

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
2 (463)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Еноквич (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жана материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджид Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мылжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мiroслав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЪТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углеродной химии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ66VPY00025419**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

CONTENTS

CHEMISTRY

- A. Abdullin, N. Zhanikulov, A. Bailen, A. Sviderskiy, M. Kaiyrbaeva**
THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REACTIONS OCCURRING IN THE
PROCESS OF FRIT FORMATION OF ZINC PHOSPHATE CEMENT.....11
- B.B. Akimbekova, A. Karilkhan, A.A. Zhorabek, A.A. Amirkhan**
THE INFLUENCE OF REAGENTS WITH REDOX PROPERTIES
ON SELECTIVE FLOTATION.....23
- S. Bayazit, A. Zazybin, Murat Aydemir**
SYNTHESIS AND PHARMACOLOGY OF KAZCAINE AND OTHER
4-ETHYNYL PIPERIDINE DERIVATIVES: A REVIEW.....39
- K.T. Botabekova, S.B. Amangaliyeva, A.K. Kipchakbayeva**
PHOTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY
OF PLANT *PHLOMIS TUBEROSA*.....57
- A. Zhanzhaxina, Zh. Ibatayev, A. Ashirbek**
ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (*ARTEMISIA ABROTANUM*): LITERATURE
REVIEW ON CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY.....69
- B. Imangaliyeva, B. Dossanova, A. Apendina, S. Duzelbayeva, N. Sultanov**
DETERMINATION OF TANNINS IN MEDICINAL PLANTS.....86
- A. Kassen, Ye. Ussipbekova, G. Suleimenova, A. Dauletbay**
MEMBRANE SEPARATOR PROPERTIES FOR POLYMER-BASED
BATTERIES.....104
- N.B. Kassenova, R.Sh. Erkassov, S.K. Makhanova, R.N. Azhigulova,
R. Bayarbolat**
IR SPECTROSCOPY AS A METHOD FOR STUDYING THE STABILITY AND
REACTIVITY OF TETRANUCLEAR IRON(II) COMPLEXES.....119
- R.M. Kudaibergenova, A.N. Nurlybayeva, S.Z. Mateeva, K.B. Bulekbayeva,
G.A. Seitbekova**
STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HIGHLY
DISPERSED ELECTROCORUNDUM.....131
- A.Kh. Kussainova, B.M. Kudaibergenova, A.M. Malikova, G.A. Aldibekova**
DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF POLYMER COMPOSITE
MATERIALS WITH AN EXTRACT OF SEA BUCKTHORN
(*HIPPOPHAË RHAMNOIDES* L.).....143

N. Merkhataly, A.N. Iskanderov, S.B. Abeuova, A.N. Iskanderov, A.O. Bulumbaeva SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYNILAZULENES.....	157
G. Mukusheva, N. Toigambekova, N. Bazarnova, M. Nurmaganbetova, A. Abdraim OBTAINING NEW DERIVATIVES OF THE ALKALOID QUININE AND STUDYING THEIR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY.....	169
N.Zh. Mukhamediyarov, N.N. Nurgaliev, A.A. Ualikhanov, A.N. Sabitova, N.A. Aitkazim CURRENT STATE OF WASTE FROM METALLURGICAL PRODUCTION IN SOUTH KAZAKHSTAN AND PROSPECTS FOR THEIR PROCESSING.....	183
K.T. Mukhanbetzhanova, N.A. Satybaeva, K. Kuptleuova POLYMER-COLLOIDAL COMPLEX NEW BINDING MATERIAL FOR MAKING MOULDS AND RODS.....	198
G. Ormanova, A. Anarbayev, B. Kabylbekova, N. Anarbayev STUDY OF THE FILTRATION RATE OF GYPSUM FROM SODIUM CHLORIDE SOLUTIONS.....	214
R.K. Rakhmetullayeva, M. Abutalip, B.M. Bayanbayev, A.M. Abukhan, N.B. Sarova EXTRACTION OF WOOD-POLYMER COMPOSITES FROM POLYMER WASTE.....	228
B.B. Ryskulbek, Yu.B. Abdussametova, M.A. Dyusebaeva, N.A. Ibragimova, G.E. Berganayeva COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN THE ROOTS AND LEAVES OF ARCTIUM LAPPA.....	243
A. Tukibayeva, A. Bayeshov, D. Asylbekova, G. Adyrbekova, N. Kalieva STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF PHOSPHINE IN AQUEOUS SOLUTIONS.....	260
O.S. Kholkin, N.S. Ivanov, I.E. Adelbayev, A.B. Bayeshov, M. Zhurinov FORMATION OF ZIRCONIUM DIOXIDE BY ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF ZIRCONIUM BY AC CURRENT IN ACIDIC MEDIA.....	274

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

- А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Қайырбаева**
 МЫРЫШ ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТТІҢ ФРИТТ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНДЕ
 ЖҮРЕТІН РЕАКЦИЯЛАРДЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ..... 11
- Б.Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан**
 ТОТЫҚТЫРҒЫШ-ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРҒЫШ ҚАСИЕТТЕРГЕ
 ИЕ РЕАГЕНТТЕРДІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯҒА ӘСЕРІ..... 23
- С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир**
 ҚАЗКАИН ЖӘНЕ БАСҚА ДА 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ
 СИНТЕЗІ МЕН ФАРМАКОЛОГИЯСЫ: ШОЛУ МАҚАЛАСЫ..... 39
- К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева**
 RHLOMIS TUBEROSA ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ..... 57
- А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Әшірбек**
 ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (*ARTEMISIA ABROTANUM*): ХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ БОЙЫНША ӘДЕБИ
 ШОЛУ..... 69
- Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Сұлтанов**
 ДӘРІЛІК ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ІЛІК ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ..... 86
- А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай**
 ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ БАТАРЕЯЛАРҒА АРНАЛҒАН
 МЕМБРАНА-СЕПАРАТОР ҚАСИЕТТЕРІ..... 104
- Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат**
 ИҚ — СПЕКТРОСКОПИЯ ТЕТРАЯДРОЛЫ ТЕМІР (II) КЕШЕНДЕРІНІҢ
 ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН РЕАКЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ
 ӘДІСІ РЕТІНДЕ..... 119
- Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева,
 Г.А. Сейтбекова**
 ЖОҒАРЫ ДИСПЕРСТІ ЭЛЕКТРОКОРУНДТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ
 СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ..... 131
- А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова**
 ҚҰРАМЫНА ОБЛЕПИХА (*PIRRORNAE RHAMNOIDES L.*) ЭКСТРАКТЫ

ҚОСЫЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЈАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ДАЙЫНДАУ.....	143
Н. Мерхатұлы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров, А.О. Булумбаева ҚОСАРЛАНҒАН N,N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФОТОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмағанбетова, А. Абдраим ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ ЖАҢА ТУЫНДЫЛАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАБЫНУҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нурғалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтқазин ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ МЕТАЛЛУРГИЯ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨНДЕУДІҢ БОЛАШАҒЫ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев НАТРИЙ ХЛОРИДІ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН ГИПСТІ СҮЗУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Әбутәліп, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛИМЕР ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АҒАШ-ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТЕРДІ АЛУ.....	228
Б.Б. Рысқұлбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева ARSTIUM LAPPA ТАМЫРЫ МЕН ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ.....	243
А. Тукибаева, А. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, Ә.Б. Башов, М. Жұрынов ҚЫШҚЫЛДЫ ОРТАДА АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЦИРКОНИЙДІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЕРІТУ АРҚЫЛЫ ЦИРКОНИЙ ДИОКСИДІН АЛУ....	274

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Кайырбаева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ФРИТТООБРАЗОВАНИЯ ЦИНК ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТА.....	11
Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКТИВНУЮ ФЛОТАЦИЮ РЕАГЕНТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	23
С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир СИНТЕЗ И ФАРМАКОЛОГИЯ КАЗКАИНА И ДРУГИХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИНА: ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ.....	39
К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>RHIZOMA TUBEROSA</i>	57
А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Аширбек <i>ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (ARTEMISIA ABROTANUM)</i> : ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	69
Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Султанов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ.....	86
А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ-СЕПАРАТОРА ДЛЯ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ.....	104
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат ИК – СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (II).....	119
Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева, Г.А. Сейтбекова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА.....	131

А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭКСТРАКТОМ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (<i>HIPPORHAE RHAMNOIDES L.</i>).....	143
Н. Мерхатулы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ N, N ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНОВ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмаганбетова, А. Абдраим ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нурғалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГИПСА ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Абуталип, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ.....	228
Б.Б. Рыскулбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОРНЯХ И ЛИСТЯХ <i>ARCTIUM LAPPA</i>	245
А. Тукибаева, А. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, А.Б. Башов, М. Журинов ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ РАСТВОРЕНИЕМ ЦИРКОНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	274

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
ISSN 2224–5286

Volume 2. Number 463 (2025), 260–273

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.295>

УДК 541.138:544.653.2:546.181

© **A. Tukibayeva***¹, **A. Bayeshov**², **D. Asylbekova**¹, **G. Adyrbekova**¹,
N. Kalieva³, 2025.

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

²JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Organic Catalysis and Electrochemistry»,
Almaty, Kazakhstan;

³Kh.A. Yassawi Kazakh-Turkish International University, Turkestan, Kazakhstan.
E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru

STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF PHOSPHINE IN AQUEOUS SOLUTIONS

Tukibayeva Ainur Sultankhanovna — candidate of Chemistry, associate professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6663-4272>;

Bayeshov Abduali — academician of NAS RK, doctor of Chemistry, professor, D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

Asylbekova DinaDuisenbekkyzy — candidate of Chemistry, associate professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: asylbekova.dina@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>;

Adyrbekova Gulmira Menlibayevna — candidate of Chemistry, associate professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: adyrbekova.gulmira@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

KalievaNurziaAbdeshovna — senior lecturer, Kh.A. Yassawi Kazakh-Turkish International University, Turkestan, Kazakhstan,

E-mail: nur_2773@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8137-9427>.

Abstract. The aim of the study is to investigate the electrochemical properties of phosphine in neutral (sodium sulfate) and alkaline (sodium hydroxide) environments and to develop electrochemical methods for processing phosphine-containing waste from phosphorus production. Electrochemical studies were conducted by methods of recording cyclic anodic-cathode and anodic potentiodynamic polarization curves and electrolysis under galvanostatic conditions. The mechanism of anodic oxidation of phosphine was studied by recording cyclic anode-cathodic and anodic potentiodynamic polarization curves using a Potentiostat/galvanostat Electrochemical Workstation Corrtest Instruments. The results of the study show that on a platinum electrode in a sodium sulfate solution, the maximum of phosphine oxidation is clearly observed at a potential of about +0.73 V. In a sodium hydroxide solution on a platinum electrode, the

maximum of anodic oxidation of phosphine is observed as a weak flat maximum in the potential range of about +0.03 V. The phosphine oxidation wave on the copper electrode is not observed up to the overvoltage potential of oxygen evolution, but the results of electrolysis show that phosphine oxidation occurs with the formation of copper (I) phosphide. The effect of current density, electrolyte concentration and thickness of the layer of lump lead electrodes on the oxidation degree and current efficiency of phosphine oxidation were studied. Optimum conditions for anodic oxidation of phosphine on lump lead electrodes in a sodium sulfate solution were determined, with the current efficiency and oxidation state of phosphine being 69% and 72%, respectively. The obtained research results can be used in the purification of phosphine-containing waste from phosphorus production.

Keywords: phosphine, voltammetric measurements, electrolysis, lumpy electrodes, current efficiency, oxidation degree

© А. Тукибаева^{1*}, А. Баешов², Д. Асылбекова¹, Г. Адырбекова¹,
Н. Калиева³, 2025.

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

²«Д.В. Сокольский атындағы отын, органикалық катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

³Х.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Түркістан, Қазақстан.

E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru

ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Түкибаева Айнұр Сұлтанханқызы — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6663-4272>;

Баешов Әбдуәлі — ҚР ҰҒА академигі, химия ғылымдарының докторы, профессор, Д.В. Сокольский атындағы отын, органикалық катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан,
E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

Асылбекова Дина Дүйсенбекқызы — химия ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
E-mail: asylbekova.dina@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>;

Адырбекова Гүлмира Менлибаевна — химия ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
E-mail: adyrbekova.gulmira@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

Калиева Нұрзия Әблешқызы — аға оқытушы, Х.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан,
E-mail: nur_2773@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8137-9427>.

Аннотация. Сары фосфордың электротермиялық өндірісінің негізгі қалдықтары құрамында 95% СО, 8% Н₂, 2% О₂ және 0,3-4% фосфин (РН₃), сары фосфор (Р₄), күкіртсутек (Н₂С) қоспалары бар өте улы пеш газы болып табылады. Фосфинді міндетті түрде бейтараптандыру қажет. Зерттеудің мақсаты – бейтарап

(натрий сульфаты) және сілтілі (натрий гидроксиді) орталардағы фосфиннің электрохимиялық қасиеттерін зерттеу және фосфор өндірісінің құрамында фосфині бар қалдықтарды өндеудің электрохимиялық әдістерін жасау. Электрохимиялық зерттеулер циклді анодты-катодтық және анодтық потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарын түсіру мен гальваностатикалық жағдайларда электролиз тәсілдері көмегімен жүргізілді. Фосфиннің анодты тотығу механизмі, Electrochemical Workstation Corrtest Instruments потенциостат/гальваностат көмегімен циклдік анодты-катодтық және анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарын түсіру арқылы зерттелді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, натрий сульфаты ерітіндісіндегі платина электродында фосфиннің тотығу максимумы шамамен +0,73В потенциалында анық байқалады. Натрий гидроксиді ерітіндісінде платина электродында фосфиннің анодты тотығуы әлсіз жалпақ максимум түрінде шамамен +0,03 В потенциалдар аймағында байқалады. Мыс электродындағы фосфиннің тотығу толқыны оттегі бөлінуінің асқын кернеулік потенциалына дейін байқалмайды, бірақ электролиз нәтижелері фосфиннің тотығуы мыс (I) фосфидінің түзілуімен жүретіндігін көрсетеді. Фосфиннің тотығуының ток бойынша шығымы мен тотығу дәрежесіне түйіршікті қорғасын электродтарындағы ток тығыздығының, электролит концентрациясының және түйіршікті электрод қабаты қалыңдығы биіктігінің әсерлері зерттелді. Натрий сульфаты ерітіндісінде түйіршікті қорғасын электродтарында фосфиннің анодты тотығуының оңтайлы шарттары анықталды, бұл кезде фосфиннің тотығуының ток бойынша шығымы мен тотығу дәрежесі сәйкесінше 69% және 72% құрады. Алынған зерттеу нәтижелерін фосфор өндірісінің құрамында фосфині бар қалдықтарды залалсыздандыруда қолдануға болады.

Түйін сөздер: фосфин, вольтамперметрлік өлшеулер, электролиз, түйіршікті электродтар, ток бойынша шығым, тотығу дәрежесі

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен орындалды (грант № AP19679002).

© А. Тукибаева^{1*}, А. Баешов², Д. Асылбекова¹, Г. Адырбекова¹,
Н. Калиева³, 2025.

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²АО «Институт топлива, органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан;

³Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан, Казахстан.

E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Тукибаева Айнур Султанхановна – к.х.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
E-mail: ainur_tukibaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6663-4272>;

Баешов Абдуали – академик НАН РК, доктор химических наук, профессор, АО «Институт топлива, органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,
E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

Асылбекова Дина Дуйсенбековна – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
E-mail: asylbekova.dina@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>;

Адырбекова Гулмира Менлибаевна – кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
E-mail: adyrbekova.gulmira@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

Калиева Нурзия Абдешовна – старший преподаватель, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан, Казахстан,
E-mail: nur_2773@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8137-9427>.

Аннотация. Основным отходом электротермического производства желтого фосфора является высокотоксичный печной газ, содержащий 95% CO, 8% N₂, 2% O₂ и 0,3-4% фосфина (PH₃), желтого фосфора (P₄) и сероводорода (H₂S). Фосфин обязательно необходимо обезвреживать. Цель исследования - изучение электрохимических свойств фосфина в нейтральной (сульфат натрия) и щелочной (гидроксида натрия) средах и разработка электрохимических способов переработки фосфинсодержащих отходов фосфорного производства. Электрохимические исследования проводились методами снятия циклических анодно-катодных и анодных потенциодинамических поляризационных кривых и электролиза в гальваностатических условиях. Механизм анодного окисления фосфина изучали путем снятия циклических анодно-катодных и анодных потенциодинамических поляризационных кривых с помощью потенциостата/гальваностата Electrochemical Workstation Corrtest Instruments. Результаты исследования показывают, что на платиновом электроде в растворе сульфата натрия максимум окисления фосфина отчетливо наблюдается при потенциале около +0,73В. В растворе гидроксида натрия на платиновом электроде максимум анодного окисления фосфина наблюдается в виде слабого плоского максимума в диапазоне около +0,03 В. Это можно объяснить постепенной пассивацией поверхности электрода и адсорбцией фосфина на поверхности электрода. Волна окисления фосфина на медном электроде не наблюдается вплоть до потенциала перенапряжения выделения кислорода, однако результаты электролиза показывают, что окисление фосфина протекает с образованием фосфида меди (I). Изучено влияние плотности тока, концентрации электролита и толщины слоя кусковых свинцовых электродов на степень окисления и выход по току окисления фосфина. Определены оптимальные условия анодного окисления фосфина на кусковых свинцовых электродах в растворе сульфата натрия, при этом выход по току и степень окисления фосфина составляют 69% и 72% соответственно. Полученные результаты исследований могут быть использованы при очистке фосфинсодержащих отходов фосфорного производства.

Ключевые слова: фосфин, вольтамперометрические измерения, электролиз, кусковые электроды, выход по току, степень окисления

Кіріспе. Фосфиннің түзілу көздері - шихта компоненттерімен бірге түсетін су, кокс және электродта түзілетін заттардың ұшқыш қосылыстары болып табылады. Дегенмен, фосфиннің түзілу жағдайы мен механизмдері әлі зерттелуде. Фосфин – өлімге әкелетін метаболикалық токсин, оның әсер ету механизмі аэробты тыныс алуға байланысты тотығу стрессін қамтиды. Фосфин газын жәндік-зиянкестерден тамақты қорғау үшін фумигант ретінде қолданылады (Saad, et al., 2024; Fluck, 2006; Musshoff, et al., 2008). Фосфиннің максималды концентрациясы фосфор өндірісінде фосфор-калий тыңайтқышын өндіруде байқалады (Справочник, 2021). Бүгінгі таңда фосфорлы-калийлі тыңайтқыштар өндірісінде өнеркәсіптік шығарындыларды тазарту үшін шаң тазартқыш қондырғылар қолданылады, бірақ газды толық жоюды қамтамасыз етпей отыр. Қалдық газдардағы фосфин концентрациясын төмендету үшін газ тазарту қондырғыларын жаңарту қажет.

Пайдаланылған газдарды фосфиннен тазартудың қолданыстағы химиялық әдістері құрамында әртүрлі хлордыңоттекті қосылыстары (H_2SO_4 , $HClO$, $KMnO_4$, H_2O_2 , $NaClO$, $NaClO_3$), марганец асқын тотығы, еріген озонмен фосфор қышқылы және т.б. негізделген. Бұл шешімдер практикалық қолдану үшін пайдаланылмайды, себебі олар қалпына келтірілмейді және жұмыс істегеннен кейін ауыстырылмайды (Труды ИОКЭ, 1980; Дорфман, et al., 1991; Полимбетова, 2016; Ibrahimova, et al., 2021). Каталитикалық тотығу әдісінде катализатор ретінде (Cotton, 1977; Naack, 1988) толтырғыштарға жүктелген белсенді металдар қолданылады. PH_3 пайдаланылған газдағы оттегінің іздері арқылы таңдамалы және каталитикалық тотығуы, содан кейін катализаторлар (Honghong, 2011; Yang, et al., 2010) бетінде адсорбциялануы мүмкін. Дегенмен, барлық тәсілдердің ұқсас кемшіліктері, атап айтқанда, екіншілік ластану, жоғары капиталды шығындар, пайдалану шығындары және техникалық мәселелері бар.

Фосфор гидридтері - фосфин PH_3 , дифосфин P_2H_4 және бірқатар қатты гидридтері P_4H_2 белгілі, олардың ішінде соңғысы толық зерттелмеген (Osadchenko, et al., 1969, 2005). Фосфин күшті тотықсыздандырғыш және теріс потенциалға ие. Термодинамикалық тұрғыдан, фосфин «минус» 0,063 В потенциал аймағында элементті фосфор мен фосфат иондарына дейін тотықтыруға болады (Астахов, et al., 1981). Сондай-ақ, фосфинді ылғалды жоюдың электрохимиялық тәсілін ұсынған (Qu, et al., 2015), яғни фосфинді жою үшін Ti/SnO_2 анодын қолданып электрохимиялық тотығудың белгілі бір әсер ететіндігін анықтаған. Процеске бірқатар параметрлердің әсерін зерттеп, реакция өнімдерін талдау фосфин ерітіндідегі бірегей иондық өнім болып табылатын фосфат-иондарына дейін тотыққандығын көрсеткен.

Әдетте газдарды электрохимиялық тотықтыру немесе тотықсыздандыру мүмкін емес деп саналады, осыған байланысты әдебиетте мұндай процестер туралы іс жүзінде ақпарат жоқ; Біздің зерттеулеріміз газ тәрізді қосылыстар электродтық процестерге олардың бөлшектерінің электрод бетімен тікелей соқтығысуы немесе еру сатысы арқылы қатыса алатынын көрсетті (Tukibayeva, et al., 2023). Біздің тәжірибелеріміз көрсеткендей, фосфин газын электролизердің анодтық кеңістігінен өткізгенде оның тотығуы жеткілікті жоғары ток бойынша

шығыммен жүреді. Бұл кезде қоршаған ортаға қауіпті емес фосфор қосылыстары алынады. Оның үстіне халық шаруашылығының әртүрлі салаларында кеңінен қолданылатын құрамында фосфоры бар өнімдерді алуға болады. Алынған білім мен мәліметті әртүрлі өнеркәсіптік кәсіпорындарда түзілетін басқа газтәрізді заттарды бейтараптандыруға да қолдануға болады, сондықтан фосфиннің электрохимиялық қасиетін зерттеудің теориялық және практикалық маңызы бар. Фосфинді залалсыздандыру әдістерінің жетіспеушілігіне байланысты фосфиннің тотығын электрохимиялық әдістермен зерттеу, перспективті болуы мүмкін, өйткені ол химиялық реагенттерді және қарапайым жабдықты аз қолдануды қажет етеді.

Бұған дейінгі зерттеулерімізде фосфинді бейтараптандыру және бағалы фосфор қосылыстарын алу үшін оны анодты тотықтыру әдісі жасалған. Әдістің жаңалығы Қазақстан Республикасының патентімен қорғалған ((Тукибаева, et al., 2024). Электролизердің анодты кеңістігіндегі газ тәрізді заттарды тотықтырудың жаңа әдісін күкіртсутек пен күкірт диоксиді сияқты басқа заттарды бейтараптандыру үшін де қолдануға болатынын атап өтеміз. Осыған орай, ұсынылып отырған жұмыстың мақсаты — сулы ерітінділердегі фосфиннің электрохимиялық қасиетін зерттей отырып, оны бейтараптандырудың электрохимиялық тәсілін жасау және экологиялық таза фосфор қосылыстарын алу және жетілдіру болып табылады. Осыған байланысты бейтарап және сілтілі ерітінділердегі әртүрлі электрод материалдарындағы фосфиннің электрохимиялық қасиетін зерттеу болды. Әдетте, электрохимиялық процестер электродтардың бетінде жүреді, сондықтан фосфиннің әртүрлі электродтарға электрохимиялық қасиеттерін зерттеу өзекті болып табылады.

Поляризация қисықтарын түсіру арқылы газ күйіндегі заттардың электрохимиялық қасиеттерін зерттеу айтарлықтай қиын. Әдетте, оның тотықтырғыштық қасиеттерін тек осы газдарды сулы ерітінділерде еріту арқылы ғана зерттеуге болады. Фосфин – сулы ерітінділерде аз мөлшерде еритін газ, 100 көлем суда 26 көлем газ алады.

Материалдар мен әдістер. Фосфиннің анодты тотығу механизмі бейтарап және сілтілі ерітінділерде Electrochemical Workstation Corrtest Instruments потенциостат/гальваностаты және үш электродты электрохимиялық ұяшықты пайдалану арқылы циклдік анодтық-катодты және анодтық потенциодинамикалық поляризация қисықтарын түсіру көмегімен зерттелді. Құрылғы зерттеу барысында деректерді жинау және талдау үшін пайдаланылған CS Studio6 бағдарламалық құралымен жабдықталған. Негізгі поляризациялық қисықтар 50 мВ/сек потенциал берілу жылдамдығында тіркелді.

Поляризациялық қисықтарды түсіру арқылы фосфиннің электрохимиялық тотығын зерттеу үшін концентрациясы 50 г/л натрий сульфаты және натрий гидроксиді ерітінделерін белгілі көлемдегі (100 мл) фосфин газымен қанықтырады. Реакцияға түспеген фосфин газын бейтараптандыру үшін калий перманганаты ерітіндісі қолданылды.

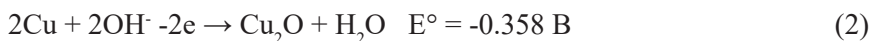
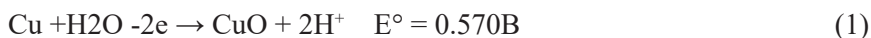
Электродтарды дайындау. Салыстырмалы электрод қызметін күмісхлорлы

Ag/AgCl ($E=+0,203$ В) және көмекші электрод қызметін платина(99,95%, 3 мм) қолданылды. Зерттеулерде жұмысшы электрод ретінде мыс және платина электродтары таңдалды. Потенциалдардың шамасы күмісхлорлы электродына салыстырылып келтірілді. Поляризациялық қисықтарды түсіру алдында электродтар оксидтік пленкалардан арылу үшін әрдайым егеу құмқағазымен тазаланып, спиртпен, содан соң дистилденген сумен шайылып, фильтр қағазымен сүртіліп отырылды. Вольтамперлік өлшеулер бөлме температурасында жүргізілді.

Электролиз жүргізу. Фосфиннің электрохимиялық қасиеттерін вольтамперлік қисықтар түсіру арқылы зерттеп болғаннан соң, фосфиннің анодты тотығуын гальваностатикалық жағдайда жүргіздік. Зерттеулерге қажетті фосфин газы белгілі реакцияның көмегімен алынды (Osadchenko, et al., 1969, 2005). Тәжірибелер әртүрлі концентрациялы натрий сульфаты ерітінділерінде, көлемі 100 мл электролизерде жүргізілді. Катод ретінде –қорғасын электроды, ал анод ретінде - түйіршікті қорғасын электродтары қолданылды. Электролиз, электрод кеңістіктері бөлінбеген жағдайда жүргізілді, себебі, фосфиннің тотығу реакциясы қайтымсыз.

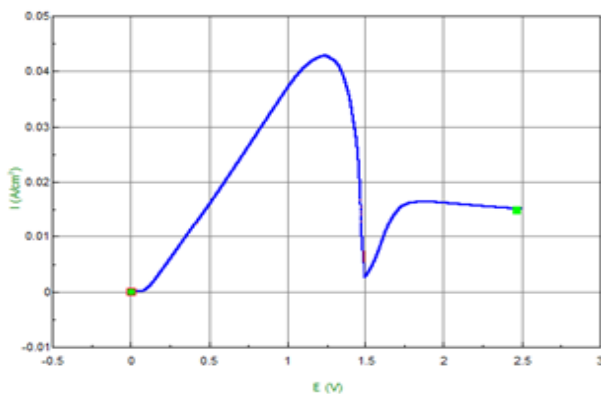
Нәтижелер мен талқылау. Электрохимиялық процестерде электрод тек қажетті элемент емес, сонымен қатар тотығу-тотықсыздану процесінің толық қатысушысы, көптеген химиялық тотықсыздандырғыштар мен тотықтырғыштарды алмастыратын әмбебап реагенттің бір түрі болып табылады. Электрод материалының табиғаты осы реагенттің қасиеттерін анықтайтын маңызды фактор болып табылады. Бұл фактордың рөлін анықтау үшін біз бейтарап және сілтілі ерітінділердегі фосфиннің электрохимиялық тотығуына электрод материалдарының әсерін зерттедік. Біздің алдыңғы зерттеулерімізде фосфиннің электрохимиялық қасиетін күкіртқышқылды ерітінділерде қорғасын, платина және мыс электродтарында зерттелген болатын (Tukibayeva, et al., 2024). Осыған орай, келесі зерттеулер бейтарап натрий сульфаты ерітіндісінде мыс электродының анодты және анодты-катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру тәсілімен жалғасты.

Құрамында 50 г/л натрий сульфаты бар ерітіндіде мыс электродының тотығу потенциалы оң жаққа қарай ығыстырған мыстың бір- және екі валентті оксидтерін түзе тотығу максимумдары байқалады:



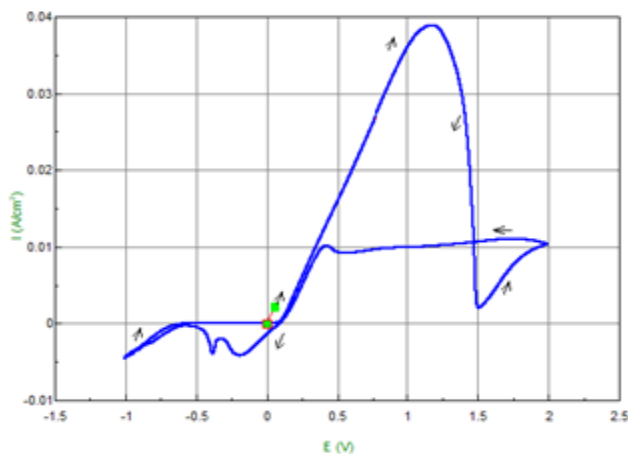
Фосфинмен қанықтырылған натрий сульфаты ерітіндісінде оның тотығу тогы полярограммада байқалмайды, бірақ тотығу максимумдарының мәні төмендейді. Түсірілген поляризациялық қисықтар, фосфин газының тотығу механизмі, газ көбікшелерінің электродпен тікелей соқтығысуы және аз мөлшерде болса да, алдын ала диссоциациялану- еру сатысы арқылы жүреді деп қорытындылауға мүмкіндік береді.

1 және 2-суреттерде анодты және анодты-катодты циклді поляризациялық қисықтар келтірілген.



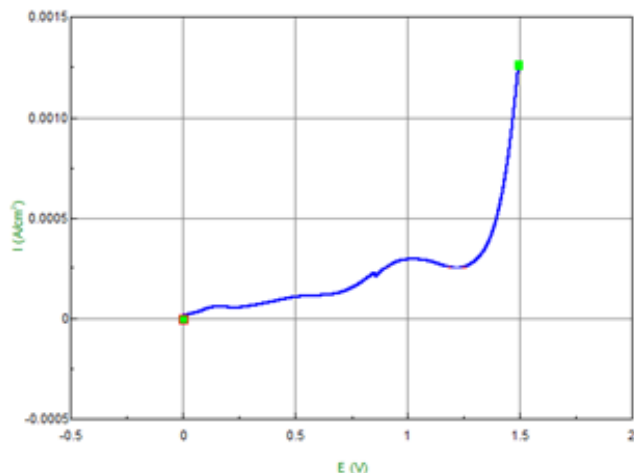
Сурет 1 –Фосфинмен қанықтырылған натрий сульфаты ерітіндісіндегі мыс электродының анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисығы: $[\text{Na}_2\text{SO}_4]$ -50 г/л; потенциалдың берілу жылдамдығы – 50 мВ/с

Мыс электродында фосфиннің электрохимиялық тотығуын зерттеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай, оттегінің бөліну потенциалына дейін ешқандай тотығу толқындары байқалмады, сондай-ақ, фосфиннің тотығуы, оттегінің бөліну потенциалымен қатар және жоғары аса кернеулікпен жүретіндігі анықталды.



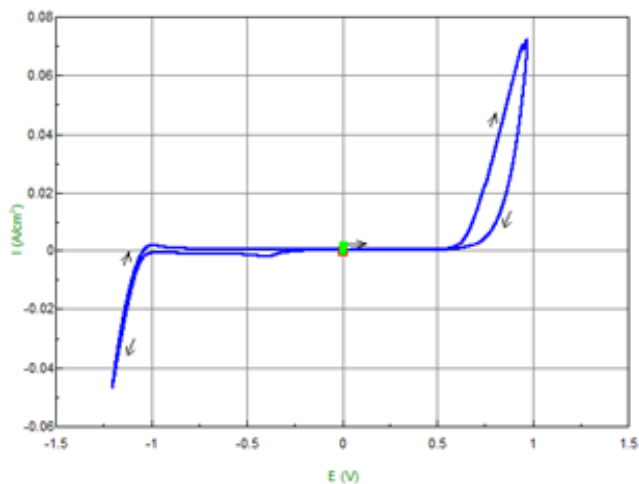
Сурет 2 – Фосфинмен қанықтырылған натрий сульфаты ерітіндісіндегі мыс электродының анодты-катодты циклді потенциодинамикалық поляризациялық қисығы: $[\text{Na}_2\text{SO}_4]$ -50 г/л; потенциалдың берілу жылдамдығы– 50 мВ/с

Фосфиннің электрохимиялық қасиетін зерттеу, фосфин газымен қанықтырылған натрий сульфаты ерітіндісінде платина электродында жүргізілді. Полярограммадан көрініп тұрғандай, шамамен +0,73В потенциалы шамасында фосфиннің тотығу максимумы айқын байқалады (3-сурет).



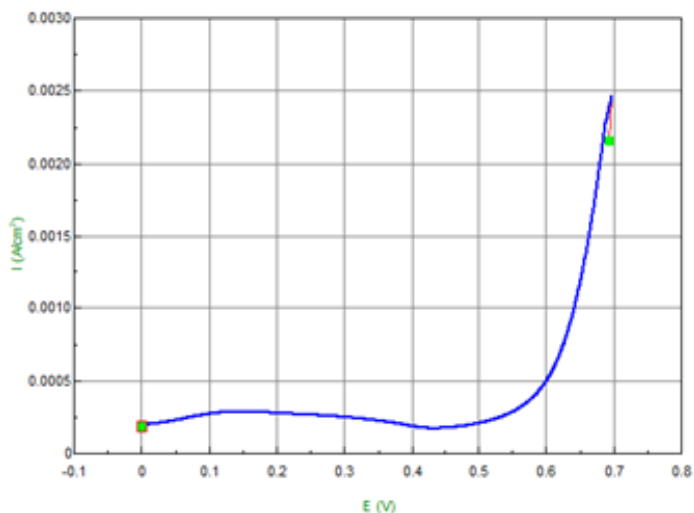
Сурет 3 - Фосфинмен қанықтырылған натрий сульфаты ерітіндісіндегі платина электродының анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисығы: $[\text{Na}_2\text{SO}_4]$ -50 г/л; потенциалдың берілу жылдамдығы– 50 мВ/с

Натрий гидроксидінің фонды ерітіндісінде платина электродының циклды анодты-катодты поляризациялық қисығында (4-сурет), анод бағытында оттегі газының, ал катод бағытында сутегі газының бөліну токтары ғана байқалады.



Сурет 4 – Натрий гидроксиді ерітіндісіндегі платина электродының анод-катод бағытындағы циклды потенциодинамикалық поляризациялық қисығы: $[\text{NaOH}]$ -50 г/л; потенциалдың берілу жылдамдығы– 50 мВ/с

Ал фосфинмен қанықтырылған натрий гидроксиді ерітіндісінде фосфиннің тотығу тогы шамамен +0,03 В потенциалдар аумағында әлсіз жалпақ максимум түріндегі поляризациялық қисық түрінде тіркеледі (5-сурет).



Сурет 5– Фосфинмен қанықтырылған натрий гидроксиді ерітіндісіндегі платина электродының анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисығы: $[\text{NaOH}]$ -50 г/л; потенциалдың берілу жылдамдығы– 50 мВ/с

Поляризациялық қисықтан көрініп тұрғандай, фосфин қатысында оттегінің бөліну потенциалы, платина электродында оң бағытқа (+0,65 В) жылжығаны көрініп отыр.

Сондай-ақ, осыған ұқсас зерттеулер құрамында 50 г/л натрий гидроксиді бар ерітіндіде мыс электродының поляризациялық қисығында тек оттегі газының бөліну тогы байқалады. Ал фосфин газымен қаныққан ерітіндіде оттегі газының бөлінуінің жоғарылауы аса кернеулікпен бөлінетінін байқауға болады. Мұны, электрод бетінің біртіндеп пассивтелуімен және электрод бетіне фосфиннің адсорбциялануымен түсіндіруге болады. Демек, фосфин газымен қанықтырылған натрий гидроксиді ерітіндісінде, электродтарды анодты поляризациялағанда, тотығу процесі қарастырылған электрод материалында жоғары аса кернеулікпен жүреді деп жорамалдаймыз.

Сонымен, фосфин газының бейтарап және сілтілі сулы ерітінділердегі ерігіштігі аз. Сол себепті оның тотығу тогы поляризациялық қисықтарда тікелей максимум түрінде немесе анодтық реакцияларға өз әсерін тигізе отырып, поляризациялық қисықтарда өз көрінісін көрсете алады. Поляризациялық қисықтарды түсіру негізінде мынадай тұжырымға келуге болады: фосфин газын анодты тотықтыру үшін беттік аумағы жоғары түйіршікті электродтарды қолдану қажет. Осы жағдайда ғана фосфин газын анодты тотықтыру процесін жоғары өнімділікпен жүргізуге болады. Осыған орай, келесі зерттеулерімізді гальваностатикалық жағдайда, түйіршікті электродтарды қолдана отырып электролиз тәсілімен жүргіздік. Бұл электродтар меншікті беттік ауданының жоғары болуымен ерекшеленеді. Фосфин газын алу және оны тотықтыру электролизін жүргізу әдістемесі (Tukibayeva, et al., 2023) келтірілген.

Фосфин газын түйіршікті қорғасын электродтарында анодты поляризациялай

отырып, нейтрал ортада тотықтыру, натрий сульфаты ерітіндісінде жүргізілді. Электролизерге жіберілген газ көлемі- 300 мл. Газ ағынының жылдамдығы үш тармақты кран көмегімен реттеліп, электролиз барлық жағдайда 0,5 сағат бойы жүргізілді. Фосфиннің анодты тотығуының ток бойынша шығымына электродтардағы ток тығыздықтарының, электролит концентрацияларының және түйіршікті электродтар қабаты қалыңдықтарының әсерлері қарастырылды.

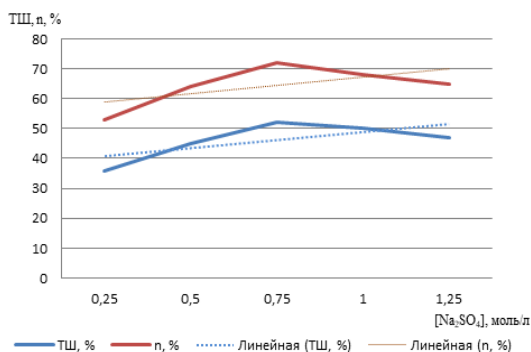
Фосфиннің тотығу дәрежесі мен тотығуының ток бойынша шығымына электродтағы ток тығыздығы айтарлықтай әсер етеді. Түйіршікті қорғасын электродтарындағы ток тығыздығын 200-1000 А/м²-қа дейін жоғарылатқанда, фосфиннің тотығуының ток бойынша шығымы 58%-дан 34%-ға төмендейді (1-кесте). Тафель теңдеуі ($\Delta a + b \lg i$) бойынша, ток тығыздығының жоғарылауы, анодты поляризация кезінде, электрод потенциалы мәнінің анағұрлым оң мәндер аумағына ығысуына әкеледі, сондықтан ток тығыздығы жоғарылаған сайын қосымша-оттегінің бөліну үлесі жоғарылайды да, фосфиннің тотығуының ток бойынша шығымы мен тотығу дәрежесінің төмендейді:



Кесте 1 - Натрий сульфаты ерітіндісінде фосфиннің тотығу дәрежесіне (1) және тотығуының ток бойынша шығымына (2) ток тығыздығының әсері: $[\text{Na}_2\text{SO}_4]$ - 0,5 моль/л, $V(\text{PH}_3)$ - 300 мл, τ 0.5 сағ., δ - 5 см

i , А/м ²	22	44	600	800	1000
ТШ, %	58	55	48	42	34
n , %	44	58	72	66	59

Натрий сульфаты ерітіндісі концентрациясы өзгерісінің тәуелділігін зерттегенімізде, ерітіндідегі сульфат-иондарының концентрациясын 0.25 моль/л -ден 1.25 моль/л-ге дейін арттырғанда, фосфиннің тотығу дәрежесі және тотығуының ток бойынша шығымы 0.5 моль/л-ге дейінгі аралықта артады, одан ары ерітінді концентрациясын арттыру, фосфиннің тотығу дәрежесі мәнін өзгертпейді, ал ток бойынша шығымның төмендеуі байқалады (6-сурет).



Сурет 6 - Натрий сульфаты ерітіндісі концентрациясының фосфиннің тотығу дәрежесіне (1) және тотығуының ток бойынша шығымына (2) әсері: i - 600 А/м², $V(\text{PH}_3)$ - 300 мл, τ -0.5 сағ., δ -- 5 см

Біздің жағдайымызда, ерітіндідегі сульфат-иондарының концентрациясының артуымен оттегінің бөліну жылдамдығы жоғарылайды, бұл негізгі процесс жылдамдығының төмендеуіне әкеледі:



Түйіршікті электродтардың барлық көлемінде зарядталған бөлшектер болады, осыған орай, осы электродтардың биіктігі де тотығу процесіне үлкен әсерін тигізеді, сондықтан фосфиннің анодты тотығуына электрод қабаты қалыңдығының әсері 1-5 см-ге дейінгі биіктіктерде қарастырылды. Фосфиннің тотығу дәрежесі мен тотығуының ток бойынша шығымына түйіршікті қорғасын электрод қабаты қалыңдығының әсерін зерттегенде, түйіршікті электрод қабаты қалыңдығының биіктігін 5 см-ге дейін арттырғанда, фосфиннің тотығу дәрежесі 77%, ал ток бойынша шығым 4 см биіктікте 68% жетті (2-кесте).

Кесте 2- Натрий сульфаты ерітіндісінде, фосфиннің тотығу дәрежесіне және тотығуының ток бойынша шығымына түйіршікті қорғасын электроды қабаты қалыңдығының әсері: i - 600 А/м², [Na₂SO₄]- 0,5 моль/л, V(PH₃)- 300 мл, τ -1 сағ.

d	1	2	3	4	5
ТШ, %	33	45	57	68	84
п, %	44	49	65	72	77

Біздің ойымызша, электродтар үш өлшемдік жүйеден тұратындықтан, электродтардың беттік аудандары ұлғаюы нәтижесінде электрохимиялық процестер барлық электродтар көлемінің кеңістігіне таралып, тотығу процесі интенсификацияланады де, фосфиннің тотығу процесі артады.

Тиімді жағдайларды қалыптастарғанда, натрий сульфатының ерітіндісінде фосфиннің тотығу дәрежесі және тотығуының ток бойынша шығымы, сәйкесінше 72% және 69% құрайды.

Қорытынды. Фосфиннің анодты тотығу процесі әртүрлі электродтардағы (платина, мыс) тотығу заңдылықтарын анықтау үшін потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарын түсіру арқылы зерттелді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, мыс электродындағы тотығу толқыны оттегінің бөліну потенциалына дейін байқалмайды, бірақ электролиз нәтижелері фосфиннің мыс фосфидін (I) түзе отырып тотығатындығын көрсетті. Натрий сульфаты мен гидроксиді ерітінділеріндегі платина электродының анодтық поляризациясы кезінде фосфиннің анодтық тотығуына сәйкес әлсіз максимум байқалады. Болашақта электролиз процесін жүргізу кезінде мыс электродтарына қатысты ойларға негізделген оңтайлы электродтарды таңдау қажет.

Гальваностатикалық жағдайда жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, фосфин газының натрий сульфаты ерітінділердегі анодты тотығуы зерттеліп, тотығу процесінің тиімді жағдайлары қалыптастырылды. Дамыған беттік ауданды және электролизді үздіксіз режимде жүргізілуіне байланысты түйіршікті көлемді электродтардың артықшылықтары және бұл ғылыми нәтижелерді фосфин газын тотықтыруда қолдануға болатындығы көрсетілді.

Әдебиеттер

Астахова Р.К., Белустин А.А., Беренблит В.В., Богоявленский А.Ф., Сухотин А.М. (1981) Справочник по электрохимии. Ленинград: Химия. — 478 с.

Дорфман Я.А., Юхт И.М., Левина Л.В., Полимбетова Г.С., Петрова Т.В., Емельянова В.С. (1991) Окисление фосфина и арсина комплексами металлов, свободным и связанным кислородом. Успехи химии. 6(60). — С. 190-1228.

Cotton M.L., Johnson N.D., Wheeland K.G. (1977). Removal of arsine from process emissions. Canadian Metallurgical Quarterly, 16(1). — P. 205-209.

Fluck Ekkehard. (2006) The Chemistry of Phosphine. 10.1007/BFb0051358.

Ibraimova Z.U., Polimbetova G.S., Borangazieva A.K., Itkulova S.S., Boleubaev E.A. (2021) Catalytic purification and ways for utilization of furnace gas of phosphorus production// Reports of the NAS of the Republic of Kazakhstan. Volume 5, No 339. — P. 136 – 143. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.92>

Haacke G., Brinen J. S. and Burkhard H. (1988) Arsine Adsorption on Activated Carbon. *J. Electrochem. Soc.* — Vol.135. — No 715 <https://dx.doi.org/10.1149/1.2095729>

Honghong Yi, Qiongfeng Yu, Xiaolong Tang, Ping Ning, Liping Yang, Zhiqing Ye, and Jinghao Song, (2011) Phosphine Adsorption Removal from Yellow Phosphorus Tail Gas over CuO–ZnO–La₂O₃/ Activated Carbon. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50 (7). — P. 3960-3965 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie101622x>

Yang Liping, Yi Honghong, Tang Xiaolong, Ning Ping, Yu Qiongfeng, Ye Zhiqing. (2010) Effect of rare earth addition on Cu-Fe/AC adsorbents for phosphine adsorption from yellow phosphorous tail gas. *Journal of Rare Earths*. Volume 28, Supplement 1. — P. 322-325 [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(10\)60321-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(10)60321-3)

Комплексные соединения в катализе. (1980) Труды ИОКЭ. Алматы: Наука КазССР. — 144 с.

Musshoff F., Preuss J., Lignitz E., Madea B. (2008) A gas chromatographic analysis of phosphine in biological material in a case of suicide, *Forensic Science International*. — Volume 177. — Issues 2–3. — P. 35-38. ISSN 0379-0738, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.12.007>

Osadchenko M., Tomilov A.P. (1969) Phosphorus Hydrides. *Russ. Chem. Rev.*, 38 (6). — P. 495-504 DOI: <https://doi.org/10.1070/RC1969v038n06ABEH001756>

Полимбетова Г.С., Борангазиева А.К., Абдраимова Р.Р., Акбаева Д.Н., Ибраимова Ж.У., Бугубаева Г.О. (2016) Кинетика и механизм окисления фосфина кислородом в растворах комплексов меди (I,II). *Известия НАН РК. Серия химии и технологии*. 4(418). — С. 42-47

Патент на полезную модель №9354 от 12.07.2024. Способ электрохимического окисления фосфина в кислых растворах. Тукибаева А.С., Башов А., Башова А.К., Исабаев Н.Н., Абжалов Р.С. Бюлл. №28 от 12.07.2024

Справочник по наилучшим доступным техникам производство неорганических химических веществ. (2021). — Астана. — 625 с.

Saad M. Alzahrani, Paul R. Ebert. (2024) Phosphine toxicology and mode of action. *Encyclopedia of Toxicology (Fourth Edition)*: Academic Press. — P. 597-604. ISBN 9780323854344 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.01068-X>.

Qu G., Zhang J., Lin Y., Li J., Ning P. and Yu Y. (2015) Electrochemical method for wet removal of phosphine. *Environ. Prog. Sustainable Energy*. 34. — P.1640-1646. <https://doi.org/10.1002/ep.12169>

Tukibayeva A., Bayeshov A., Abzhalov R., Asylbekova D.D., Yessentayeva A. (2023) The role of copper (II) ions in the process of anodic oxidation of phosphine in an acidic medium. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology*, 3(456). — P. 175-186 <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.185>

Tukibayeva A., Bayeshov A., Asylbekova D., Aikozova L. and Yessentayeva A. (2024) Potentiodynamic Polarization Study of PH₃ Electrochemical Oxidation. *Electrochem. Sci. Adv.*, e202400025. <https://doi.org/10.1002/elsa.202400025>

References

Astakhova R.K., Belustin A.A., Berenblit V.V., Bogoyavlensky A.F., Sukhotin A.M. (1981) *Spravochnik po elektrohimii [Handbook of Electrochemistry]*. Leningrad: Chemistry, 478 p. (in Russian)

Dorfman Ya.A., Yukht I.M., Levina L.V., Polimbetova G.S., Petrova T.V., Emelyanova V.S. (1991)

Okislenie fosfina i arsina kompleksami metallov, svobodnym i svyazannym kislorodom [Oxidation of phosphine and arsine by metal complexes, free and bound oxygen]. *Uspekhi Chem.* 6(60). — P. 190-1228. (in Russian)

Cotton, M. L., Johnson, N. D., Wheeland, K. G. (1977). Removal of arsine from process emissions. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 16(1). — P. 205-209 (in English)

Fluck Ekkehard. (2006) *The Chemistry of Phosphine*. 10.1007/BFb0051358. (in English)

Ibraimova Z.U., Polimbetova G.S., Borangazieva A.K., Itkulova S.S., Boleubaev E.A. (2021) Catalytic purification and ways for utilization of furnace gas of phosphorus production// Reports of the NAS of the Republic of Kazakhstan. — Volume 5. — No 339. — P. 136-143. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.92> (in English)

Haacke G., Brinen J. S. and Burkhard H. (1988) Arsine Adsorption on Activated Carbon. *J. Electrochem. — Soc.* — Vol.135. — No 715 <https://dx.doi.org/10.1149/1.2095729> (in English)

Honghong Yi, Qiongfeng Yu, Xiaolong Tang, Ping Ning, Liping Yang, Zhiqing Ye, and Jinghao Song, (2011) Phosphine Adsorption Removal from Yellow Phosphorus Tail Gas over CuO–ZnO–La₂O₃/Activated Carbon. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50 (7). — P. 3960-3965 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie101622x> (in English)

Yang Liping, Yi Honghong, Tang Xiaolong, Ning Ping, Yu Qiongfeng, Ye Zhiqing. (2010) Effect of rare earth addition on Cu-Fe/AC adsorbents for phosphine adsorption from yellow phosphorous tail gas. *Journal of Rare Earths*. Volume 28, Supplement 1. — P. 322-325 [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(10\)60321-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(10)60321-3). (in English)

Kompleksnye soedineniya v katalize [Complex compounds in catalysis]. (1980) Proceedings of the IOCE. Almaty: Science of the Kazakh SSR. — 144 p. (in Russian)

Musshoff F., Preuss J., Lignitz E., Madea B. (2008) A gas chromatographic analysis of phosphine in biological material in a case of suicide, *Forensic Science International*. — Volume 177. — Issues 2-3. — P 35-38 ISSN 0379-0738, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.12.007> (in English)

Osadchenko M., Tomilov A.P. (1969) Phosphorus Hydrides. *Russian Chemical Reviews*, 38 (6). — P. 495-504 DOI: <https://doi.org/10.1070/RC1969v038n06ABEH001756> (in English)

Polimbetova G.S., Borangazieva A.K., Abdreimova R.R., Akbaeva D.N., Ibraimova Zh.U., Bugubaeva G.O. (2016) Kinetika i mekhanizm okisleniya fosfinakilorodom v rastvorah kompleksov medi (I,II) [Kinetics and mechanism of oxidation by phosphine oxygen in solutions of copper (I,II) complexes]. *News of the NAS RK. Series chemistry and technology*. 4(418). — P.42-47 (in Russian)

Patent for Utility Model No. 9354 dated 12.07.2024. Sposob elektrohimicheskogo okisleniya fosfina v kislyh rastvorah [Method for electrochemical oxidation of phosphine in acidic solutions]. Tukibaeva A.S., Baeshov A., Baeshova A.K., Isabayev N.N., Abzhalov R.S. *Bulletin No. 28* dated 12.07.2024 (in Russian)

Spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnikam proizvodstva neorganicheskikh himicheskikh veshchestv [Handbook of best available techniques for the production of inorganic chemicals]. (2021). — Astana. — 625 p. (in Russian)

Saad M. Alzahrani, Paul R. Ebert. (2024) Phosphine toxicology and mode of action. *Encyclopedia of Toxicology (Fourth Edition)*: Academic Press. — P. 597-604, ISBN 9780323854344 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.01068-X>. (in English)

Qu G., Zhang J., Lin Y., Li J., Ning P. and Yu Y. (2015) Electrochemical method for wet removal of phosphine. *Environ. Prog. Sustainable Energy*. 34. — P.1640-1646. <https://doi.org/10.1002/ep.12169> (in English)

Tukibayeva A., Bayeshov A., Abzhalov R., Asylbekova D.D., Yessentayeva A. (2023) The role of copper (II) ions in the process of anodic oxidation of phosphine in an acidic medium. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology*, 3(456). — P. 175-186 <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.185> (in English)

Tukibayeva A., Bayeshov A., Asylbekova D., Aikozova L. and Yessentayeva A. (2024) Potentiodynamic Polarization Study of PH₃ Electrochemical Oxidation. *Electrochem. Sci. Adv.*, e202400025. <https://doi.org/10.1002/elsa.202400025> (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 20.06.2025.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 2.