

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№4
2025**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

4 (465)

October – December 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>

ZHOROBEKOVA 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>

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (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 № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

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

Periodicity: 4 times a year.

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

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 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 (Алматы, 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 Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа 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 Джулит, 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-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард 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, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <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>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № KZ23VPY00121156 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/arhiv>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 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 Мынжасарович (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>

ТЕЛЫТАЕВ 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 Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (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>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 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>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 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

G.E. Azimbayeva, A.K. Kamysbayeva, G.N. Kudaibergenova, U.Zh. Beysenbiyeva, N.M. Kurbanbayeva Chromatographic analysis of ethanol obtained from topinambur tubers (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
B. Amiraliyev, N. Zhanikulov, B. Taimasov, M. Aitureev, B. Zhakipbayev Expanding the raw material base of mineral additives for the production of composite cements.....	27
A.M. Yegissinova, R.S. Taubayeva, R.K. Rakhmetullaeva, A.S. Seitkan, E.B. Satkozhaeva Physicochemical properties of thermoplastic starch/hemp biofilm produced by casting method.....	41
E.M. Yergaliyeva, K.B. Bazhykova, Zh.Zh. Kolbaeva, A. Duysen, V.V. Vazhev <i>In silico</i> prediction of PASS and ADME/Tox properties of novel 1,3,5-triazine derivatives for drug development.....	54
R.I. Jalmakhanbetova, S. Azatkyzy, G.K. Mukusheva Structure-directed ursolic acid modifications and their impact on biological activity.....	71
R.N. Zhanaliyeva, B.S. Imangaliyeva, M.A. Zharkınbekov, A.S. Ungarbayeva, R. Kozykeyeva Study of the kinetics and mechanism of molybdenum disulfide oxidation by sodium hypochlorite.....	87
O.S. Ilyassova, M. Zhumabek, G.N. Kaumenova, R.S. Orazbekova, B.S. Biyekeyev Hydrogenation of carbon dioxide on Ni-Co/ZrO ₂ catalysts for conversion into synthetic fuel components.....	100
K. Kalmakov, G. Turebekova, S. Yegemberdiyeva, U. Nuridinova, N. Dulat Catalytic cracking of vacuum gas oil from Kumkol oil in a fluidized bed catalyst unit.....	115
B.T. Kuderina, N.B. Kassenova, A.S. Khamitova, A.G. Zhaxybayeva, A.B. Abdrakhmanova Modification of the structure of oxide cathode materials to enhance the capacity and stability of li - ion batteries.....	128

B.M. Kaldybaeva, D.M. Kenzhebekov, D.Zh. Janabayev, L.M. Ulyev, A. Zholshybek Improving the energy efficiency of oil treatment and stabilization units in the field.....	137
A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova, G.O. Bugubaeva, S. Bubish Prospects for the use of water-soluble copolymers in industrial wastewater treatment processes.....	150
R.M. Kudaibergenova, A.R. Aitekova, N.S. Murzakasymova, A.S. Seitkan, N.A. Nurlybayeva Structural and compositional characteristics of cobalt ferrite nanoparticles.....	159
M. Nazhipkyzy, A. Ashiraly, A. Aitugan, A. Aikenova Fabrication of lignin-based fibrous composites by electrospinning for energy storage applications.....	170
U. Nazarbek, Y. Raiymbekov, P. Abdurazova, G. Kambarova Molecular dynamics modeling of solubility in aqueous systems: temperature dependence and solvation effects.....	184
Zh.Zh. Nurtazina, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, B. Łeska, N.B. Kiarstanova Efficiency of modified medium for pigment and antioxidant biosynthesis in <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
G.M. Ormanova, A.A. Anarbayev, B.N. Kabylbekova, Zh.E. Khusanov Construction of a solubility isotherm in a four-component mutual CaSO ₄ -NaCl-H ₂ O system.....	212
Zh.B. Rakhimberlinova, A. Zhorabek, A. Bailen, M. Kaiyrbaeva, A. Mendibayeva Investigation of the possibilities of obtaining ultradispersed copper particles in aqueous solutions.....	227
A. Takibayeva, L. Sultanova, A. Tussupova, Z. Omar, A. Amanzholova Mechanism, features of the amination reaction in a series of lupane triterpenoids.....	239
G. Toleutay, R.N. Tuleyeva, A. Taubatyrova, N.N. Gizatullina Recent advances in the application of lignin for biobased packaging materials.....	250
Kh. Khimersen, T.K. Jumadilov, A. Imangazy, G.T. Dyusseмбаeva, B. Totkhuskyzy Features of the interaction of polyelectrolytes with gallium ions in aqueous media.....	266

МАЗМҰНЫ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, Ұ.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Топинамбур жемісінен (<i>Helianthus Tuberosus</i>) алынған этанолдың хроматографиялық анализі.....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтурсев, Б. Жакипбаев Композициялық цемент алу үшін минералды қоспалардың шикізат базасын кеңейту.....	27
А.М. Егисина, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Құю әдісі арқылы алынған термопластикалық крахмал/ конопля биопленкасының физика-химиялық қасиеттері.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев <i>In silico</i> PASS және ADME/Tox бағдарламалары арқылы дәрілік заттар әзірлеу үшін 1,3,5-триазиннің жаңа туындыларының қасиеттерін болжау.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азатқызы, Г.К. Мукушева Урсол қышқылының құрылымдық-бағытталған модификациялары және олардың биологиялық белсенділікке әсері.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, Р. Қозыкеева Молибден дисульфидін натрий гипохлоритімен тотықтырудың кинетикасы мен механизмін зерттеу.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Көмірқышқыл газын синтетикалық отын компоненттеріне айналдыру үшін Ni-Co/ZrO ₂ катализаторларында гидрлеу.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Құмкөл мұнайынан алынған вакуум газойлін катализатордың қайнау қабатындағы қондырғыда каталитикалық крекингтеу.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Li - ионды аккумуляторлардың сыйымдылығы мен тұрақтылығын арттыру үшін оксидті катод материалдарын модификациялау.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Кәсіпшілікте мұнайды дайындау және тұрақтандыру қондырғысының энергия тиімділігін арттыру.....	137
А.Қ. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бүбіш Өндірістік ағынды суларды тазарту процестерінде суда еритін сополимерлерді қолдану перспективалары.....	150
Р.М. Құдайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А.С. Сейтқан, А.Н. Нұрлыбаева Кобалт феррит нанобөлшектерінің құрылымдық және құрамдық сипаттамасы.....	159
М. Нажипқызы, А. Ашіралы, А. Айтуған, А. Айкенова Энергия сақтау жүйелерінде қолдануға арналған лигнин негізіндегі талшықты композиттерді электроспиннинг әдісімен алу.....	170
У. Назарбек, Е. Райымбеков, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова Су жүйелеріндегі ерігіштіктің молекулалық динамикалық модельдеуі: температураға тәуелділік және еріткіштің әсері.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова <i>Chlorella Vulgaris</i> құрамындағы пигменттер мен антиоксиданттардың биосинтезі үшін модификацияланған қоректік ортаның тиімділігі.....	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Төрт компонентті CASO ₄ -NaCl-H ₂ O өзара әрекеттесу жүйесіндегі ерігіштік изотермасын тұрғызу.....	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Қайырбаева, Ә. Мендібаева Сулы ерітінділердегі мыстың ультродисперсті бөлшектерін алу мүмкіндіктерін зерттеу.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Лупан тритерпеноидтар қатарындағы аминдену реакциясының механизмі, ерекшеліктері.....	239

Г. Төлеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Лигниннің бионегізді қаптама материалдарында қолданылуының

соңғы жетістіктері.....250

Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,

Б. Тотхусқызы

Полиэлектролиттердің галлий иондарымен су ортасында әрекеттесу

ерекшеліктері.....266

СОДЕРЖАНИЕ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, У.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Хроматографический анализ этанола полученного из клубней топинамбура (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтурсев, Б. Жакипбаев Расширение сырьевой базы минеральных добавок для получения композиционных цементов.....	27
А.М. Егисинова, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Физико-химические свойства термопластичной биопленки из крахмала/конопли, полученной методом литья.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев IN SILICO PASS и ADME/TOX прогнозирование свойств новых производных 1,3,5-триазина для разработки лекарств.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азаткызы, Г.К. Мукушева Структурно-направленные модификации урсоловой кислоты и их влияние на биологическую активность.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, С. Бердібекова Изучение кинетики и механизма окисления дисульфида молибдена гипохлоритом натрия.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Гидрирование диоксида углерода на Ni-Co/ZrO ₂ катализаторах для преобразования в компоненты синтетического топлива.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Каталитический крекинг вакуумного газойля Кумкольской нефти на установке псевдоожиженным слоем катализатора.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Модификация структуры оксидных катодных материалов для повышения ёмкости и стабильности Li-ион аккумуляторов.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Повышение энергоэффективности установки подготовки и стабилизации нефти на промысле.....	137
А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бубиш Перспективы использования водорастворимых сополимеров в процессах очистки промышленных сточных вод.....	150
Р.М. Кудайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А. Сейткан, А.Н. Нурлыбаева Структурно-композиционные характеристики наночастиц феррита кобальта.....	159
М. Нажипкызы, А. Аширалы, А. Айтуган, А. Айкенова Получение волокнистых композитов на основе лигнина методом электроспиннинга для применения в системах хранения энергии.....	170
У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков Молекулярно-динамическое моделирование растворимости в водных системах: температурная зависимость и эффекты сольватации.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова Эффективность модифицированной среды для биосинтеза пигментов и антиоксидантов в <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Построение изотермы растворимости в четырехкомпонентной взаимной системе $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Кайырбаева, А. Мендибаева Исследование возможностей получения ультрадисперсных частиц меди в водных растворах.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Механизм, особенности протекания реакции аминирования в ряду лупановых тритерпеноидов.....	239

Г. Толеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Последние достижения в применении лигнина для биополимерных

упаковочных материалов.....250

Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,

Б. Тотхусқызы

Особенности взаимодействие полиэлектролитов с ионами галлия

в водной среде.....266

© **G.M. Ormanova***, **A.A. Anarbayev**, **B.N. Kabylbekova**, **Zh.E. Khusanov**, 2025.

M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: ormanova_g@inbox.ru

CONSTRUCTION OF A SOLUBILITY ISOTHERM IN A FOUR-COMPONENT MUTUAL $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ SYSTEM

Ormanova Gaukhar — PhD doctoral student of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: ormanova_g@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9625-5790>;

Anarbayev Abibulla — Doctor of technical sciences, professor of M.Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: abib_28@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0019-4381>;

Kabylbekova Balzhan — Candidate of technical sciences, professor of M.Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan. E-mail: balzhan.kbn@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8461-8008>;

Khusanov Zhakhangir — Candidate of technical sciences, professor, head of laboratories Regional testing laboratory for engineering “Structural and biochemical materials”, M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: zhakhangir@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4408-2066>.

Abstract. Aim of study is to process the distiller liquid containing calcium chloride, main waste of soda production, by treating it with natural sodium sulfate to produce gypsum binder and sodium chloride filtrate. After dissolving additional table salt and removing impurities, the filtrate can be reused in soda ash production. Sodium sulfate used in the experiments is a natural salt from the Zhaksykylysh deposit, crystallizing as thenardite. The distiller liquid solution was obtained from the Sterlitamak plant. To access the possibility of calcium chloride reacting with sodium sulfate in the presence of impurities, ΔG_T^0 was calculated using HSC-51 software and reference data for ΔH_T^0 and S_T^0 . Thermodynamic calculation shows that Gibbs energy values are negative, confirming the feasibility of forming NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 and NaOH through the interaction reaction of calcium chloride with sodium sulfate. However, interaction of calcium hydroxide with sodium sulfate to form $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and NaOH is impossible, because ΔG_T^0 is positive. Experiments on distiller liquid processing were conducted at 70-90°C for 15-60 minutes with sodium sulfate amounts of 0.84, 0.92 and 1.00 of the stoichiometric requirement. Optimal processing condition were established, including the consumption of natural sodium sulfate at 84-100% of stoichiometry and suitable temperature-time parameters. It was found that the degree of calcium chloride

conversion at 70-90°C reaches 96.89÷ 97.02%. treating distiller liquid with sodium sulfate thus enables the production sodium chloride and calcium sulfate.

Keywords: soda ash production, distiller liquid, sodium chloride, calcium chloride, sodium sulfate, gypsum

© Г.М. Орманова*, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, 2025.

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

E-mail: ormanova_g@inbox.ru

ТӨРТ КОМПОНЕНТТІ $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЕРІГІШТІК ИЗОТЕРМАСЫН ТҰРҒЫЗУ

Орманова Гаухар — PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: ormanova_g@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9625-5790>;

Анарбаев Абибулла — техника ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: abib_28@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0019-4381>;

Кабылбекова Балжан — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: balzhan.kbn@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8461-8008>;

Хусанов Жажангир — техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» ИБАС зертханасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: zhakhangir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4408-2066>.

Аннотация. Зерттеудің мақсаты гипс байланыстырғышын және натрий хлориді фильтратын алу үшін табиғи натрий сульфатымен сода өндірісінің негізгі қалдығы дистиллерлі сұйықтық құрамындағы кальций хлоридінің өңдеу болып табылады. Ондағы ас тұзының қосымша мөлшерін ерітіп, қажетсіз қоспалардан тазартқаннан кейін фильтратты кальцийленген сода технологиясында қайта қолдануға болады. Тәжірибелерде қолданылатын натрий сульфаты-тенардит түрінде кристалданатын Жақсықылыш кен орнының табиғи тұзы. Кальцийленген сода өндірісінің дистиллерлі сұйықтық ерітіндісі Стерлитамак сода зауытынан алынған. Қоспалардың қатысуымен кальций хлориді мен натрий сульфатының өзара әрекеттесу реакциясының мүмкіндігін анықтау үшін HSC-51 кешенінің Reaction Equations бағдарламасын, ΔH_T^0 және S_T^0 қосылыстары анықтамалық мәліметтерін қолдана отырып, Гиббс энергиясын (ΔG_T^0) есептеу жүргізілді. Термодинамикалық деректерді есептеу Гиббс энергиясының мәні теріс мәндерге ие екенін көрсетеді және кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесу реакциясының NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 және NaOH тұзу мүмкіндігін көрсетеді. Кальций гидроксидінің натрий сульфатымен әрекеттесуі $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ және NaOH мүмкін емес, өйткені ΔG_T^0 мәні оң мәнге ие. Дистиллерлі сұйықтықты қайта өңдеуді зерттеу 70-90°C температура мен 15-60 мин уақыт аралығында және натрий сульфатының нормасы стехиометриялық мөлшерден 0,84; 0,92 және 1,00

жүргізілді. Дистиллерлі сұйықтықты өңдеу процесінің оңтайлы параметрлері, стехиометриядан $84 \div 100\%$ аралығындағы табиғи натрий сульфатының шығыны, процестің температурасы мен ұзақтығы анықталды. Кальций хлоридінің конверсия дәрежесі $70-90^\circ\text{C}$ кезінде $96,89 \div 97,02\%$ құрайтыны анықталды. Құрамында кальций хлориді натрий сульфатымен бар дистиллерлі сұйықтықты өңдеу натрий хлориді мен кальций сульфатын алуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: Кальцийлендірілген сода өндірісі, дистиллерлі сұйықтық, натрий хлориді, кальций хлориді, натрий сульфаты, гипс

© Г.М. Орманова*, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, 2025.

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

E-mail: ormanova_g@inbox.ru

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОТЕРМЫ РАСТВОРИМОСТИ В ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ ВЗАИМНОЙ СИСТЕМЕ $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$

Орманова Гаухар — PhD докторант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: ormanova_g@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9625-5790>;

Анарбаев Абибулла — доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, 160012, г. Шымкент, Казахстан,

E-mail: abib_28@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0019-4381>;

Кабылбекова Балжан — кандидат технических наук, профессор Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан,

E-mail: balzhan.kbn@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8461-8008>;

Хусанов Жахангир — кандидат технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИРЛИП «Конструкционные и биохимические материалы» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: zhakhangir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4408-2066>.

Аннотация. Целью исследования является переработка дистиллерной жидкости, содержащей хлорид кальция — основного отхода содового производства, путем её обработки природным сульфатом натрия с получением гипсового вяжущего и фильтрата хлорида натрия. Фильтрат, после растворения дополнительного количества поваренной соли и очистки от нежелательных примесей, может быть использован в технологии получения кальцинированной соды. Сульфат натрия, используемый в опытах, представляет собой природную соль Жаксыкылышского месторождения, кристаллизующуюся в виде минерала тенардита. Раствор дистиллерной жидкости производства кальцинированной соды получен на Стерлитамакском содовом заводе. С целью определения возможности протекания реакции взаимодействия хлорида кальция с сульфатом натрия в присутствии примесей проведён расчёт ΔG° с использованием программного комплекса HSC-51 (подпрограмма Reaction Equations) и справочных данных ΔH° и S° . Расчёт термодинамических данных показывает, что значения энергии Гиббса имеют отрицательные величины и свидетельствуют о возможности протекания реакции взаимодействия хлорида кальция с сульфатом натрия с

образованием NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 и NaOH . Взаимодействие гидроксида кальция с сульфатом натрия с образованием $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и NaOH невозможно, так как величина ΔG° имеет положительное значение. Исследования переработки дистиллерной жидкости проведены в интервале температур 70–90 °С, времени 15–60 мин и норме сульфата натрия 0,84; 0,92 и 1,00 от стехиометрического количества. Определены оптимальные параметры режима процесса переработки: расход природного сульфата натрия 84–100 % от стехиометрии, температура и продолжительность процесса. Установлено, что степень конверсии хлорида кальция при 70–90 °С составляет 96,89–97,02 %. Переработка дистиллерной жидкости, содержащей хлорид кальция, с сульфатом натрия позволяет получить хлорид натрия и сульфат кальция.

Ключевые слова: производство кальцинированной соды, дистиллерная жидкость, хлорид натрия, хлорид кальция, сульфат натрия, гипс

Кіріспе. Химия өнеркәсібінің қазіргі даму кезеңінде кальцийлендірілген соданы аммиактық әдіспен өндіру барысында түзілетін қалдықтарды кәдеге жарату мәселесі барлық елдер үшін өзекті болып отыр. Процестің экологиялық тұрғыдан негізгі маңызды қалдығы – құрамында кальций хлориді (CaCl_2) бар, аса минералданған ерітінді болып табылатын дистиллерлі сұйықтық өте үлкен көлемде түзіледі (Kurbanova et al., 2024; Ormanova et al., 2025). Тек Ресейдің өзінде 40 млн тоннадан астам кальций-карбонат құрамды қатты қалдықтар жинақталған. Жыл сайын олардың мөлшері 1,0-1,5 млн тоннаға өсіп отырады. Қазақстанға кальцийлендірілген соданы экспорттайтын Стерлитамак «Сода» АҚ-да жыл сайын шамамен 17 млн дм^3 дистиллерлі сұйықтық түзіледі. Бұл өз кезегінде Стерлитамак қаласы маңындағы аумақты, сондай-ақ Кама, Еділ өзендерін және Каспий теңізін едәуір ластайды (Eshmatova, 2023). Қытай мен Үндістанда аммиак өндірісі жанында түзілетін дистиллерлі сұйықтықты қайта өңдеп, аммоний хлоридін алады және оны күріш өсіруге арналған минералды тыңайтқыш ретінде пайдаланады. Кей жағдайларда топырақтағы хлордың артық мөлшеріне байланысты аммоний хлориді бар дистиллерлі сұйықтық жақын орналасқан су айдындарына төгіледі (Zaihua Yang et al., 2024; Yonglan Zong et al., 2023). Еуропа елдеріндегі сода зауыттары дистиллерлі сұйықтықтың бір бөлігін кальций хлоридіне қайта өңдейді, ал қатты қалдықтарды құрылыс материалдарына айналдырады (Golub et al., 2020).

Дистиллерлі сұйықтықты кальций хлоридін алу үшін пайдалану жалпы хлоридтерді қайта өңдеу мәселесін шешпейді (CAO Jun-ya et al., 2024). Бұл ішкі және әлемдік нарықтарда аталған қосылысқа деген сұраныстың шектеулі болуымен түсіндіріледі. Аммоний хлоридіне қатысты жағдайда ұқсас: оның ауыл шаруашылығы секторында қолданылуы шектелген, өйткені хлор иондарының жоғары концентрациясы өсімдіктерге уытты әсер етуі мүмкін, сондай-ақ қоректік элемент ретінде азоттың мөлшері салыстырмалы түрде төмен 24-25% (Anarbayev et al., 2025).

Дистиллерлі сұйықтықты қайта өңдеудің тағы бір бағыты – оны асбестоцемент

және силикат бұйымдарын, соның ішінде плиталар, құбырлар және құрылыс блоктарын өндіруде пайдалану. Алайда бұл салалардағы қолдану көлемі мардымсыз болып қалып отыр және өндіріс ауқымында қайта өңдеу мәселесін шешуге мүмкіндік бермейді (Xu et al., 2022; Ibrić et al., 2021).

Құрамында кальций және натрий хлориді бар қалдықтарды қайта өңдеу үшін тұзды суды кальций, магний және сульфат иондарының қоспаларынан тазарту кезінде CaSO_4 , CaCl_2 , NaCl тұздарының ерігіштігі зерттелді (Li et al., 2015) және кальций сульфатының екісулы және сусыз түрлерінің түзілу мүмкіндігі анықталды (Taherdangkoo, Reza et al., 2022).

Дистиллерлі шламды қайта өңдеуге арналған көптеген еңбектер бар (Bilginer Aukut et al., 2020; Dai et al., 2024). Өртүрлі қайта өңдеу және жартылай пайдалану технологиялары әзірленіп, енгізілгеніне қарамастан, қолданыстағы әдістер қалдықтардың түзілу ауқымы мен олардың күрделі химиялық құрамы салдарынан мәселені кешенді түрде шешуге мүмкіндік бермейді.

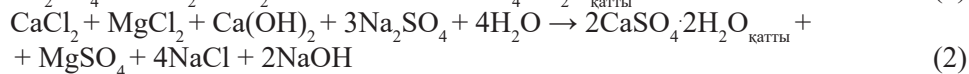
Әсіресе дистиллерлік сұйықтықты қайта өңдеу мәселесі Қазақстан Республикасында жаңа сода өндірісін құру жобаларының іске асырылуына байланысты маңызды. Мұндай жобаларға Qazaq soda (Жамбыл облысы) және Aral Soda (Қызылорда облысы) жатады, олардың жалпы жобалық қуаты жылына 800 мың тоннадан асуы мүмкін. Су және табиғи ресурстардың тапшылығын, сондай-ақ экологиялық стандарттарды сақтау қажеттілігін ескерсек, дистиллерлі сұйықтықты тиімді, ресурс үнемдейтін және қалдықсыз өңдеу технологияларын әзірлеу – бұл ұлттық және халықаралық деңгейде басым ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Кальций хлоридін дистиллерлі сұйықтықтан натрий сульфаты қатысында қайта өңдеу 15-тен 60 минут уақыт аралығында зерттелді. Процестің ең жақсы көрсеткіші ретінде фильтраттағы кальций иондарының ең төменгі мөлшері қарастырылды. Бұл жүйеде тепе-теңдікке жеткенді және берілген реакциядағы максималды түрлену дәрежесін сипаттайды. Түрлену дәрежесі кальцийдің сұйық фазадағы қалдық мөлшерін (CaO_f , %) және бастапқы дистиллерлі сұйықтықтағы жалпы кальций мөлшерін ($\text{CaO}_{\text{жалпы}}$, г) ескере отырып есептелген.

Жұмыста қолданылған зерттеу әдістері: химиялық және термодинамикалық талдау әдістері, растрлы электрондық микроскопия. Кептіруден кейін жуылған және жуылмаған тұнба мен фильтраттағы негізгі және қоспа компоненттердің мөлшері химиялық талдау әдісімен анықталды. Тұнба JSM-6490LV растрлық электрондық микроскопында INCA Energy-350 энергодисперсиялық микроанализ жүйесімен және HKL Basic поликристалдық үлгілердің құрылымдық-текстуралық талдау жүйесімен зерттелді. Сонымен қатар гипстің термиялық түрлену процестері, оны күйдіру өнімдерінің гидратация заңдылықтары, әртүрлі температуралардың гипс құрылымына және текстурасына әсері зерттелген. Зерттеулерде Стерлитамак сода зауытында өндірілген дистиллерлік сұйықтық ерітіндісі қолданылған.

Кальцийлендірілген сода өндірісінің дистиллерлік сұйықтық құрамында кальций және натрий хлоридтерінен басқа, кальций карбонаты, сульфаты және

гидроксиді де бар. Қоспалардың қатысуымен кальций хлориді мен натрий сульфатының өзара әрекеттесу реакциясының мүмкіндігін анықтау үшін Гиббс энергиясының (ΔG_T^0) есептеулері HSC-51 кешенінің Reaction Equations бағдарламасын және қосылыстары анықтамалық ΔH_T^0 және S_T^0 мәліметтерін қолдана отырып жүргізілді. Кальцийлендірілген сода өндірісінің дистиллерлі сұйықтығы кальций мен натрий хлоридтерінен басқа, кальций карбонатын, сульфатын, және гидроксидін де қамтиды. Бұл қосылыстардың натрий сульфатымен бірлесіп ыдырауы туралы мәліметтер және жүретін реакциялардың термодинамикалық талдауы әдеби дереккөздерде жоқ. Кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесуі келесі реакциялар бойынша жүреді:



1-реакцияның жүзеге асу мүмкіндігін Гиббс энергиясын есептеу арқылы бағалаймыз. Сода өндірісінде дистиллерлі сұйықтықтың түзілуіндегі температуралық процестердің ерекшеліктерін ескере отырып, 0-100°C (273-373K) температура аралығында Гиббс энергиясының өзгерісі (ΔG_T^0) ерекше қызығушылық тудырады. Аталған реакциялар үшін қосылыстардың есептік термодинамикалық деректері және Гиббс энергиясының өзгерісі (ΔG_T^0) (t) тәуелділігі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. Температураға байланысты Гиббс энергиясының өзгерісі (ΔG_T^0)

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaCl} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{қатты}}$					
T, °C	Δ	Δ	Δ	K	LogK
0	-76,251	-9,703	-73,6	1,19E+14	14,076
10	-88,937	-56,102	-73,051	3,00E+13	13,477
20	-89,595	-58,388	-72,479	8,23E+12	12,916
30	-90,238	-60,546	-71,884	2,44E+12	12,387
40	-90,866	-62,582	-71,268	7,74E+11	11,889
50	-91,478	-64,505	-70,633	2,62E+11	11,418
60	-92,074	-66,323	-69,978	9,39E+10	10,973
70	-92,655	-68,041	-69,306	3,56E+10	10,551
80	-93,221	-69,667	-68,618	1,41E+10	10,15
90	-93,772	-71,206	-67,913	5,88E+09	9,769
100	-94,309	-72,666	-67,194	2,55E+09	9,407

$\text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{қатты}} + \text{MgSO}_4 + 4\text{NaCl} + 2\text{NaOH}$					
T, °C	Δ	Δ	Δ	K	LogK
0	-70,213	-13,252	-66,593	5,44E+12	12,736
10	-95,578	-106,027	-65,556	1,24E+12	12,095
20	-96,886	-110,567	-64,473	3,08E+11	11,489
30	-98,159	-114,838	-63,346	8,24E+10	10,916

40	-99,394	-118,845	-62,177	2,36E+10	10,372
50	-100,595	-122,622	-60,97	7,18E+09	9,856
60	-101,766	-126,19	-59,725	2,32E+09	9,365
70	-102,908	-129,57	-58,446	7,90E+08	8,898
80	-104,026	-132,78	-57,135	2,83E+08	8,452
90	-105,12	-135,834	-55,791	1,06E+08	8,026
100	-106,192	-138,747	-54,418	4,15E+07	7,618

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH}$					
T, °C	Δ	Δ	Δ	K	Log(K)
0	84,818	-0,422	84,933	5,71E-17	-16,243
10	72,163	-46,712	85,389	1,76E-16	-15,754
20	71,537	-48,884	85,867	5,00E-16	-15,301
30	70,93	-50,922	86,366	1,31E-15	-14,883
40	70,344	-52,823	86,885	3,21E-15	-14,494
50	69,777	-54,604	87,423	7,37E-15	-14,132
60	69,228	-56,279	87,977	1,60E-14	-13,795
70	68,693	-57,861	88,548	3,31E-14	-13,48
80	68,172	-59,358	89,134	6,53E-14	-13,185
90	67,663	-60,778	89,735	1,24E-13	-12,908
100	67,166	-62,127	90,349	2,25E-13	-12,648

1-кестеден 0-100оC (273-373K) температура аралығында 1 және 2-реакциялар үшін HSC бағдарламалық кешені арқылы есептелген ΔG_T^0 мәндерінің теріс екені көрінеді. Бұл кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесіп, NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 және NaOH тұзу реакциясының жүру мүмкін екенін көрсетеді. Ал кальций гидроксидінің натрий сульфатымен $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ және NaOH түзе отырып әрекеттесу мүмкін емес (3-реакция), себебі бұл жағдайда ΔG_T^0 мәні оң шаманы құрайды.

Температура 90-100°C (363-373K) температурада ΔG_T^0 сәйкесінше -67,913 кДж және -67,194 кДж құрайды. Бұл кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесіп NaCl және $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ түзілу мүмкін екенін көрсетеді.

Нәтижелер және талқылаулар. Зертханада 70°C және 90°C температураларда CaSO_4 -NaCl- H_2O жүйесіндегі тұздардың ерігіштігі зерттелді. Төрт компонентті CaSO_4 -NaCl- H_2O өзара жүйесіндегі ерігіштік изотермасын тұрғызу үшін жүйенің тұздық құрамын көрсететін Йенеке диаграммасының квадраттық түрі қолданылды. Осы жүйедегі ерігіштікке қатысты әдебиеттерде белгілі деректер жүйенің тұздық құрамына қайта есептеліп, LO сызығы түрінде бейнеленді. Филтраттың химиялық талдауы және растрлық электрондық микроскоптағы спектроскопиялық зерттеу нәтижелері негізінде жүйедегі белгілі бір катион немесе анион мөлшерінің олардың жалпы санына қатынасы ретінде Ca^{2+} және 2Cl^- иондары үшін Йенеке индекстері есептелді.

70°C температурада және натрий сульфатының стехиометриялық нормасында жүргізілген тәжірибе үшін Йенеке индекстерін есептеу мысалы.

1. Дистиллерлі сұйықтықтың мөлшері – 206,4 г, оның ішінде:

CaCl_2 (78% CaCl_2 22% H_2O)	29,54 г
NaCl	11,22 г
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	1,78 г
CaSO_4	0,4 г
CaCO_3	1,18 г
SiO_2	0,06 г
H_2O	162,22 г

2. Натрий сульфатының массасы – 37,7г.

Кесте 2. Натрий сульфаты нормасының кальций хлоридінің конверсия көрсеткіштеріне әсері.

Конверсия температурасы - 70°C.

№	Уақыт, мин	Na_2SO_4 (N) нормасы, %	Сұйық фазадағы Ca^{2+} мөлшері, сал.%							$\frac{\text{Ca}^{2+}}{\text{SO}_4^{2-}}$ мольдік қатынас	Конверсия дәрежесі, %
			Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Na^+	Cl^-	Mg^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}		
1	45	84	0,420	0,30	4,91	7,01	0,002	0,003	0,004	3,36	80,04
2	45	92	0,128	0,64	6,03	7,13	0,001	0,002	0,002	0,49	86,10
3	45	100	0,150	0,68	7,52	8,32	-	0,001	0,001	0,38	97,02
4	45	108	0,09	1,58	6,76	7,19	-	-	-	0,14	95,60
5	45	127	0,06	2,72	6,05	6,15	-	-	-	0,20	95,52

Алынған фильтраттың химиялық талдау нәтижелеріне сәйкес (2-кесте) ондағы кальций иондарының мөлшері 0,15% немесе 0,154 г ($0,15\%-103\text{г}/100=0,154\text{г}$) құрайды, бұл моль санына қайта есептегенде $0,154/40=0,00385$ моль болады (мысалы, $0,154\text{г}:40$ (Са атомдық массасы)=0,00385 моль). Осыған ұқсас түрде сульфат-ионының моль саны есептелді: $0,701\text{г}/96=0,00730$ моль, ал хлорид ионы үшін: $(8,32 \cdot 2)/35,5=0,4687$ моль. Аниондардың жалпы мөлшері $0,00730+0,4687=0,4760$ моль. Сонда натрий иондарының саны: $0,4760-0,00385=0,4721$ моль. Натрий және хлор бойынша Йенеке индекстерін есептейміз:

$$X_{\text{Na}^+}=0,4721/0,4760=0,9918 \text{ немесе } 99,18\%$$

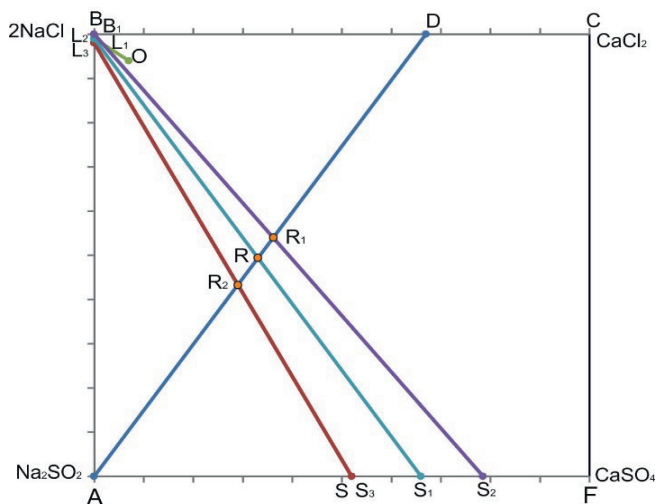
$$X_{\text{Cl}^-}=0,4687/0,4760=0,9846 \text{ немесе } 98,46\%$$

Бұл координаттарға тұзды масса диаграммасында L_1 нүктесі сәйкес келеді (1-сурет). Есептеу нәтижелері бойынша 70 және 90°C температураларындағы қаныққан ерітіндінің құрам нүктелері анықталды. Изотермалар 70 және 90°C үшін ерігіштік диаграммаларында L_1 , L_2 , L_3 , B_1 нүктелерімен белгіленген, олар 70°C жағдайында іс жүзінде сәйкес келеді және берілген температуралар үшін әдеби дереккөздерде келтірілген қаныққан ерітінді құрамынан аздап ерекшеленеді (1-2 суреттер).

Дистиллерлі сұйықтықтың химиялық құрамына сүйене отырып, оның тұздық құрамы есептелді. 200 г дистиллерлі сұйықтықта 23,04 CaCl_2 және 11,22г NaCl , сондықтан оның диаграммадағы (1 және 2-суреттер) құрамы D нүктесімен (67% CaCl_2 және 33% NaCl) көрсетіледі.

Жүйенің тұздық массасын анықтау үшін бастапқы реагенттердің – дистиллерлі

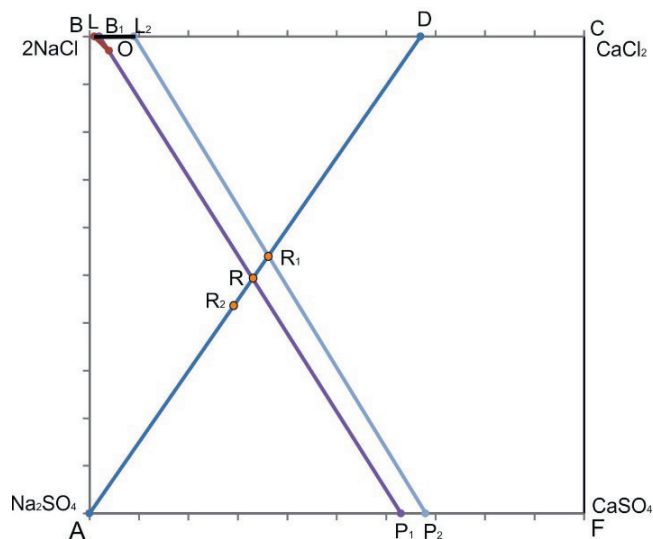
сұйықтық пен натрий сульфатының шығындарының арақатынасы есептелді. Ол үшін табиғи натрий сульфатының есептелген стехиометриялық мөлшері 37,7 г алынды, ал негізгі компоненттің мөлшері 92,95% екенін ескере отырып, Na_2SO_4 шығыны 35,04 кұрайды.



Сурет 1 - 70°C температурадағы $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ жүйесінің ерігіштік диаграммасы

Бастапқы реагенттердің құрамдық бейнелік нүктелері А және D қосып, осы қосушы тұзу бойында компоненттер қатынасына сәйкес жүйе құрамының нүктесін анықтаймыз: $34,26/35,04=0,978:1$. Тұндырғыштың төмендетілген нормасы (84%) жағдайында бұл қатынас $34,26/29,65=1,155:1$, ал жоғарылатылған нормасы (127%) кезінде - $34,26/44,6=0,768:1$ болады. Жүйенің тұздық массасына сәйкес бейнелік нүктелер: реагенттердің стехиометриялық қатынасы үшін – R, натрий сульфаты жеткіліксіз болғанда – R₁, ал артық алынған жағдайда – R₂ деп белгіленді. Бұл ретте рычаг ережесі бойынша дистиллерлі сұйықтықтың тұздық массасы AR кесіндісімен, ал натрий сульфатының массасы RD кесіндісімен анықталады.

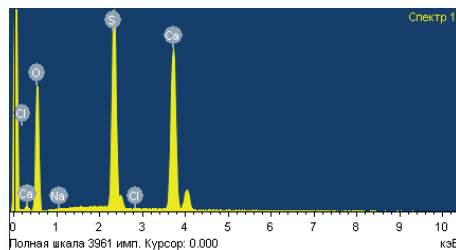
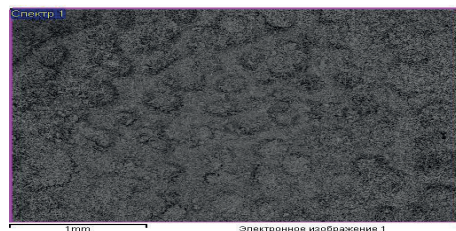
Жоғарыда атап өткендей, берілген төрт компонентті өзара жүйеде тұрақты тұздар жұбы $\text{CaSO}_4\text{-NaCl}$ болып табылады, өйткені кальций сульфатының ас тұзындағы ерітінділерде ерігіштігі өте төмен. Реакция нашар еритін тұнбаның түзілуімен жүреді, яғни химиялық тұрғыда қайтымсыз, әрі қанықпаған ерітінділердің облысы іс жүзінде болмайды. Сондықтан кальций сульфатының кристалдану өрісі диаграмманың бүкіл ауданын қамтиды. Мұндай жағдайда гипс шығымын есептеудің негізгі мәселесі – дистиллерлі сұйықтықты қайта өңдеу процесінің рычаг ережесіне және материалдық балансына сәйкес қатты фазаның құрамын анықтау. Тұрғызылған графиктен натрий сульфатының төмендетілген шығыны кезінде қатты фаза 80% кальций сульфатынан тұрады (70 °C үшін S_2 нүктесі және 90°C үшін P_2 нүктесі), ал стехиометриялық қатынас кезінде - 65% (S_1 және P_1 нүктелері).



Сурет 2 - 90°C температурадағы CaSO_4 - NaCl - H_2O жүйесінің ерігіштік диаграммасы

3-суретте 70°C температурада, 60 минут уақыт ішінде, натрий сульфатының нормасы 84% болған жағдайда алынған гипстің элементтік талдауы көрсетілген.

Элемент	Салмақтық %	Атомдық %	Қосылыс, %
O	57.42	75.28	
Na	0.10	0.09	Na_2SO_4 -0,108
S	18.27	11.95	
Cl	0.10	0.06	NaCl -0,164
Ca	24.11	12.62	CaSO_4 -77,54 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -98,06)



Сурет 3 - 70°C температурада, 60 минут уақыт ішінде алынған $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ құрамының сипаттамасы.

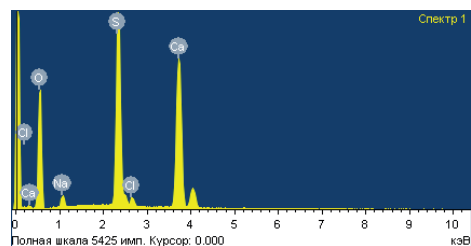
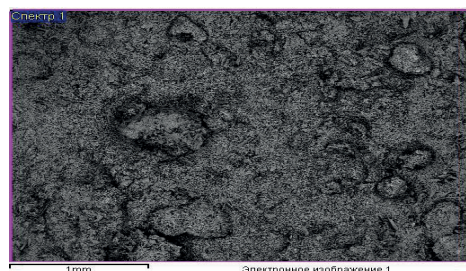
3-суретте жуғаннан кейін гипстегі Na_2SO_4 мөлшері 0,108%, ал NaCl мөлшері 0,164% құрайды.

Натрий сульфатының артығы кальций және натрий сульфаттарының бір уақытта эквимолекулалық тұнбаға түсуіне әкеледі (S_3 нүктесі), бұл гипстің химиялық

талдау нәтижелерімен және жуылмаған тұнбаның растрлық электрондық микроскоптағы микрофотосуреттерімен расталады (4-сурет).

4-суретте 90°C температурада, 60 минут уақыт ішінде алынған жуылмаған тұнбаның құрамы көрсетілген.

Элемент	Салмақтық %	Атомдық %	Қосылыс, %
O	55.11	73.09	
Na	1.69	1.56	Na ₂ SO ₄ -4,75
S	18.68	12.36	
Cl	0.23	0.14	NaCl-0,37
Ca	24.30	12.86	CaSO ₄ -74,84

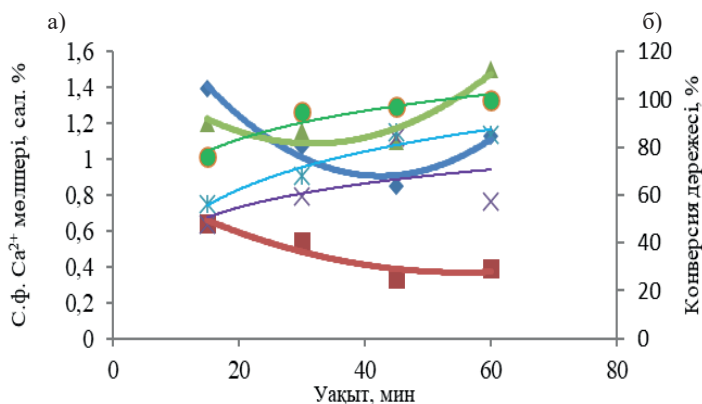


Сурет 4 - 90°C температурада, 60 минут уақыт ішінде алынған жуылмаған тұнбаның құрамы.

Жуылмаған гипсте (4-сурет) Na₂SO₄ мөлшері 4,75%, ал NaCl мөлшері 0,37% құрайды, бұл CaSO₄·Na₂SO₄ қос тұз кристалдарының түзілуін көрсетеді.

Зерттеулерді жүргізу үшін алдын ала Қазақстанның Оңтүстік өңірінен алынған табиғи натрий сульфатының үлгілері пайдаланылды. Бұған дейін дистиллерлі сұйықтықтағы кальций хлоридін әртүрлі натрий сульфаты шығындары кезінде қайта өңдеу бойынша зерттеулер жүргізілген еді. Қолданылған натрий сульфатының құрамы келесідей: Na₂SO₄ – 92.95%; CaSO₄·2H₂O – 4.0%; MgSO₄·H₂O – 0.57%; Fe₂O₃ – 0.09%; Al₂O₃ – 0.40%; ерімейтін қалдық – 1,42; ылғалдылық – 1,0% кем емес.

Эксперимент нәтижелері 5-суретте келтірілген және олар уақытқа байланысты конверсия дәрежесінің өзгерісін көрсетеді. Сонымен қатар, процесс параметрлерінің оңтайлы мәндері (температура, натрий сульфатының шығын нормасы және сұйық фазадағы Ca²⁺ мөлшерінің уақытқа тәуелділігі) анықталды.



а- сұйық фазадағы Ca^{2+} мөлшері:

- процесс 70 °C температурда
- процесс 80 °C температурда
- процесс 90 °C температурда

б-Конверсия дәрежесі:

- натрий сульфатының нормасы -0,84
- натрий сульфатының нормасы -0,92
- натрий сульфатының нормасы -1,00

Сурет 5 - Сұйық фазадағы Ca^{2+} мөлшерінің процесс уақытына тәуелділігі (а) және конверсия дәрежесінің өзгеруі (б)

Кальций хлоридінің конверсиясы процесінде (5-сурет (а)) стехиометриялық мөлшерден төмен (84%) натрий сульфатын пайдалну кезінде, 70°C температурада және 15-45 минут аралығында NaCl ерітіндісіндегі кальций иондарының мөлшері 0,81%-дан 0,2%-ға дейін төмендейді.

5-сурет (б)-ден көрініп тұрғандай, 70°C температурада және натрий сульфатының 0,84 нормасында конверсия уақыты артқан сайын 15-45 минут аралығында конверсия дәрежесі 47,54%-дан 84,04%-ға дейін жетеді, ал 60 минутта 57,27% құрайды. Конверсия дәрежесінің төмендеуі $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ тұзының түзілуімен және кальций хлоридін ыдыратуға қажетті кальций сульфатының жеткіліксіздігімен байланысты болуы мүмкін.

Натрий сульфатының нормасы 0,92 болғанда, 15-45 минут ішінде конверсия дәрежесі 56,3%-дан 86,1%-ға дейін жетеді. Уақыт 60 минутқа жеткенде, бұл мән 1,0%-ға төмендеп, 85,1% құрайды. Бұл құбылыс кальций тұздарының ерігіштігімен және кальций хлоридін толық ыдыратуға қажетті натрий сульфатының жеткіліксіздігімен түсіндіріледі.

Қорытынды. Сұйық фазадағы Ca^{2+} мөлшерінің процесс уақытына тәуелділігі және CaO конверсиясының дәрежесінің өзгеруін анықтау бойынша натрий сульфатының 1,00 нормасында, 70-90°C температура аралығында эксперименттер орындалды. Ең жоғары конверсия дәрежесі 70°C температурада және 45 минут уақыт ішінде 97,02% көрсеткішінде байқалады; 80°C температурада – 88,37%, 90°C температурада 84,85%. 90°C және одан жоғары температураның жоғарылауымен конверсия дәрежесінің төмендеуі кальций сульфатының дигидратын жартылай гидратқа ауысуымен байланысты, ол натрий сульфатының тұздарымен $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ түрінде байланысып, қатты фазаға өтеді. Осылайша, бұл жағдайда

Ca^{2+} иондарының максималды жететін мөлшері 1,05-1,61%-дан аспайды, ал натрий сульфатының стехиометриялық нормасы кезінде 70°C -та ол 0,14-0,18% Ca^{2+} құрайды. Кальций хлоридінің конверсия дәрежесі 96,89-97,02% тең. Бұған қоса, жоғарыда атап өтілгендей, температура натрий сульфатының еруін жеңілдетуде маңызды рөл атқарады, демек реакцияның жүруіне және натрий хлоридінің қаныққан ерітіндісін алу кезінде кальций иондарының көп мөлшерде тұнбаға түсуіне ықпал етеді. Зертханалық қондырғыда жүргізілген кинетикалық зерттеу негізінде температурасы 70 - 90°C және натрий сульфатының мөлшері стехиометрия 100%-ына тең жағдайда фильтраттағы кальций иондарының минималды құрамын қамтамасыз ететін конверсия процесінің ұзақтығы 45 минут екені анықталды.

Осылайша, термодинамикалық есептеулерге және $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ жүйесіндегі тұздардың ерігіштігін зерттеуге, сондай-ақ алынған эксперименттік деректерге негізделе отырып, дистиллерлі сұйықтықты натрий сульфатымен өндеудің мүмкіндігі дәлелденді. Жүргізілген кешені зерттеулер нәтижесінде кальций хлоридінің натрий сульфатымен өзара әрекеттесу процесінің оңтайлы параметрлері, сондай-ақ натрий хлориді фильтратын және кальцийдің екісулы сульфаты – гипс $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ тұнбасын алу шарттары анықталды.

Әдебиеттер

Курбанова А.А., Вафаев О.Ш. (2024) Способы переработки отходов производства кальцинированной соды методом Сольве. *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2024. DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16661

Орманова Г., Анарбаев А., Қабылбекова Б., Анарбаев Н. Натрий хлориді ерітінділерінен гипсті сүзу жылдамдығын зерттеу. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, 2025, (2). — Б. 214–227. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.292>

Эшмаматова Д.Ш. (2023) Изучение возможностей технологических возможностей сбросного стока Кунгарадского содового завода. *Innovative Development in Educational Activities*, 2(5). — С. 393–399. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7743375>

Zaihua Yang, Yongliang Chen, Quan Wang, Tiejun Chen, Xiaoqing Zhu and Shenxu Bao. (2024) The utilization of ammonia soda residue in building materials: A review *Journal of Building Engineering*, 98, DOI: 10.1016/j.jobbe.2024.111122

Wanling Zhong, Xin Wang, Yanqing Lai, Shenghai Yang, Shengming Jin and Kun Liu. (2024) A new strategy for the comprehensive utilization of wastewater from the production of soda ash by sodium sulfate-based ammonia-soda process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12, DOI: 10.1016/j.jece.2024.114198

Yonglan Zong, Jiantao Gong, Jilai Zhang, Youbo Su, Chenglei Hu, Tianguo Li, Yonglin Wua and Ming Jiang. (2023) Research status of soda residue in the field of environmental pollution control. *RSC Adv.*, 13, <https://doi.org/10.1039/D3RA04863B>

Goľub A., Piekutin J. (2020) Removal of inorganic impurities from wastewater after production of soda ash on selected sorbents. *Sci Rep* 10, 4624. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61429-w>

Wang Q., Huang W., Liang Y., Li C., Lai M., Sun J. (2022) Eco-Sustainable Magnesium Oxychloride Cement Pastes Containing Waste Ammonia Soda Residue and Fly Ash. *Materials*, 15. <https://doi.org/10.3390/ma15175941>

CAO Jun-ya, ZHANG Li-xin, LUO Chen-hui, LIU Meng, TIAN Xing, SONG Shu-zhe. (2024) Research progress in production of soda ash from spent salts under background of "carbon dioxide emissions peaking and carbon neutrality. *Modern Chemical Industry*, Vol. 44 Issue (4) : 40-44. DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.04.008

Анарбаев А., Кабылбекова Б., Хусанов Ж., & Орманова Г. (2025) Күрделі фосфогуматты минералды тыңайтқыш алу процессін зерттеу. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, (1), 5–20. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.262> (in Kazakh)

Xu W., Cheng H., Li E. et al. (2022) Formation of CaCO_3 hollow microspheres in carbonated distiller waste from Solvay soda ash plants. *Front. Chem. Sci. Eng.* 16. — P. 1659–1671. <https://doi.org/10.1007/s11705-022-2173-z>

Ibrić N., Ahmetović E. & Kravanja Z. (2021) Simultaneous optimisation of heat and power integration of evaporation–crystallisation systems: a case study of distiller waste from Solvay process. *Optim Eng* 22, 1853–1895. <https://doi.org/10.1007/s11081-021-09641-z>

Li Y., Song X., Chen G. et al. (2015) Extraction of hydrogen chloride by a coupled reaction-solvent extraction process. *Front. Chem. Sci. Eng.* 9, 479–487. <https://doi.org/10.1007/s11705-015-1512-8>

Taherdangkoo Reza, Tian Miaomiao, Sadighi Ali, Meng Tao, Yang Huichen, Butscher Christoph (2022) “Experimental data on solubility of the two calcium sulfates gypsum and anhydrite in aqueous solutions”, *Mendeley Data*, V1, doi: 10.17632/phmrfngcxn.1

Bilginer Aykut, Ogulcan, Canbek, Sinan, Turhan Erdogan, (2020) Activation of blast furnace slag with soda production waste. *J. Mater. Civ. Eng.* 32, 04019316 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002987](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002987)

Dai C., Chen H., Song X., & Yu J. (2024) Coupled reaction and solvent extraction process to utilize distiller waste using N235-isoamylol system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46(1). — P. 10185–10198. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1781299>

Roine A. (2002) Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Outokumpu Research OY: Pori, Finland, 2002. — 268 p.

References

Kurbanova A.A., Vafaev O.Sh. (2024) Sposoby pererabotki otkhodov proizvodstva kal'tsinirovannoy sody metodom Sol'va. [Methods for processing waste from soda ash production by the Solvay method]. *Universum: technical sciences: electronic scientific journal*, 2024. DOI-10.32743/UniTech.2024.118.1.16661 (in Russian)

Ormanova G., Anarbayev A., Kabylbekova B., Anarbayev N. Natrïy xloridi eritindilerinen gïpsti süzw jıldamdıgın zertteu. [Study of the rate of filtration of gypsum from sodium chloride solutions]. *Academic Scientific Journal of Chemistry*, 2025,(2). — P. 214–227. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.292> (in Kazakh)

Eshmatatova D.Sh. (2023) Izucheniye vozmozhnostey tekhnologicheskikh vozmozhnostey sbrosnogo stoka Kungarskogo sodovogo zavoda. [Study of the technological capabilities of the discharge effluent of the Kungarad soda plant]. *Innovative Development in Educational Activities*, 2(5). — P. 393–399. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7743375> (in Russian)

Zaihua Yang, Yongliang Chen, Quan Wang, Tiejun Chen, Xiaoqing Zhu and Shenxu Bao (2024) The utilization of ammonia soda residue in building materials: A review *Journal of Building Engineering*, 98, DOI: 10.1016/j.jobbe.2024.111122 (in English)

Wanling Zhong, Xin Wang, Yanqing Lai, Shenghai Yang, Shengming Jin and Kun Liu. (2024) A new strategy for the comprehensive utilization of wastewater from the production of soda ash by sodium sulfate-based ammonia-soda process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12, DOI: 10.1016/j.jece.2024.114198 (in English)

Yonglan Zong, Jiantao Gong, Jilai Zhang, Youbo Su, Chenglei Hu, Tianguo Li, Yonglin Wua and Ming Jiang. (2023) Research status of soda residue in the field of environmental pollution control. *RSC Adv.*, 13, <https://doi.org/10.1039/D3RA04863B> (in English)

Golub A., Piekutin J. (2020) Removal of inorganic impurities from wastewater after production of soda ash on selected sorbents. *Sci Rep* 10. — 4624 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61429-w> (in English)

Wang Q., Huang W., Liang Y., Li C., Lai M., Sun J. (2022) Eco-Sustainable Magnesium Oxychloride Cement Pastes Containing Waste Ammonia Soda Residue and Fly Ash. *Materials*, 15. <https://doi.org/10.3390/ma15175941> (in English)

CAO Jun-ya, ZHANG Li-xin, LUO Chen-hui, LIU Meng, TIAN Xing, SONG Shu-zhe. (2024) Research progress in production of soda ash from spent salts under background of "carbon dioxide emissions peaking and carbon neutrality. *Modern Chemical Industry*, Vol. 44 Issue (4) : 40-44. DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.04.008 (in English)

Anarbayev A., Kabyrbekova B., Khusanov Zh., & Ormanova G. (2025) Kүрделі фосфогуматті минералді тиңайтқыш алw процессін зерттеу [Study of the process of obtaining complex phosphohumate mineral fertilizer. *Academic Scientific Journal of Chemistry*], (1). — P. 5–20. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.262> (in Kazakh)

Xu W., Cheng H., Li E. et al. (2022) Formation of CaCO₃ hollow microspheres in carbonated distiller waste from Solvay soda ash plants. *Front. Chem. Sci. Eng.* 16. — P. 1659–1671. <https://doi.org/10.1007/s11705-022-2173-z> (in English)

Ibrić N., Ahmetović E. & Kravanja Z. (2021) Simultaneous optimisation of heat and power integration of evaporation–crystallisation systems: a case study of distiller waste from Solvay process. *Optim Eng* 22. — P. 1853–1895. <https://doi.org/10.1007/s11081-021-09641-z> (in English)

Li Y., Song X., Chen G. et al. (2015) Extraction of hydrogen chloride by a coupled reaction-solvent extraction process. *Front. Chem. Sci. Eng.* 9, 479–487. <https://doi.org/10.1007/s11705-015-1512-8> (in English)

Taherdangkoo Reza, Tian Miaomiao, Sadighi Ali, Meng Tao, Yang Huichen, Butscher Christoph (2022) “Experimental data on solubility of the two calcium sulfates gypsum and anhydrite in aqueous solutions”, *Mendeley Data*, V1, doi: 10.17632/phmrfngcxn.1(in English)

Bilginer Aykut, Ogulcan, Canbek, Sinan, Turhan Erdogan, (2020). Activation of blast furnace slag with soda production waste. *J. Mater. Civ. Eng.* 32, 04019316 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002987](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002987) (in English)

Dai C., Chen H., Song X., & Yu J. (2024) Coupled reaction and solvent extraction process to utilize distiller waste using N235-isoamylol system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46(1). — P. 10185–10198. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1781299> (in English)

Roine A. (2002) Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Outokumpu Research OY: Pori, Finland, 2002. — 268 p. (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP 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)

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.12.2025.

Формат 60х88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 4.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142