{ кГц} - 0,1\text{ Гц}$  в потенциостатическом режиме при потенциале  $\pm 10\text{ мВ}$  от равновесного.

## Результаты и обсуждения

### *Образование коррозионной пленки*

Стабильность большинства активных металлов определяет пассивирующий слой, образующийся на металле в результате взаимодействия со средой и блокирующий его поверхность. Для многих металлов в самых различных средах пассивационные явления носят определяющий характер в их химическом и электрохимическом поведении.

Визуальные наблюдения показывают, что в растворе блестящая поверхность металла быстро тускнеет, на ней появляется серый или коричневый налет, что указывает на протекание коррозии. Все это позволяет предположить, что магний может реагировать компонентами электролита с образованием поверхностной пленки.

Особенно наглядно наличие пленки показывают микрофотографии, полученные на сканирующем электронном микроскопе (рис. 1 (а-е)). По фотографиям видно, что пленка, образующаяся при коррозии, имеет неоднородную структуру. Образования различной формы имеют заметно выраженную кристаллическую структуру. Можно заметить, что с увеличением времени выдержки и концентрации электролита наблюдается рост размеров кристаллов и предположительно толщины пленки.

Анализ этой пленки указывает наличие Mg, Na, O, N (, рисунок 2, таблица 1). Большие количества Mg, O указывает об образовании нерастворимых соединений магния, предположительно  $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Мы предполагаем, что на поверхности магниевого электрода в начале образуется пассивирующая пленка, состоящая, по-видимому, из оксида, затем коррозионная пленка, включающая некоторые нерастворимые соли магния различного состава. Также может происходить и внедрение анионов в растущую пленку. Компоненты, образующие пленку, могут подвергаться дальнейшему взаимодействию с поверхностью металла. Такой процесс предполагает наличие ионной и электронной проводимости пленки.

### *Электрохимическое поведение магния*

При исследовании коррозионных процессов широко используют метод коррозионных диаграмм (анодных и катодных поляризационных кривых), позволяющим определять

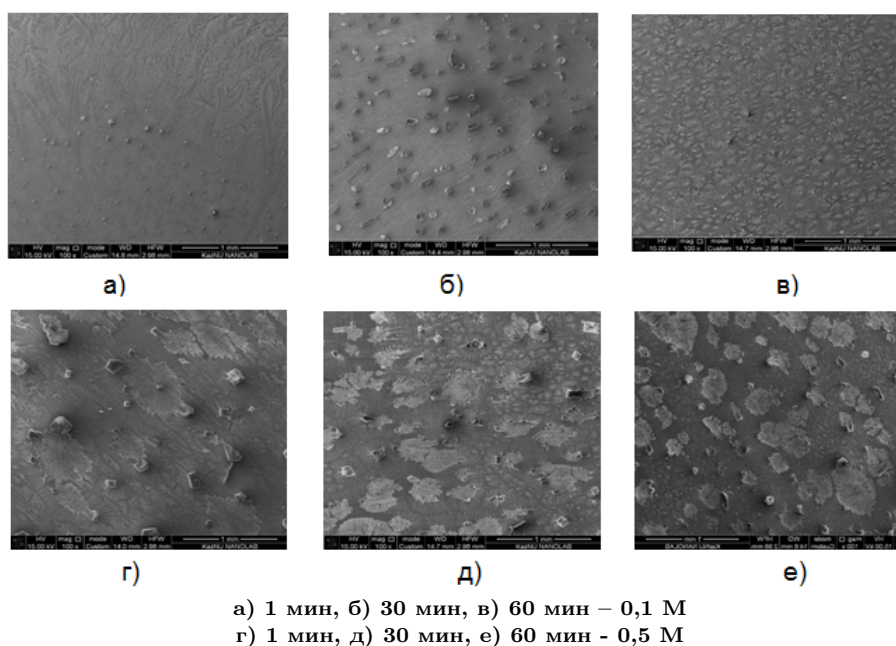


Рисунок 1 – Микрофотографии поверхности магниевого электрода после различной экспозиции в диметилформамидном растворе нитрата натрия

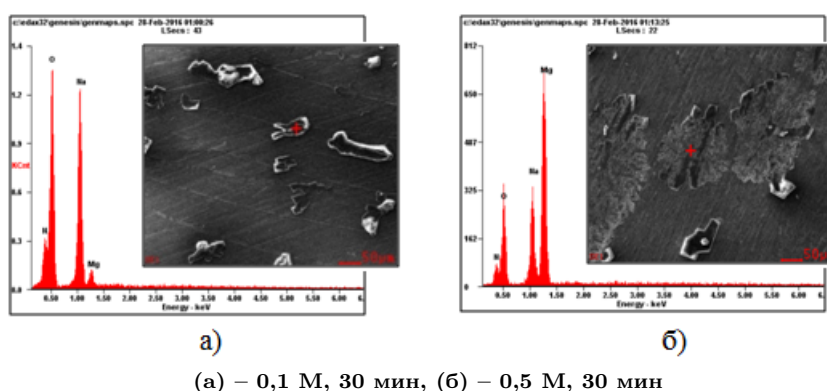


Рисунок 2 – Рентгеноспектральный микроанализ поверхности магниевого электрода после 30 мин экспозиции в диметилформамидном растворе нитрата натрия различной концентрации

Таблица 1 – Состав коррозионной пленки на магнии в растворе 0,5 М NaNO<sub>3</sub> –ДМФА

	0,5 М					
	1 мин		30 мин		60 мин	
	Wt%	At%	Wt%	At%	Wt%	At%
Mg	34,95	27,09	51,26	42,03	42,17	33,78
Na	16,37	13,42	12,19	10,57	17,03	14,42
O	35,80	41,16	26,10	32,52	28,49	34,68
N	12,88	17,33	10,45	14,87	12,31	17,11
Общее	100	100	100	100	100	100

стационарный потенциал, ток коррозии и оценить влияние различных факторов на скорость коррозии.

Были получены поляризационные кривые с линейной разверткой потенциала в логарифмической форме. Для расчета поляризационного сопротивления использована область малых перенапряжений, где наблюдается линейная зависимость между плотностью тока и потенциалом. На основании уравнения Батлера-Фольмера (1) [10]:

$$i = i_{\text{corr}} \left( e^{\frac{2.303\eta}{b_a}} - e^{-\frac{2.303\eta}{b_c}} \right) \quad (1)$$

были рассчитаны сопротивление системы и скорость коррозии электрода в растворе (таблица 2).

Таблица 2 – Рассчитанные значения кинетических параметров, определенных методом линейной вольтамперометрии

$R_{\text{п}}$ , (кОм)	$I_{\text{кор}}$ , (нА)	$i_{\text{кор}}$ , (нА/см <sup>2</sup> )	$b_a$ , (мВ/декада)	$b_c$ , (мВ/декада)	Скорость коррозии, (мм/год)
251,74	63,34	504.28	69,56	77,75	0,012

Для выявления зависимости сопротивления от времени экспозиции электрода в растворе получены поляризационные кривые с линейной разверткой в логарифмической форме при разных временах экспозиции электрода в растворе (рисунок 3).

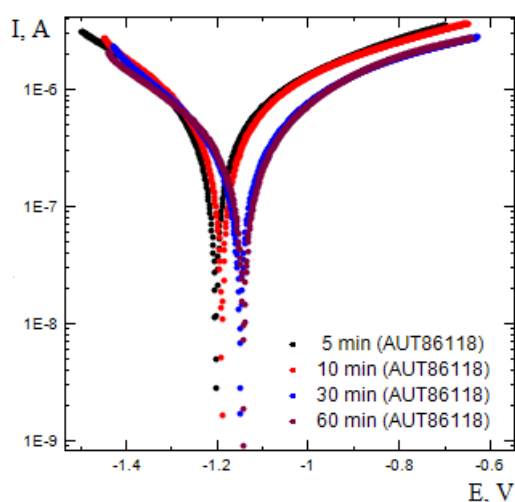


Рисунок 3 – Поляризационные кривые с линейной разверткой потенциала в логарифмической форме при разных временах экспозиции, в 0,1М диметилформаamidном растворе  $NaNO_3$ ,  $v = 2$  мВ/с,  $E_{\text{стац}} \pm 10$  мВ

Из рисунка 3 видно, что с увеличением времени экспозиции электрода в растворе, наблюдается смещение потенциала коррозии в анодную область и уменьшение токов коррозии. Это свидетельствует о постепенном увеличении термодинамической стабильности и коррозионной стойкости поверхности магния за счет образования пленки.

Из коррозионных диаграмм были найдены значения удельного сопротивления поляризации и построена зависимость от времени экспозиции электрода в растворе (рисунок 4), из которого видно, что удельное сопротивление пленки со временем растет и постепенно переходя на плато, не значительно уменьшается во времени. Это говорит о том что в начальный момент времени на поверхности электрода образуется пассивирующая и коррозионная пленка, но при дальнейшей экспозиции электрода в растворе сопротивление уменьшается ввиду частичной растворимости некоторых продуктов коррозии.

Для получения информации об электродных процессах протекающих на границе раздела электрод-электролит использовали импедансную спектроскопию. Диаграммы импеданса записывались в начальный момент времени ( $t = 0$  ч) сразу после стабилизации стационарного потенциала. В настоящем исследовании импедансные измерения проводили при разомкнутой цепи, а также при поляризации. Из результатов импедансных измерений (рисунок 5) видно, что в области частот 100 кГц - 0,1 Гц эта зависимость указывает на образование поверхностной фазы. Для получения теоретической зависимости была составлена электрохимическая эквивалентная схема, описывающая протекающие процессы на поверхности электрода

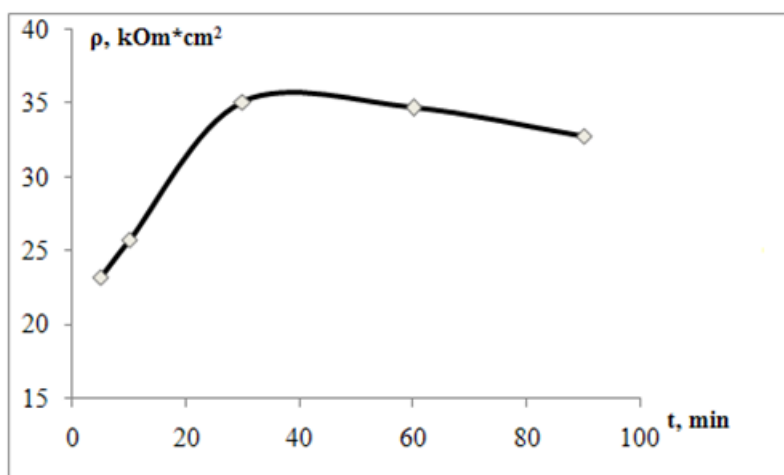
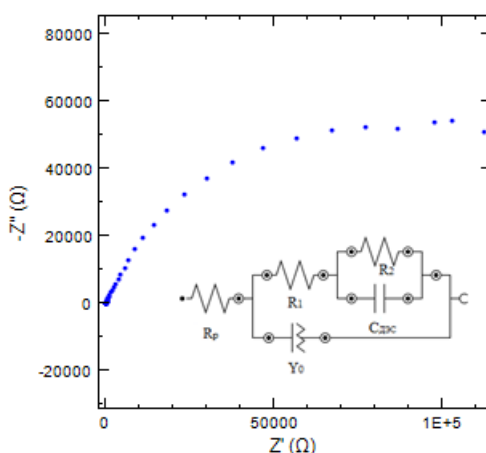


Рисунок 4 – Зависимость удельного сопротивления от времени выдержки электрода, в 0,1М диметилформамидном растворе  $\text{NaNO}_3$ ,  $v = 2$  мВ/с,  $E_{\text{стац}} \pm 10$  мВ

(рисунок 5 – врезка) и состоящая из сопротивления раствора, сопротивления оксидной пленки, сопротивления ДЭС, емкости ДЭС и аддуктанса оксидной пленки.



$R_p$  – сопротивление раствора;  $R_1$  – сопротивление оксидной пленки;  $R_2$  – сопротивление ДЭС;  $C_{\text{дэс}}$  – емкость ДЭС;  $Y_0$  – аддуктанс оксидной пленки

Рисунок 5 – Кривая Найквиста при  $T=25$  °С на магниевом электроде в 0,1М диметилформамидном растворе  $\text{NaNO}_3$ . Врезка: эквивалентная электрическая схема электрохимической ячейки.

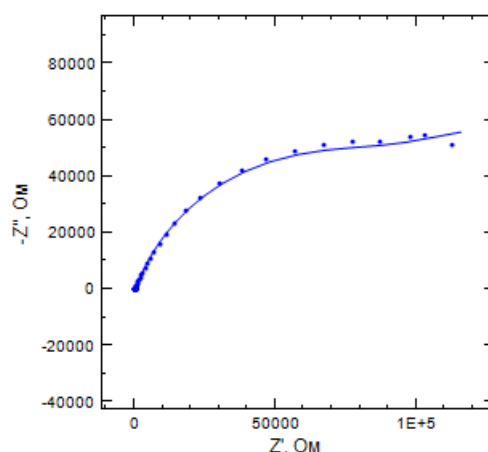
Анализ вида годографа теоретически изучаемой ячейки и годографа, составленной нами из определенной комбинации электрических элементов (сопротивление, емкость и т.д.) свидетельствует об их корреляции между собой и правильном выборе схемы (Рисунок 6).

По выбранной эквивалентной схеме были рассчитаны значения сопротивлений отдельных ее составляющих, емкость ДЭС, ток коррозии и аддуктанс оксидной пленки (таблица 3).

Таблица 3 – Рассчитанные значения составляющих электрической эквивалентной схемы

$R_p$ , (Ом)	$R_1$ , (кОм)	$R_2$ , (кОм)	$C_{\text{дэс}}$ , (мкФ)	$Y_0(N=0.8)$ , (мкСм)	$R_{\text{п}}$ , (кОм)	$I_{\text{кор}}$ , (нА)
258,00	134,00	65,80	36,50	3,30	199,8	64,30

Высокое значение сопротивления оксидной пленки свидетельствует о торможении коррозии за счет образования поверхностной фазы. Отсутствие импеданса Варбурга в электрической схеме говорит о замедленной электрохимической стадии. Поляризационное сопротивление складывается из сопротивления оксидной пленки и сопротивления ДЭС ( $R_{\text{п}} = R_1 + R_2$ ), причем значение последней значительно меньше первой составляющей. Это еще раз



$R_p$  – сопротивление раствора;  $R_1$  – сопротивление оксидной пленки;  $R_2$  – сопротивление ДЭС;  $C_{дэс}$  – емкость ДЭС;  $Y_0$  – аддуктанс оксидной пленки

Рисунок 6 – Экспериментальная и теоретически рассчитанная кривые Найквиста при  $T=25^{\circ}C$  на магниевом электроде в 0,1М диметилформамидном растворе  $NaNO_3$ .

свидетельствует о существенном влиянии поверхностной пленки на коррозионное поведение магния.

В таблице 4 приведены рассчитанные значения поляризационного сопротивления и токов коррозии, полученные методами линейной вольтамперометрии и импедансной спектроскопии. Как видно из таблицы 4 вышеуказанные параметры, найденные двумя методами имеют близкие значения, что подтверждает правильность выводов о кинетике и механизме коррозии магния.

Таблица 4 – Значения поляризационного сопротивления и токов коррозии, полученные методами линейной вольтамперометрии и электрохимического импеданса

Метод	$R_{п}, (кОм)$	$I_{кор}, (нА)$
Электродного импеданса	199,8	64,30
Линейной вольтамперометрии	251,74	63,34

### Заключение

1. Установлено образование первичной и вторичной пленки на поверхности магния. Результаты рентгеноспектрального микроанализа показали преимущественно кристаллическую природу поверхностной фазы.
2. Идентифицирована электрическая эквивалентная схема, моделирующая электрохимический процесс на магнии в нитратсодержащих диметилформамидных растворах.
3. Значения поляризационного сопротивления и тока коррозии, рассчитанные методом линейной вольтамперометрии хорошо согласуются с результатами импедансной спектроскопии.

### Литература

- 1 Сергеева В.П., Кондин А.В., Алясов В.И., Шульпин Г.П., Масленников В.П. Кинетические закономерности окисления меди четыреххлористым углеродом в диполярных апротонных растворителях. // Журнал общей химии, 1990, Т. 60, В. 10, С. 2268-2272.
- 2 Курбатов А.П.. Коррозионные процессы на литии в электролитах химических источников тока. Дис. канд., Алматы, 1998, 150с.
- 3 Wang N.G., Wang R.C., Peng C.Q., Hu C.W., Feng Y., Peng B. Research progress of magnesium anodes and their applications in chemical power sources // Oral Oncology. - The Nonferrous Metals Society of China. -2014. - Vol. 50, Is. 10. - P. 2427–2439.
- 4 Aurbach D., Weissman I., Gofer Y., Levi E. Nonaqueous magnesium electrochemistry and its application in secondary batteries // Chemical Record. - 2003. - Vol. 3, Is. 1. - P. 61–73.

- 5 Bian P., Nuli Y., Abudoureyimu Z., Yang J., Wang J. A novel thiolate-based electrolyte system for rechargeable magnesium batteries // *Electrochimica Acta*. - Elsevier Ltd, 2014. - Vol. 121. - P. 258–263.
- 6 Saha P., Datta M.K., Velikokhatnyi O.I., Manivannan A., Alman D., Kumta P.N. Rechargeable magnesium battery: Current status and key challenges for the future // *Progress in Materials Science*. - Elsevier Ltd, 2014. - Vol. 66. - P. 1–86.
- 7 Shterenberg I., Salama M., Gofer Y., Levi E., Aurbach D. The challenge of developing rechargeable magnesium batteries // *MRS Bulletin*. - 2014. - Vol. 39, Is. 05. - P. 453–460.
- 8 Wang N.G., Wang R.C., Peng C.Q., Hu C.W., Feng Y., Peng B. Research progress of magnesium anodes and their applications in chemical power sources // *Oral Oncology*. - The Nonferrous Metals Society of China, 2014. - Vol. 50, Is. 10. - P. 2427–2439.
- 9 Титова Г.Е., Кришталик Л.И. Перенапряжение водорода в диметилсульфоксиде. // *Электрохимия*, 1978, В.1, Т.14, С. 126-128.
- 10 Миомандр Ф., Садки С., Одебер П., Меалле-Рено Р. // *Электрохимия* // -Москва: Техносфера, -2008. - 360 с.

## References

- 1 Sergeeva V.P., Kondin A.V., Alyasov V.I., Shulpin G.P., Maslennikov V.P. Kineticheskie zakonomernosti oksleniya medi chetirekhloristym uglerodom v dipolyarnykh aprotonnykh rastvoritelyakh [Kinetic regularities of oxidation of copper by carbon tetrachloride in dipolar aprotic solvents] // *journal of General chemistry*, 1990, T. 60, V. 10, P. 2268-2272.
- 2 Kurbatov A.P. Korrozionnye processy na litii v elektrolitakh khimicheskikh istochnikov toka [Corrosion processes in lithium electrolytes in chemical current sources, Candidate dissertation] Almaty, 1998, P 150.
- 3 Wang N.G., Wang R.C., Peng C.Q., Hu C.W., Feng Y., Peng B. Research progress of magnesium anodes and their applications in chemical power sources // *Oral Oncology*. - The Nonferrous Metals Society of China. -2014. - Vol. 50, Is. 10. - P. 2427–2439.
- 4 Aurbach D., Weissman I., Gofer Y., Levi E. Nonaqueous magnesium electrochemistry and its application in secondary batteries // *Chemical Record*. - 2003. - Vol. 3, Is. 1. - P. 61–73.
- 5 Bian P., Nuli Y., Abudoureyimu Z., Yang J., Wang J. A novel thiolate-based electrolyte system for rechargeable magnesium batteries // *Electrochimica Acta*. - Elsevier Ltd, 2014. - Vol. 121. - P. 258–263.
- 6 Saha P., Datta M.K., Velikokhatnyi O.I., Manivannan A., Alman D., Kumta P.N. Rechargeable magnesium battery: Current status and key challenges for the future // *Progress in Materials Science*. - Elsevier Ltd, 2014. - Vol. 66. - P. 1–86.
- 7 Shterenberg I., Salama M., Gofer Y., Levi E., Aurbach D. The challenge of developing rechargeable magnesium batteries // *MRS Bulletin*. - 2014. - Vol. 39, Is. 05. - P. 453–460.
- 8 Wang N.G., Wang R.C., Peng C.Q., Hu C.W., Feng Y., Peng B. Research progress of magnesium anodes and their applications in chemical power sources // *Oral Oncology*. - The Nonferrous Metals Society of China, 2014. - Vol. 50, Is. 10. - P. 2427–2439.
- 9 Titova G.E., Krishtalik L.I. Perenapryazhenie vodoroda v dimetilsulfokside [Overvoltage of hydrogen in dimethyl sulfoxide] // *Electrochemistry* 1978, В.1, Т.14, P. 126-128.
- 10 Miomandr F., Sadki S., Odeber P., Meala-Reno R. // *Electrochemistry* // -Moscow: Technosfera, -2008. – P. 360 .

**Бахытжан Е.Г., Абильдина А.К., Авчукир Х., Аргимбаева А.М.**

### **Диметилформамид ерітінділеріндегі магнийдің коррозиясы**

Берілген жұмыста ДМФА/NaNO<sub>3</sub> ерітіндісіндегі магний электродының коррозиясы қарастырылды. Сканирлеуші электронды микроскопия әдісімен магний коррозиясының аз еритін өнімдерінен құралған, құрылымы жағынан біртекті емес қабыршақ түзілгені байқалды. Электрод бетіндегі процестерді сипаттайтын эквиваленттік электрлік сызба құрастырылды. Сызба ерітіндінің, қабыршақтың және қос электрлік қабаттың кедергілерінен, қос электрлік қабаттың сиымдылығынан және оксид қабатының адюнктансынан тұратыны анықталды. Сызқты вольтамперометрия және электродтық импеданс әдістерімен алынған нәтижелер бір-біріне сәйкес.

**Түйін сөздер:** магний, коррозия, пассивтену, қабыршақ, химиялық ток көздері (ХТК).

**Bakhytzhан Y.G., Abildina A.K., Avchukir Kh., Argimbayeva A.M.**

### **Corrosion of magnesium in dimethylformamide solutions**

Corrosion behavior of magnesium electrodes were studied in DMF/NaNO<sub>3</sub> solutions. It was showed formation of heterogeneous in its structure film composed mainly of a slightly soluble corrosion products of magnesium by scanning electron microscopy. It was made equivalent circuit diagram describing the process occurring on surface of electrode and consisting of solution resistance, film, double layer, capacitance of double layer and adductors oxide layer. The results obtained by linear voltammetry and the method of electrode impedance are in good agreement among themselves.

**Keywords:** magnesium, corrosion, passivation, film, chemical power source (CPS).

*Поступила в редакцию 24.04.2017*

УДК: 541.128.66.094

Битемирова А.Е.<sup>1</sup>, Дуйсембиев М.Ж.<sup>2</sup>, Жарқынбеков М.А.<sup>3</sup>, Керимбаева К.З.<sup>1</sup>, Қозыкеева Р.А.<sup>1</sup>

### Способы регенерации катализаторов для получения пятичленных гетероциклических соединений

(<sup>1</sup> Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, Шымкент, <sup>2</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, <sup>3</sup> Южно-Казахстанский педагогический университет, Шымкент, Казахстан)

В статье рассматриваются причины дезактивации промышленных катализаторов декарбонилирования фурфурола. Изучены разные способы регенерации нанесенного катализатора. К примеру, для регенерации отработанного промышленного катализатора для получения фурана применяли неорганические и органические растворители. Для усовершенствования активности отработано-регенерированных образцов катализатора КДФ-1 использован способ модифицирования их добавками d-металлов из водных растворов. В статье предложены способы регенерации отработанного катализатора КДФ-1, также модифицирование регенерированного катализатора и повторного использования его в процессе декарбонилирования.

**Ключевые слова:** егенерация; декарбонилирование; нанесенные катализаторы; закоксование; модифицирования, органическая химия.

Продукт реакции парофазного контактного декарбонилирования фурфурола фуран является основным полупродуктом в производстве полиамидных смол, синтетического каучука, полимерных материалов с особо ценными свойствами, дефлиантов, гербицидов, лекарственных препаратов и многих других важных для промышленности продуктов. Однако в настоящее время уровень производства этих продуктов не удовлетворяет возросшие потребности народного хозяйства. Это связано с тем, что промышленный катализатор: палладий на угле (КДФ-1) обладают низкой производительностью, сложны в приготовлении, процессы на них осуществляются при относительно жестких условиях, быстро осмоляются и не подвергаются регенерации. Таким образом, разработка новых высокоэффективных катализаторов интенсификации процесса декарбонилирования фурфурола является весьма актуальной проблемой.

Одним из перспективных направлений интенсификации процесса декарбонилирования фурфурола в фуран – является использование нанесенных катализаторов, благодаря их высокой активности, селективности, стабильности, низкой стоимости и простоты приготовления. Уровень современной химической промышленности определяется совершенством катализаторов и каталитических процессов. Для постоянства активности и селективности катализаторов в течение длительного времени необходимы стабильность, непрерывность и долговечность их работы. Однако, существует много причин снижения активности катализаторов в процессе эксплуатации, и среди них закоксование при переработке углеводородов - наиболее распространенная [1,32].

Большая часть современных промышленных каталитических реакций сопровождается этим вредным процессом. Под термином "закоксование" подразумеваются продукты уплотнения, углеродистые отложения, уголь, смолы, полимеры и т.д. Все они образуются или как продукты уплотнения на катализаторах или под воздействием повышенных температур при переработке углеводородов. Закоксование катализаторов вызывает изменение их основных характеристик [2,15]. Активность и часто селективность катализаторов уменьшаются. На практике это приводит к весьма тяжелым последствиям. Процесс становится периодическим, циклическим с отключением реакторов для регенерации катализаторов. При этом увеличивается и расход катализаторов, капитальные и эксплуатационные затраты. История создания современных технологических схем и промышленного аппаратного оформления таких процессов как каталитическое гидрирование, декарбонилирования, крекинг, реформинг и платформинг, дегидрирование, гидрокрекинг, гидроочистка и т.д. тесно связана с проблемой преодоления отрицательного, порой решающего влияния кокса, образование которого на катализаторе происходит одновременно с основным целевым продуктом. Обычно при закоксовании катализаторов их активность быстро падает под действием первых порций кокса в результате их химической физической дезактивации.