

**BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 1991-3494

Volume 2, Number 366 (2017), 55 – 60

G. N. Zhylysbayeva¹, A. K. Amirbekova¹, A. B. Bayeshov², A. S. Kadirbayeva², M. Zh. Zhurinov²¹Kh. A. Yassawi international kazakh-turkish university, Turkestan, Kazakhstan,²D. V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.E-mail: gulkhan.zhylysbayeva@ayu.edu.kz, amirbekova_aika@mail.ru, bayeshov@mail.ru,
altinay_aidyn2789@mail.ru**OBTAINMENT OF CALCIUM CHLORATE
BY ELECTROCHEMICAL METHOD**

Abstract. This article describes a method for producing calcium chlorate by electrochemical method from calcium chloride solution. In this paper we studied the electrochemical method obtaining of chlorate-ions, as it has several advantages compared with the chemical method. The study established the mechanism of electrochemical oxidation process of chloride ion to hypochlorite ions, then the ions hypochlorite ions to chlorate ions. The investigation results showed that the maximum current output of formed chlorate-ions takes place at pH = 6. It is shown that an increase in the anodic current density on the graphite electrode from 200 to 1000 A/m², the current efficiency of formed chlorate-ions reduced from 67% to 25%, but at higher concentrations of calcium chloride in the range of 60-140 g/l it increased to 82%. Chlorates of calcium and magnesium are widely used in agriculture as a defoliant and desiccant. In our country, chlorates of calcium and magnesium are used to harvest cotton leaves before the assembly, and for drying cotton balls.

Keywords: chlorate, hypochlorite, electrochemistry, process, mechanism, electrolyte, electrolysis, diffusion, a cathode, an anode.

ӨОЖ 546.4/135

Г. Н. Жылысбаева¹, А. К. Әмірбекова¹, А. Б. Баяшов², А. С. Кадирбаева², М. Ж. Жұрынов²¹Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан,²Д. В. Сокольский атындағы Жанармай катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан**КАЛЬЦИЙ ХЛОРАТЫН АЛУДЫҢ
ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТӘСІЛІН ЖАСАУ**

Аннотация. Кальций хлориді ерітіндісін электролит ретінде пайдаланып, электрод кеңістіктері бөлінбеген жағдайда электролиз жүргізу арқылы кальций хлоратын алу жолы көрсетілді. Хлорид-иондарының графит электродында гипохлорит-иондарына дейін және ары қарай хлорат-иондарына дейін анодты тотығуының нәтижелері келтірілген. Хлорат-иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының максималды мәні ерітіндіде pH=6 болған кезде орын алатыны анықталды. Графит анодындағы ток тығыздығын 200-1000 А/м² интервалында өзгерткен кезде хлорат-иондарының ток бойынша шығымының 67%-дан 25%-ға дейін төмендейтіні көрсетілді. Ерітіндідегі кальций хлоридінің концентрациясын 60-140 г/л аралығында өзгерту алынатын өнімнің ток бойынша шығымының 82%-ға дейі өсуіне әкелді. Хлораттың түзілу барысында хлорид-иондарының химиялық жолмен тотығуы да орын алатыны анықталды. Ерітінді температурасын жоғарылатқан сайын ток бойынша шығымның артуын ерітінді құрамындағы молекулалардың активтілігінің артуымен және иондар қозғалғыштығының жоғарылауымен, олардың эрекеттесу жылдамдығының артатындығымен түсіндіруге болады. Электролиздің тиімді жағдайларында ($i_a=200\text{ A/m}^2$; $t=40^\circ\text{C}$; pH=6,0; $C_{\text{CaCl}_2}=100\text{ g/l}$) кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымы 67,0% тең болатындығы анықталды.

Түйін сөздер: хлорат, гипохлорит, электролиз, процесс, механизм, электролит, тотығу, диффузия, катод, анод.

Хлордың оттекті қосылыстары – ағартқыштық, тотықтырғыштық қасиеттерінің болуына байланысты техникада және халық шаруашылығында көп қолданысқа ие болып келеді. Хлордың жоғары оттекті қосылыстарына – хлораттар, перхлораттар және хлор қышқылы жатады, өндірісте бұл қосылыстардың соңғы жылдардағы даму аймағы кеңеюде [1-3]. Алдымен хлораттарды Либих әдісі бойынша химиялық жолмен алған: яғни ізбес сүтін хлорлау арқылы кальций хлоратын алып, ары қарай натрий хлоратына айналдырған немесе натрий гидроксидінің ерітінділерін хлорлау арқылы сәйкесінше хлораттардың ерітінділерін алған. Хлораттарды электрохимиялық жолмен өндіру әдістері, химиялық әдіспен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар, сондықтан қазіргі кезде көбінесе бұл қосылыс электрохимиялық әдіспен алынып жүр [4-6].

Кальций және магний хлораттары ауыл-шаруашылығында дефолиант және десикант ретінде қолданысқа ие. Біздің елімізде кальций және магний хлораттары мақта жинау алдында жапырақтарын алып тастау үшін және қозасын кептіру үшін қолданылады [7, 8].

Хлорлау үдерісі келесі реакция бойынша жүреді:



Кальций хлоратының ерітінділерін ізбес сүтін хлорлау арқылы немесе негізгі кальций хлораты мен хлоридін бөлу арқылы концентрлеудің немесе тазартудың көптеген әдістері ұсынылған [9].

Кальций хлоратының концентрациясын жоғарлату үшін және хлорат-хлорид қатынасын хлорат есесіне есейту үшін тазартудың химиялық әдістері қолданылады, яғни кальцийдің жарты бөлігін сода көмегімен карбонат түрінде тұндыру арқылы жүзеге асады.



Мұндай жағдайда кальций карбонаты және натрий хлоридінің қомақты бөлігі тұнба болып түзіледі. Тұнбаны бөліп алған соң хлорат-хлорид кальцийлі дефолиант ерітіндісінен алынады [10-13].

Электрохимиялық тәсілдерді қолдана отырып қалдықсыз технология жасауға болады. Осыған байланысты біздің ұсынып отырған ғылыми зерттеу жұмысымыздың мақсаты қалдықсыз технологияны жүзеге асыру негізінде, электрохимиялық тәсілмен кальцийдің бейорганикалық қосылысы – кальций хлоратын алу және алу әдісінің оңтайлы жағдайларын қарастыру болды. Осы мақсатта эксперименттер көлемі 400 мл, шыны электролизерде жүргізілді. Электрод ретінде аудандары 4,3 және 5,5 см² графит электродтары қолданылды, екі электрод бір-бірінен 0,5 см, ара қашықтықта орналастырылды. Электродит ретінде, өндіріс қалдығы болып табылатын кальций хлориді ерітіндісі алынды.

Анодта бөлінетін хлордың жылдам ұшып кетуіне кедергі жасау үшін электролизер ішіне органикалық шыныдан жасалған, майда тесікшелері бар дөңгелек қабаттар орналастырылды. Электродтарды әр тәжірибе алдында зімпара қағазымен тазалап, дистилденген сумен және этил спиртімен шайып, кептіріп электролизге дайындалды. Жүргізілген тәжірибе нәтижелері кальций хлоридінің сулы ерітіндісін электрод кеңістіктері бөлінбеген жағдайда электролиз кезінде кальций хлоратының түзілетіндігін көрсетті. Кальций хлоратының концентрациясы әр эксперименттен кейін химиялық титрлеу әдісі арқылы анықталып отырылды [14].

Кальций хлоридінің ерітіндісінде графит электродтарын қолданып электролиз жүргізген кезде – анодта хлордың, ал катодта – сутек газының бөліну реакциялары орын алады:



Бірінші сатыда анодтық және катодтық өнімдердің электролит көлемінде әсерлесу нәтижесінде, ерітіндінің рН мәніне қарай – гипохлорит иондары немесе хлорлылау қышқылы түзіледі:

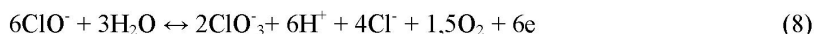


Соңғы қосылыстың аз диссоциацияланатын, мұндай жүйедегі ClO^- иондарының концентрациясы, ерітіндінің рН мәніне тәуелді болады [15, 16].

Кальций хлоратын электрохимиялық механизм бойынша алу кезінде алғашқы анодта ClO^- иондарының аңоты разрядталуы орын алады:



ClO^- - иондарының хлорат иондарына айналуын схема түрінде келесі жиынтық теңдеумен бейнелеуге болады:



ClO^- иондарының ClO_3^- иондарына дейін электрохимиялық тотығу реакциясын келесі түрде де өте алады:



Жалпы хлораттың түзілу процесіндегі электрохимиялық процеске келетін үлес, анодқа жақын гипохлорит иондарының концентрациясына тәуелді болады. Оны электролиттің рН мәнін, оның температурасын, электролиттің меншікті көлемін бір жүктемеге сай өзгерте отырып, сонымен қатар анодқа гипохлорит иондарының диффузиялануын шектей немесе қиындата отырып кемітуге болады.

Ерітіндіде түзілген гипохлорит және хлорлылау қышқылы өзара әрекеттесіп мына химиялық реакция бойынша хлорат иондары түзеді:

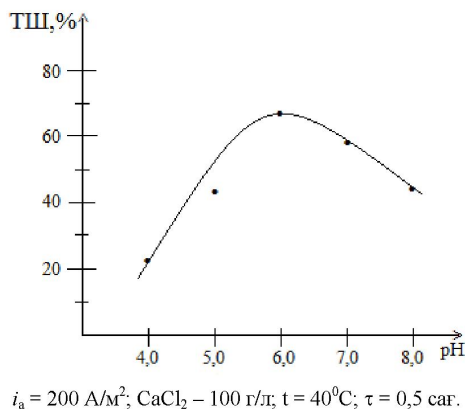


(10) және (11) реакцияларының жүруіне электролиттің әлсіз қышқылды реакциясы және температураның жоғарылауы жағдай жасайды.

(10)-реакциясының максимальды жылдамдығы рН=7 кезінде орын алады, ал (11)-реакция жүруі үшін рН=7,6 болуы керек. (10) және (11) реакциялардың жылдамдық константалары бір-біріне жақын [17, 18].

Біздің зерттеулеріміз, кальций хлоридінің хлоратқа дейін электрохимиялық тотығу процесі электролиттің рН мәніне тікелей тәуелді екендігін көрсетті.

1-суретте кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымының ерітіндінің рН мәнінің әсері көрсетілген.

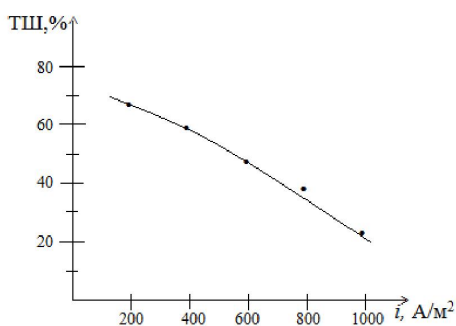


1-сурет – Кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына ерітінді рН мәнінің әсері

Графит анодтағы ток тығыздығы $i_a = 200 \text{ A/m}^2$, кальций хлориді концентрациясы - 100 г/л, температура 40°C және ерітінді рН мәні 6-ға тең аумақтарда хлорат- иондарының түзілуінің ток бойынша шығымының максимальді мәні байқалады.

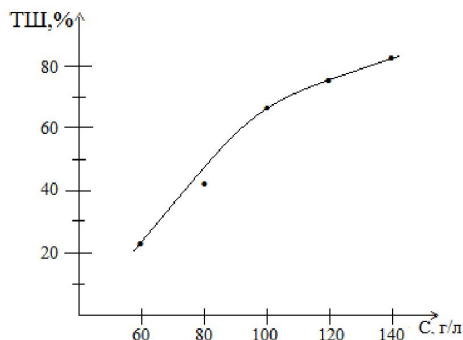
Графит электродындағы ток тығыздығын $200-1000 \text{ A/m}^2$ аралығында өзгеруінің электролиз процестеріне әсері жан-жақты зерттелді. Ток тығыздығы артқан сайын кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымы 67% -дан 25% -ға дейін төмендейтіні байқалды (2-сурет). Ток тығыздығы артқан сайын анодта хлор газының бөліну жылдамдығы өседі, нәтижесінде бөлінген хлордың көпшілік мөлшері ерітіндімен және гидроксид- иондарымен (1 және 5 реакциялар) химиялық

әрекеттесіп үлгермей, сыртқа ұшып кетеді. Сондай-ақ, графитті анодтардың тозуы анодты ток тығыздығының $800-1000 \text{ A/m}^2$ ара қашықтығында күрт жоғарлай түседі. Кальций хлоридінің хлоратқа дейін электрохимиялық тотығу процесі электролиттің рН мәніне және анод материалдарына [19, 20] тікелей тәуелді екендігі белгілі. Сол себепті бұл жағдайда электролизді жоғары ток тығыздықтарында жүргізу тиімсіз.



$t = 40^\circ\text{C}$; $\tau = 0,5 \text{ сар}$; $\text{CaCl}_2 - 100 \text{ г/л}$.

2-сурет – Кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына анодтың ток тығыздығының әсері



$i_a = 200 \text{ A/m}^2$; $t = 40^\circ\text{C}$; $\tau = 0,5 \text{ сар}$.

3-сурет – Кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына CaCl_2 концентрациясының әсері

3-суретте кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына кальций хлориді концентрациясының әсері көрсетілген, зерттеу $60 \text{ г/л}-140 \text{ г/л}$ аралығында жүргізілді. Кальций хлориді концентрациясын 140 г/л -ге дейін жоғарылатқанда хлорат иондарының түзілуінің ток бойынша шығымы 82% -ға дейін артады, бұл құбылыс хлор иондарының диффузиялық шектелуінің төмендеуіне байланысты.

Айта кету керек, кальций хлоридінің концентрациясының төмендеуі графитті анодтардың тозуына мардымды әсер етеді. Хлорид иондарының концентрациясы 80 г/л болғанда графит анодтар бұл концентрация 120 г/л болғандағыға қарағанда екі есе тезірек тозатындығы әдеби мәліметтерден белгілі.

Кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына температураның әсері кестеде келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша 200 A/m^2 ток тығыздығында ерітінді температурасын 10°C -тан 40°C -қа дейін жоғарылатқанда кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымы 28% -дан 67% -ға дейін артты. Температура жоғарлаған сайын, хлораттың қосылысының химиялық түзілу сатысының жылдамдығы да арта түседі. Бірақ температураны жоғарлатқан сайын анодтардың тозғыштығы да артады, сондықтан графитті анодтарда электролизді әдетте 40°C жоғары температурада жүргізбеген дұрыс.

Кальций хлораты түзілуінің ток бойынша шығымына электролит температурасының әсері
($i_a = 200 \text{ A/m}^2$; $\tau = 0,5 \text{ сар}$; $\text{CaCl}_2 - 100 \text{ г/л}$)

$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
ТЩ, %	28,6	41,2	52,5	67,0

Ерітінді температурасын жоғарылатқан сайын ток бойынша шығымның артуын, ерітінді құрамындағы молекулалар активтілігінің артуымен және осыған байланысты иондар қозғалғыштығының жоғарылауымен олардың әрекеттесу жылдамдығының артатындығымен түсіндіруге болады.

Қорыта келгенде, жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелерінде, кальций хлоридінің сулы ерітіндісін электрод кеңістіктері бөлінбеген жағдайда электролиз арқылы кальций хлоратын синтездеудің жаңа тиімді әдісі жасалды. Электролиз кезінде хлораттардың түзілуінің ток бойынша шығымына электрохимиялық параметрлердің (электролит концентрациясы, электролиттің рН мәні,

графит электродындағы анодты тоқ тығыздығы) әсерлері зерттелінді. Электролиздің тиімді жағдайларында ($i_a=200\text{A/m}^2$; $t=40^\circ\text{C}$; $\text{pH}=6,0$; $\text{CaCl}_2=100\text{г/л}$) кальций хлораты түзілуінің тоқ бойынша шығымы $67,0\%$ тең болатындығы анықталды.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Зубкова Н.Ф., Грузинская Н.А. Применению и особенности действия дефолиантов и десикантов // *Агрохимия*. – 1991. – № 8. – С. 126-143.
- [2] Богомолова И.В. Неорганическая химия. – Издательство: Альфа-М, НИЦ Инфра-М, 2015. – 336 с.
- [3] Попков В.А., Пузаков С.А. Общая химия. – М., 2010. – С.362-365, 474, 483-485.
- [4] Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. – М.: Химия, 1974. – 600 с.
- [5] Фиошин М.Я. Успехи в области электросинтеза неорганических соединений. – 1974. – 17-45 б.
- [6] Якименко Л.М. Электрохимические процессы в химической промышленности: производство водорода, кислорода, хлора и щелочей. – М.: Химия, 1981. – 280 с.
- [7] Москвичев Ю.А., Фельдблюм В.Ш. Химия в нашей жизни (продукты органического синтеза и их применение): Монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2007. – 411 с.
- [8] Эшмуратова М.Ш. Исследование технологии получения дефолианта на основе хлората магния, карбамида и нитрата гуанидина: Дис. ... академической степени магистра. – Навои, 2014. – 74 с.
- [9] Трапезников Ю.Ф. Обезвреживание хлорсодержащих газов содовым раствором и известковым молоком // *Хим. промышл.* – 2003. – Т. 80, № 5. – С. 27-30.
- [10] Патент UZ № 1А 2009 0300. Состав для дефолиации хлопчатника / Искандаров Т.И., Махматхонов М.М. Рахмон-Заде., Искандарова Г.Т. Официальный бюллетень, 2011. № 4. С. 9-10.
- [11] Бахир В.М., Леонов Б.И., С.А.Паничева, Прилуцкий В.И., Шомовская Н.Ю. Химический состав и функциональные свойства хлорсодержащих дезинфицирующих растворов // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2003. – № 4.
- [12] Хамдамова Ш. Получение дефолиантов на основе хлоратов, этаноламинов и 2-хлорэтилфосфонатов этаноламония.: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 2005. – 23 с.
- [13] Список химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками, дефолиантов и регуляторов роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве Республика Узбекистан на 2002–2006 годы. – Ташкент, 2002. – 96 с.
- [14] Фрумина Н.С., Кручкова Е.С., Мухтакова С.И. Аналитическая химия кальция. – М.: Наука, 1974. – 252 с.
- [15] Белкин А.В., Яковлева С.А., Кудрявский Ю.П. Технология разложения пульпы гипохлорита кальция отходами производства красителей, содержащих тиосульфат натрия // *Цветная металлургия*. – 2000. – № 1. – С. 16-18.
- [16] Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Химические превращения кислородсодержащих ионов хлора растворов при разных значениях диапазона pH // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 2. – С. 43-46.
- [17] Якименко Л.М., Серышев Г.А. Электрохимический синтез неорганических соединений. – М.: Химия, 1984. – С. 31-70.
- [18] Зарецкий С.А., Сучков В.Н., Животинский П.Б. Электрохимическая технология неорганических веществ и химические источники тока. – М.: Высшая школа, 1980. – 423 с.
- [19] Слипченко А.В., Максимов В. В., Кульский Л. А. Современные малоизнашиваемые аноды и перспективы развития электрохимических технологий водоподготовки // *Химия и технология воды*. – 1993. – Т. 15, № 3. – С. 180-231.
- [20] Жук А.П. и др. Малоизнашивающиеся аноды и применение их в электрохимических процессах // *Тез. докл. V Всесоюзного совещания*. – М.: ЦПНХО им. Д. И. Менделеева, 1984. – С. 61-76.

REFERENCES

- [1] Zubkova N.F., Gruzinskaya N.A. Primeneniyu i osobennosti deystviya defoliantov i desikantov // *Agrokhimiya*. 1991. N 8. P. 126-143.
- [2] Bogomolova I.V. Neorganicheskaya himiya. Izdatelstvo: Alfa-M, NITs Infra-M, 2015. 336 p.
- [3] Popkov V.A., Puzakov S.A. Obschaya himiya. M., 2010. P. 362-365, 474, 483-485.
- [4] Yakimenko L.M. Proizvodstvo hlora, kausticheskoy sodyi i neorganicheskikh hlorproduktov. M.: Himiya, 1974. 600 p.
- [5] Fioshin M.Ya. Uspеhi v oblasti elektrosinteza neorganicheskikh soedineniy. 1974. P. 17-45.
- [6] Yakimenko L.M. Elektrokhimicheskie protsessyi v himicheskoy promyshlennosti: proizvodstvo vodoroda, kisloroda, hlora i shchelochey. M.: Himiya, 1981. 280 p.
- [7] Moskvichev Yu.A., Feldblyum V.Sh. Himiya v nashey zhizni (produktyi organicheskogo sinteza i ih primeneniye): Monografiya. Yaroslavl: Izd-vo YaGTU, 2007. 411 p.
- [8] Eshmuratova M. Sh. Issledovanie tehnologii polucheniya defolianta na osnove hlorata magniya, karbamida i nitrata guanidina. Dissertatsiya na soiskanie akademicheskoy stepeni magistra. Navoi, 2014. 74 p.
- [9] Trapeznikov Yu.F. Obezvrezhivanie hlorsoderzhaschikh gazov sodovym rastvorom i izvestkovym molokom // *Him. promyshl.* 2003. Vol. 80, N 5. P. 27-30.
- [10] Patent UZ №1А 2009 0300. Sostav dlya defoliatsii hlochatnika / Iskandarov T.I., Mahmathonov M.M. Rahmon-Zade., Iskandarova G.T. Ofitsialniy byulleten. 2011. N 4. P. 9-10.
- [11] Bahir V.M., Leonov B.I., S.A.Panicheva, V.I.Prilutskiy, N.Yu.Shomov-skaya. Himicheskii sostav i funktsionalnyie svoystva hlorsoderzhaschikh dezinfitsiruyuschikh rastvorov // *Vestnikovykh meditsinskikh tehnologiy*. 2003. N 4.

- [12] Hamdamova Sh. Poluchenie defoliantov na osnove hloratov, etanolaminov i 2-hloretilfosfonatov etanolammoniya: Avtoref. dis... kand. tehn. nauk. Tashkent, 2005. 23 p.
- [13] Spisok himicheskikh i biologicheskikh sredstv borbi s vreditelyami, boleznyami rasteniy i sornyakami, defoliantov i regulyatorov rosta rasteniy, razreshennykh dlya primeneniya v selskom hozyaystve Respublika Uzbekiston na 2002–2006 godi. Tashkent, 2002. 96 p.
- [14] Frumina N.S., Kruchkova E.S., Mushtakova S.I. Analiticheskaya himiya kalsiya. M.: Nauka, 1974. 252 p.
- [15] Belkin A.V., Yakovleva S.A., Kudryavskiy Yu.P. Tehnologiya razlozheniya pulpy gipohlorita kaltsiya othodami proizvodstva krasiteley, sodershaschikh tiosulfat natriya // Tsvetnaya metallurgiya. 2000. N 1. P. 16-18.
- [16] Mishurina O.A., Chuprova L.V., Mullina E.R. Himicheskie prevrascheniya kislorodsoderzhaschikh ionov hlora rastvorov pri raznykh znacheniyakh diapazona pH // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2014. N 2. P. 43-46.
- [17] Yakimenko L.M., Seryishev G.A. Elektrohimicheskiy sintez neorganicheskikh soedineniy. M.: Himiya, 1984. P. 31-70.
- [18] Zaretskiy S.A., Suchkov V.N., Zhivotinskiy P.B. Elektrohimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv i himicheskie istochniki toka. M.: Vysshaya shkola, 1980. 423 p.
- [19] Slipchenko A.V., Maksimov V.V., Kul'skiy L.A. Sovremennyye maloiznashivaemye anody i perspektivy razvitiya elektrohimicheskikh tekhnologiy vodoobrabotki // Himiya i tekhnologiya vody. 1993. Vol. 15, N 3. P. 180-231.
- [20] Zhuk A.P. i dr. Maloiznashivayushiesya anody i primeneniye ih v elektrohimicheskikh protsessakh // Tez. dokl. V Vsesoyuznogo soveshaniya. M.: TsPNHO im. D. I. Mendeleeva, 1984. P. 61-76.

Г. Н. Жылысбаева¹, А. К. Амирбекова¹, А. Б. Башов², А. С. Кадирбаева², М. Ж. Журинов²

¹Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, Туркестан, Казахстан,

²Д. В. Сокольский атындағы Жанармай катализ және электрохимия институты АҚ, Алматы, Қазақстан

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРАТА КАЛЬЦИЯ

Аннотация. Показана возможность получения хлората кальция путем электролиза без разделения электродных пространств с использованием растворов хлорида кальция в качестве электролита. Приведены результаты процесса анодного окисления хлорид-ионов до гипохлорит-ионов и далее, до хлорат-ионов на графитовом электроде. Установлено, что максимальная величина выхода по току образования хлорат-ионов наблюдается при pH=6. При изменении плотности тока на графитовом аноде в интервале 200-1000 А/м² происходит уменьшение выхода по току образования хлорат-ионов от 67 до 25%. Варьирование концентрации хлорида кальция в растворе в пределах 60-140 г/л приводит к возрастанию выхода по току образования целевого продукта до 82%. Установлено, что при образовании хлората имеют место и химические процессы окисления хлорид-ионов. Увеличение выхода по току с повышением температуры объясняется тем, что возрастает активность молекул в растворе и подвижность ионов и в этой связи увеличивается скорость их взаимодействия. Установлено, что при оптимальных значениях электролиза ($i_a=200\text{ А/м}^2$; $t=40^\circ\text{C}$; pH=6,0; CaCl₂ - 100 г/л) выход по току образования хлората кальция равен 67,0%.

Ключевые слова: хлорат, гипохлорит, электролиз, процесс, механизм, электролит, окисление, диффузия, катод, анод.