

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В. Сокольский атындағы
«Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «Институт топлива, катализа и
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel,
catalysis and electrochemistry»

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
1 (454)

JANUARY – MARCH 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, PhD докторы, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

«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.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2023

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

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

АГАБЕКОВ В ладимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«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.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

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

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

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) H = 11

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) H = 13

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

ROSS Samir, Ph.D., professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D., pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

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.

Circulation: 300 copies.

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, 2023

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

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.147>

Volume 1, Number 454 (2023) 47-65

UDC 661.152.3

© **A.I. Kareeva¹, A.A. Bolysbek¹, I.A. Pochitalkina², Y.B. Raiymbekov^{1*}, 2023**

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

²Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.
E-mail: eplusr@bk.ru

**THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE PROCESS OF PRODUCING
NPK FERTILIZERS BASED ON SUBSTANDARD PHOSPHATE RAW
MATERIALS**

Kareeva A.I. — PhD-student. M. Auezov South Kazakhstan University. Department of Chemical Technology of Inorganic Substances. 160012. Shymkent, Kazakhstan

E-mail: anar-kareeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9357-0437;

Bolysbek A.A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. M. Auezov South Kazakhstan University. Department of Chemical Technology of Inorganic Substances. 160012. Shymkent, Kazakhstan

E-mail: aidarali@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8708-2608;

Pochitalkina I.A. — Doctor of Technical Sciences, Professor. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Department of technology of inorganic substances and electrochemical processes. 125047. Moscow, Russian Federation

E-mail: ipochitalkina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1063-1856;

Raiymbekov Y.B. — PhD. M. Auezov South Kazakhstan University. Department of Chemical Technology of Inorganic Substances. 160012. Shymkent, Kazakhstan

E-mail: eplusr@bk.ru. ORCID: 0000-0002-2119-2406.

Abstract. The article presents the results of thermodynamic analysis of the process of obtaining complex-mixed NPK fertilizers based on substandard phosphate raw materials. Phosphorites from the Chilisay deposit of the Aktobe phosphorite basin, located in the Western region of the Republic of Kazakhstan, were used as phosphate raw materials. Thermodynamic analyses were carried out using the HSC Chemistry 6.0 program developed by the Finnish metallurgical company Outokompu. Until now, thermodynamic analysis based on experimental or predictive data has been limited to the use of various thermodynamic data published in special textbooks and on the pages of scientific publications. Thus, the difficulties encountered in the analysis and calculations, as well as inconsistencies in the standard values of heat capacity, enthalpy and entropy complicated the process of carrying out these calculations. The HSC Chemistry program, which has a systematized structure, friendly interface and ease of use, is based on the principle of minimizing Gibbs energy and includes more than 17

thousand chemical compounds with data of standard enthalpy ΔH , entropy ΔS , heat capacity C_p , Gibbs free energy values ΔG when performing calculations. To carry out thermodynamic calculations, thermodynamic values in selected temperature ranges were used using the Reaction Equation module of the specified chemical reactions for the production of complex-mixed NPK fertilizers. By interpreting the data obtained, the fact that a particular reaction has an exothermic or endothermic character, the probability of a reaction from a thermodynamic point of view, as well as the characteristics of reactions in the forward or reverse direction were evaluated. As a result of calculations, the influence of the entropy factor for reactions 1, 5–8 was established, it was found that all reactions have a negative value for the Gibbs free energy ΔG and, in turn, their course from a thermodynamic point of view is more likely.

Keywords: mineral fertilizer, thermodynamics, enthalpy, entropy, Gibbs energy

© **А.И. Кареева¹, А.Ә. Болысбек¹, И.А. Почиталкина², Е.Б. Райымбеков^{1*}, 2023**

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

²Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті,

Мәскеу, Ресей.

E-mail: eplusr@bk.ru

ШАРТҚА СӘЙКЕССІЗ ФОСФАТ ШИКІЗАТЫ НЕГІЗІНДЕ NPK ТЫҢАЙТҚЫШЫН АЛУ ҮРДІСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ

Кареева А.И. — PhD-докторант. Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы кафедрасы. М. Әуезов атындағы ОҚУ. 160012. Шымкент, Қазақстан

E-mail: anar-kareeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9357-0437;

Болысбек А.Ә. — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы кафедрасы. М. Әуезов атындағы ОҚУ. 160012. Шымкент, Қазақстан

E-mail: aidarali@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8708-2608;

Почиталкина И.А. — техника ғылымдарының докторы, профессор. Бейорганикалық заттардың және электрохимиялық үрдістер технологиясы кафедрасы. Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті. 125047. Мәскеу. Ресей Федерациясы

E-mail: ipochitalkina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1063-1856;

Райымбеков Е.Б. — PhD. Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы кафедрасы. М. Әуезов атындағы ОҚУ. 160012. Шымкент, Қазақстан

E-mail: eplusr@bk.ru. ORCID: 0000-0002-2119-2406.

Аннотация. Мақалада шартқа сәйкессіз фосфат шикізаты негізінде күрделі аралас NPK тыңайтқыштарын алу үрдісінің термодинамикалық талдау нәтижелері көрсетілген. Фосфат шикізаты негізінде Қазақстан Республикасының Батыс аймағында орналасқан Ақтөбе фосфориттік алабындағы Шилісай кен орнының фосфориттері қолданылды. Термодинамикалық талдаулар финляндиялық металлургиялық Outokumpu компаниясы әзірлеген HSC Chemistry 6.0 бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды. Осы уақытқа дейін тәжірибелік немесе болжамды деректерге негізделген термодинамикалық талдаулар әртүрлі

термодинамикалық деректер арнайы оқулықтар мен ғылыми басылым беттерінде жарияланған мәліметтерді қолданумен ғана шектелген болатын. Осылайша талдауларда жүргізу мен есептеулер кезеңіндегі туындайтын қиындықтар, оған қоса стандартты жылусыйымдылық, энтальпия, энтропия мәндеріндегі сәйкессіздіктер осы талдау жұмыстарын жүргізу үдерісі күрделендірілген болатын. Жүйелі құрылым, жағымды интерфейс және қолдану ыңғайлығына ие HSC Chemistry бағдарламасы Гиббс энергиясын минимизациялау ұстанымына негізделген және есептеулерді жүзеге асыруда стандартты энтальпия ΔH , энтропия ΔS , жылу сыйымдылық C_p , Гиббс бос энергиясы ΔG мәндерінің деректері жинақталған 17 мыңнан астам химиялық қосылыстар бар. Термодинамикалық есептеулерді жүргізу мақсатында күрделі аралас NPK тыңайтқыштарын алудың белгіленген химиялық реакцияларын Reaction Equation модулі арқылы таңдалған температуралық интервалдардағы термодинамикалық мәндер алынды. Алынған мәндерді өңдей отырып белгілі бір реакцияның экзо- немесе эндотермиялық сипатқа ие болуын, термодинамикалық тұрғыдан реакцияның жүру ықтималдығы, реакциялардың тура немесе кері бағытта жүру сипаттамалары бағаланды. Есептеулер нәтижесінде 1, 5–8 реакциялар үшін энтропиялық фактордың әсері бар екендігі анықталды, барлық реакциялар Гиббс бос энергиясы ΔG бойынша теріс мәнге ие болатындығы және өз кезегінде олардың термодинамикалық тұрғыдан жүруі ықтимал екендігі белгіленді.

Түйін сөздер: минералды тыңайтқыш, термодинамика, энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы

© А.И. Кареева¹, А.А. Болысбек¹, И.А. Почиталкина², Е.Б. Райымбеков^{1*}, 2023

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

²Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
Москва, Россия.

E-mail: eplusr@bk.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ NPK УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ

Кареева А.И. — PhD-докторант, кафедра Химической технологии неорганических веществ. ЮКУ имени М.Ауэзова. 160012. Шымкент, Казахстан

E-mail: anar-kareeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9357-0437;

Болысбек А.Ә. — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, кафедра Химической технологии неорганических веществ. ЮКУ имени М. Ауэзова. 160012. Шымкент, Казахстан

E-mail: aidarali@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8708-2608;

Почиталкина И.А. — доктор технических наук, профессор, кафедра Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов. РХТУ имени Д.И. Менделеева. 125047. Москва, Российская Федерация

E-mail: ipochitalkina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1063-1856;

Райымбеков Е.Б. — PhD, кафедра Химической технологии неорганических веществ. ЮКУ имени М. Ауэзова. 160012. Шымкент, Казахстан

E-mail: eplusr@bk.ru. ORCID: 0000-0002-2119-2406.

Аннотация. В статье приведены результаты термодинамического анализа процесса получения сложно-смешанных NPK-удобрений на основе некондиционного фосфатного сырья. В качестве фосфатного сырья использовались фосфориты Чилисайского месторождения Актюбинского фосфоритного бассейна, расположенного в Западном регионе Республики Казахстан. Термодинамические анализы проводились с использованием программы HSC Chemistry 6.0, разработанной финской металлургической компанией Outokumpu. До сих пор термодинамический анализ, основанный на экспериментальных или прогнозных данных, ограничивался использованием различных термодинамических данных, опубликованных в специальных учебниках и на страницах научных публикаций. Таким образом, трудности, возникающие при анализе и расчетах, а также несоответствия стандартных значений теплоемкости, энтальпии и энтропии осложнили процесс проведения этих расчетных работ. Программа HSC Chemistry, имеющая систематизированную структуру, дружелюбный интерфейс и простоту использования, основана на принципе минимизации энергии Гиббса и включает более 17 тысяч химических соединений с данными стандартной энтальпии ΔH , энтропии ΔS , теплоемкости C_p , значения свободной энергии Гиббса ΔG при выполнении расчетов. Для проведения термодинамических расчетов были использованы термодинамические значения в выбранных температурных интервалах с использованием модуля Reaction Equation заданных химических реакций получения сложно-смешанных NPK-удобрений. Путем интерпретации полученных данных оценивали тот факт, что та или иная реакция имеет экзо- или эндотермический характер, вероятность реакции с термодинамической точки зрения, а также характеристики реакций в прямом или обратном направлении. В результате расчетов установлено влияние энтропийного фактора для реакций 1, 5–8, установлено, что все реакции имеют отрицательное значение по свободной энергии Гиббса ΔG и, в свою очередь, их протекание с термодинамической точки зрения являются более вероятными.

Ключевые слова: минеральное удобрение, термодинамика, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса

Кіріспе

Минералды тыңайтқыштарды қолдану барлық елдерде ауыл шаруашылығы саласының даму деңгейін көрсетеді. Минералды тыңайтқыштар - химия өнеркәсібінің маңызды өнімдерінің бірі. Соңғы онжылдықта минералды тыңайтқыштар өндірісінің қарқыны ұдайы өсімді көрсетуде (Dyuzheva, 2019), бұл өз кезегінде әлемдік экономиканың, оның ішінде агроөнеркәсіптік кешеннің нәтижелі көрсеткіштерінің ұлғаюына әсер етті.

Минералды тыңайтқыштар өсімдіктер үшін қоректік заттардың көзі болып табылады. Фосфор, азот және калий сияқты макроэлементтер әлемдегі барлық өндірілетін тыңайтқыштардың негізі болып табылады (Polvonov, 2021). Сонымен қатар, өсімдіктерге магний, күкірт, темір, кальций және т.б. сияқты микроэлементтер қажет. Оңтайлы қоректендіру болмаған кезде ауылшаруашылық

дақылдарының өнімділігі төмендейді, олар әртүрлі ауруларға ұшырайды, нәтижесінде осы жағдаяттың барлығы тұтастай бір мемлекеттің азық-түлік қауіпсіздігіне теріс әсер ететіндігі белгілі (Ohlan, 2022).

Топырақтың кез-келген түрлерінде қолдануға ыңғайлы минералды тыңайтқыштардың бірі ретінде құрамында азот-фосфор-калий бойынша теңдестірілген NPK тыңайтқыштарын айтуға болады. Оңтүстік-шығыс Азия елдерінде NPK тыңайтқыштарын қызанаққа қатысты жүргізілген зерттеулерде олардың ерекше сипаттамаларын анықтады: қолданғаннан кейін өсімдік тамырларының қарқынды өсуі, жасыл массаның және жемістеу деңгейінің едәуір ұлғаюы анықталды (Katyal, 2020). Сондай-ақ, жапон ғалымдарды осыған ұқсас зерттеу жұмыстарын картоп секілді мәдени дақылдарға жүргізген болатын (Toiyama, 2002). Зерттеу нәтижелеріне сәйкес қоректендіруге қолданылатын NPK тыңайтқыштарын қалыпты және белгілі ұсынылған тұтыну нәтижесінде алынатын өнім көлемінің артатындығы анықталған. Бірақ егіншілер бұл тыңайтқыштарды белгілі қалыпты деңгейден тыс қоректендіру жағдайларында топырақ қабатының жылдам тозуы, әрі қарай жарамсыздығына әкелетіндігін анықтаған. Дәл осындай зерттеулерді жүргізуге Пәкістан ғалымдары кірісіп, нәтижесінде азот-фосфор-калий бойынша теңдестірілген минералды тыңайтқыштарды қандай да бір дақылдарға қолдануда олардың белгіленген мөлшерін ұстануды қажет екендігін айқындаған (Zafar, 2020). Зерттеулер *Sinapis Alba* тұқымдас мәдени дақылдың өнімділігін арттыру мақсатында қолданылатын NPK тыңайтқыштарының қоректік элементтері бойынша әртүрлі мөлшерде теңдестірілген оңтайландыру бойынша жүргізілді. Нәтижесінде ғалымдармен NPK қоректік элементтерінің алдын-ала бақыланатын мөлшерін қолдану аталған дақыл өнімділігін арттырудың перспективалы әдісі екені белгіленді.

Апатиттер немесе фосфориттік кен орындары тыңайтқыштардың осы түрлері үшін шикізат материалдарының негізгі көзі болып табылады (Rakovan, 2021; Sanz, 2022). Макроэлементтердің құрамы бойынша теңдестірілген күрделі аралас тыңайтқыштарды алу үрдісі фосфат шикізатын бейорганикалық қышқылдармен өңдеуге негізделген. Қышқылдар ретінде күкірт, азот, тұз және ортофосфор қышқылы қолданылуы мүмкін (Myrzakhmetova, 2012; Shaimerdenova, 2021). Сондай-ақ, фосфор бестотығы, жалпы азот және калий оксиді түріндегі қоректік заттармен теңдестіруде осы қышқылдардың аралас түрлері қолданылған әзірлемелер бар (Zokirov, 2020).

Егер фосфориттер NPK тыңайтқыштарының құрамындағы фосфорлы құрамдас үшін шикізат болып саналса, онда азот қышқылы (қышқылды өңдеу) азот бөлігі ретінде қызмет етеді, сондай-ақ, аммиак түріндегі қоспалар, аммонийдің әртүрлі тұздары, карбамид те азотты бөлікті толықтыру үшін пайдаланылады (Tsadilas, 2022). Калийлі құрамдас ретінде әдетте калий хлориді ретінде қолданылады (Bährle-Rapp, 2007). Бірақ калий карбонаты қолданылған зерттеулер де жетерлік (Sugden, 2020).

Бүгінгі таңда NPK-тыңайтқыштарды өндіру саласындағы белгілі әзірлемелер негізінен технологиялық циклде сынақтан өтпеген және өндірістік жағдайларда

қолданылмайтын, тек зертханалық зерттеулер түрінде ұсынылған. Бұл жағдайдың басты себебі — экономикалық рентабельділік пен алынатын тыңайтқыштардың құрамындағы қоректік заттардың төмен деңгейі. Осыған байланысты, макро-элементтер түрінде жеткілікті жоғары қоректік заттармен қамтамасыз етілген НРК тыңайтқыштарын алу үрдістерін зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты — шартқа сәйкессіз фосфат шикізатын қышқыл қоспаларымен өңдеу арқылы құрамында азот-фосфор-калиймен толық қамтамасыз етілген НРК тыңайтқыштарын алу үрдістерінің белгіленген химизмін термодинамикалық тұрғыдан зерттеу.

Әдістер мен материалдар

Зерттеулерді жүргізуде ұнтақталған, P_2O_5 мөлшері бойынша шартқа сәйкессіз фосфат шикізаты — Шилісай фосфориттері (Ақтөбе фосфориттік бассейні) қолданылды. 15–45 минут бойы қарқынды және мұқият араластыру кезінде есептелген фосфорит мөлшері және ТУ 2131-001-89828654-2014 талаптарына сапасы бойынша сәйкес келетін K_2CO_3 қосумен концентрацияланған азот және фосфор қышқылының қоспасымен өңделді. Алынған тыңайтқыш үлгілері белгілі әдістемелер негізінде P_2O_5 (жалпы, сіңірімді және суда ерімтал формалары), жалпы азот және калий оксидінің мөлшеріне талданды.

Үрдістің белгіленген химизмінің термодинамикалық талдаулары Outokompu финляндиялық компаниясының HSC 6.0 бағдарламалық қамтамасыз етуі қолданылды. Аталған бағдарлама құрылымында Reaction Equation модулі бар және оның көмегімен жеке заттың термодинамикалық функцияларын (энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы, жылу сыйымдылығы) немесе химиялық реакция кезінде осы термодинамикалық функциялардың өзгеруін есептеуге мүмкіндік береді. Қандай да бір химиялық қосылысты немесе реакцияны сипаттайтын термодинамикалық функцияларды есептеу үшін таңдалған температуралық аймақта мәліметтер базасында сақталған ΔH_{298} энтальпиясының стандартты мәндері, ΔS_{298} энтропиясы және жылу сыйымдылығының мәндері қолданылады (Borklund, 2012). Белгілі бір температурадағы ΔH мәндері келесі өрнекке сай (1) есептелінеді:

$$\Delta H_T = H_{298} + \int_{298}^T C_p \cdot \Delta T + \sum H_{\Phi}, \quad (1)$$

мұндағы: H_{298} — таңдалған қосылыстың қалыпты жағдайдағы энтальпия мәні;
 C_p — мольдік жылусыйымдылық;

$\frac{\sum H_{\Phi}}{T}$ — фазалық өзгерістердің энтальпиясы.

Энтропия мәнін есептеу төменде көрсетілген формула (2) арқылы орындалады:

$$\Delta S_T = S_{298} + \int_{298}^T \frac{C_p}{T} \cdot \Delta T + \frac{\sum H_{\Phi}}{T}, \quad (2)$$

мұндағы: S_{298} — таңдалған қосылыстың қалыпты жағдайдағы энтропия мәні;

C_p — мольдік жылу сыйымдылық;

$\frac{\sum H_{\Phi}}{T}$ — фазалық өзгерістердің энтропиясы.

Кейіннен таңдалған қосылыс үшін Гиббстің бос энергиясының мәні келесідей есептелінеді (3):

$$\Delta G_T = \Delta H_T - T \cdot \Delta S_T, \quad (3)$$

Химиялық реакция кезінде термодинамикалық функциялардың өзгеруін есептеу өзекті және жиі кездесетін мәселе болып табылады, оны шешу бірқатар маңызды сұрақтарға жауап беруге мүмкіндік береді. Гиббс энергиясының өзгеру белгісі арқылы реакцияның белгілі бір бағытта өздігінен жүру мүмкіндігін бағалауға болады. Энтальпияның өзгеру шамасы реакцияның жылу әсеріне тең және белгіге қарама — қарсы, бұл реакцияның экзо- немесе эндотермиялық екенін, энергияны бөлетіндігін немесе оны сыртқы ортадан керісінше сіңіретінін білдіреді. Төпе-теңдік константасының мәні болса реакция жүретін жүйенің берілген бастапқы құрамымен төпе-теңдік құрамын анықтайды (Leal, 1999).

Гетерогенді реакциялар үшін аталған Reaction Equation модулі энтальпия ΔH , энтропия ΔS және Гиббс бос энергиясының ΔG мәндерінің өзгеруін келесі өрнектерге (4-6) сәйкес есептейді:

$$\Delta H_T = \sum s_i H_i (\text{әнім}) - \sum s_i H_i (\text{реагент}), \quad (4)$$

$$\Delta S_T = \sum s_i S_i (\text{әнім}) - \sum s_i S_i (\text{реагент}), \quad (5)$$

$$\Delta G_T = \sum s_i G_i (\text{әнім}) - \sum s_i G_i (\text{реагент}), \quad (6)$$

мұндағы: s_i — стехиометриялық коэффициенттер.

Белгілі бір гетерогенді реакция үшін төпе-теңдік константасының мәні (K) Гиббс бос энергиясының ΔG мәнімен тығыз байланысты, және де (7) формула бойынша есептелінеді:

$$\ln K = -\frac{\Delta G_T}{RT}, \quad (7)$$

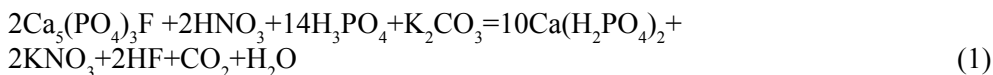
мұндағы: R — универсалды газ тұрақтысы;

T — температура.

Бағдарламаның мәліметтер базасында 17 мыңнан астам бейорганикалық және органикалық қосылыстардың стандартты энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясының мәндері жинақталған. Осы деректер қорын қолдану арқылы белгілі реакция үшін таңдалған температуралық интервалдағы термодинамикалық талдауларды жүргізуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Шартқа сәйкессіз фосфат шикізатын азот және фосфор қышқылдарының қоспаларымен өңдеу келесі реакция (1) бойынша жүзеге асады:



Реакция бойынша концентрацияланған қышқылдар мен калий карбонатының фосфорит ұнымен қоспасы сұйық фазада жеткілікті мөлшерде бос фосфор қышқылы мен калий нитраты бар монокальций фосфаты (МКФ) түзіледі. Реакция (2) бойынша бөлінетін $\text{HF}_{(r)}$ фторсутек газы SiO_2 байланыстыруға жұмсалады:

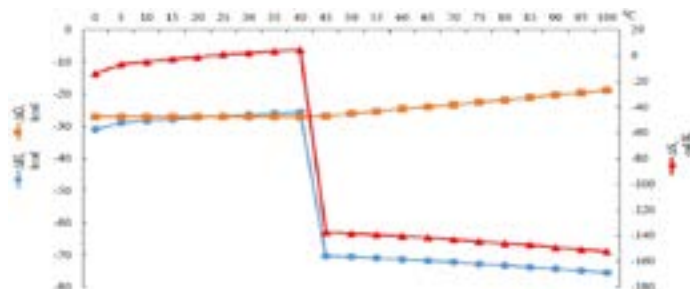


Фосфат шикізатының құрамындағы басқа да қосылыстар азот және фосфор қышқылдарымен реакцияға түсе отырып (3-8), келесідей қосылыстарды түзеді:



Сұйық және қатты фазаларды араластыру нәтижесінде реакциялық масса пайда болады және ол әрімен қарай сүзу сатысына жөнелтіледі. Осы орайда сұйық фаза ретінде монокальций фосфат ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) түріндегі қосылыс түзіледі, оған қоса оның құрамында алюминий, темір және калий қосылыстары да кездеседі. Ал қатты фазаға реакция нәтижесінде ерімейтін тұздар түріндегі қосылыстар өтеді.

Шартқа сәйкессіз фосфат шикізат азот-фосфорқышқылды өңдеу үрдісі үшін көрсетілген химиялық реакциялардың термодинамикалық талдау төмендегі суреттер мен кестелерде көрсетілген.



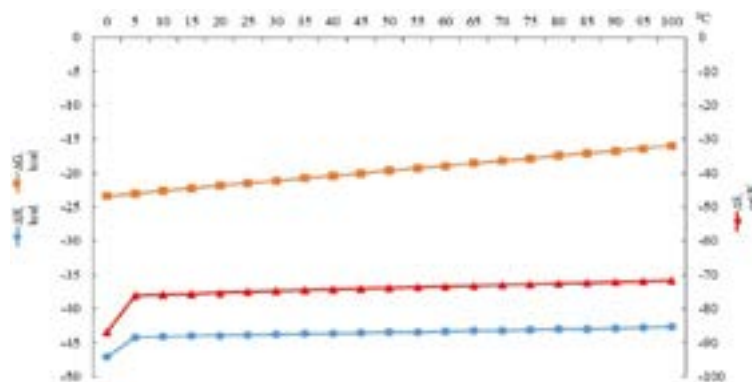
Сур. 1. 1-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі (Fig. 1. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 1)

Кесте 1. 1-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-30,929	-14,018	-27,100	4,837E+021	21,685
5	-28,886	-6,558	-27,061	1,839E+021	21,265
10	-28,311	-4,509	-27,034	7,377E+020	20,868
15	-27,768	-2,609	-27,016	3,107E+020	20,492
20	-27,257	-0,852	-27,008	1,369E+020	20,136
25	-26,778	0,769	-27,007	6,289E+019	19,799
30	-26,330	2,260	-27,015	3,003E+019	19,478
35	-25,913	3,625	-27,030	1,486E+019	19,172
40	-25,526	4,870	-27,051	7,599E+018	18,881
45	-70,315	-137,094	-26,699	2,198E+018	18,342
50	-70,644	-138,120	-26,011	3,917E+017	17,593
55	-71,004	-139,223	-25,318	7,296E+016	16,863
60	-71,393	-140,400	-24,619	2,863E+015	16,151
65	-71,812	-141,650	-23,913	2,863E+015	15,457
70	-72,262	-142,969	-23,202	6,003E+014	14,778
75	-72,741	-144,354	-22,484	1,304E+014	14,115
80	-73,249	-145,803	-21,758	2,927E+013	13,466
85	-73,786	-147,315	-21,026	6,780E+012	12,831
90	-74,353	-148,885	-20,285	1,618E+012	12,209
95	-74,948	-150,514	-19,537	3,969E+011	11,599
100	-75,572	-152,197	-18,780	1,000E+011	11,000

1-сурет және 1-кестедегі көрсетілген деректерде (1) реакция бойынша жалпы NPK тыңайтқышын алу үрдісін сипаттайтын термодинамикалық мәндер берілген. Энтальпия ΔH мәндері (4) бойынша есептелінген, және мұнда үрдістің температурасын арттырған сайын теріс мәндегі бұл көрсеткіштің артуы байқалады. Бұл өз кезегінде реакцияның экзотермиялық сипатқа ие екендігін білдіреді, яғни реакция жылуды бөле жүреді. Сондай-ақ энтропия ΔS мәндерінде 0-20°C аралығында теріс мәндерден 25-40°C аралығында оң мәнге ие болады, кейіннен 45°C бастап қайтадан теріс мәнге ауысады. Мұндай ауыспалы жағдай энтропиялық факторлармен түсіндіріледі (Klotz, 2007). Осы анықталған екі мәннің негізінде есептелінген Гиббс бос энергиясы бұл реакция үшін теріс мәнді иемеденеді, демек бұл реакцияның термодинамикалық тұрғыдан жүретіндігін білдіреді. Алайда температура ұлғайған сайын ΔG бәсеңдейтінін байқауға болады. Сондықтан, жалпы реакцияның жүру ықтималдығын жоғары деңгейде сақтау үшін температураны арттырудың қажеті жоқ.

Жоғарыда аталған деректер жалпы үрдісті сипаттайтын реакция болса 2–8 реакциялары фосфат шикізатының құрамындағы қосылыстардың азот-фосфорлы қышқылды өңдеуге ұшырауын сипаттайды. 2-сурет және 2-кестеде NPK тыңайтқышын алудағы 2-реакцияның термодинамикалық талдаулары келтірілген.



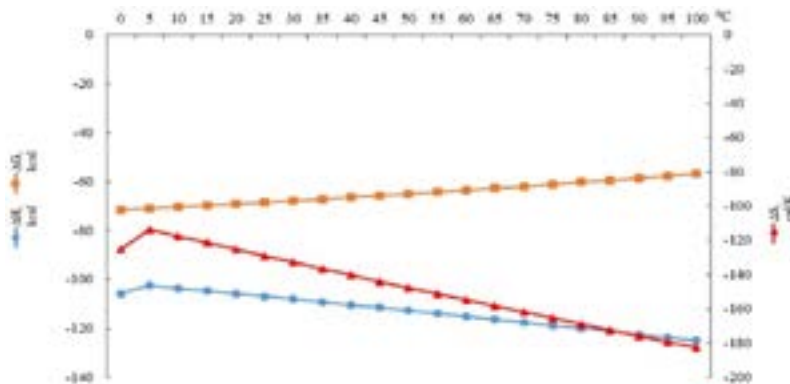
Сур.2. 2-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі
(Fig.2. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 2)

Кесте 2. 2-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-47,077	-86,819	-23,362	4,943E+018	18,694
5	-44,131	-76,035	-22,981	1,145E+018	18,059
10	-44,055	-75,767	-22,602	2,798E+017	17,447
15	-43,980	-75,504	-22,224	7,198E+016	16,857
20	-43,905	-75,245	-21,847	1,944E+016	16,289
25	-43,830	-74,990	-21,471	5,498E+015	15,740
30	-43,754	-74,740	-21,097	1,625E+015	15,211
35	-43,679	-74,493	-20,724	5,004E+014	14,699
40	-43,603	-74,250	-20,352	1,603E+014	14,205
45	-43,528	-74,010	-19,981	5,336E+013	13,727
50	-43,452	-73,774	-19,612	1,840E+013	13,265
55	-43,376	-73,542	-19,244	6,569E+012	12,817
60	-43,301	-73,312	-18,877	2,422E+012	12,384
65	-43,225	-73,086	-18,511	9,217E+011	11,965
70	-43,148	-72,862	-18,146	3,613E+011	11,558
75	-43,072	-72,642	-17,782	1,457E+011	11,163
80	-42,996	-72,424	-17,419	6,039E+010	10,781
85	-42,919	-72,208	-17,058	2,569E+010	10,410
90	-42,842	-71,995	-16,697	1,121E+010	10,049
95	-42,765	-71,785	-16,338	5,007E+009	9,700
100	-42,688	-71,576	-15,979	2,289E+009	9,360

Бұл реакция бойынша фосфат шикізатын қышқыл қоспаларын өндеуден түзілетін газтәрізді фторсутектің сол фосфориттің құрамындағы кремний оксидін байлауға жұмсалады. Себебі, фторапатитті қышқылдық өндеу кезінде түзілетін фторсутек газы мен кремний диоксиді реакцияға жеңіл түседі (Deinert, 2022). Дәлел ретінде осы келтірілген термодинамикалық талдау нәтижелерін айтуға болады. Реакцияның жүру ықтималдығын білдіретін Гиббс бос энергиясы теріс

мәндерге ие, дегенмен мұнда да температураны ұлғайтқан сайын оның бәсеңдеуі көрсетілген. Сондай-ақ, ΔH энтальпия да теріс мәндерді алып жатыр, яғни бұл реакция да экзотермиялық сипатқа ие.



Сур. 3. 3-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі (Fig.3. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 3)

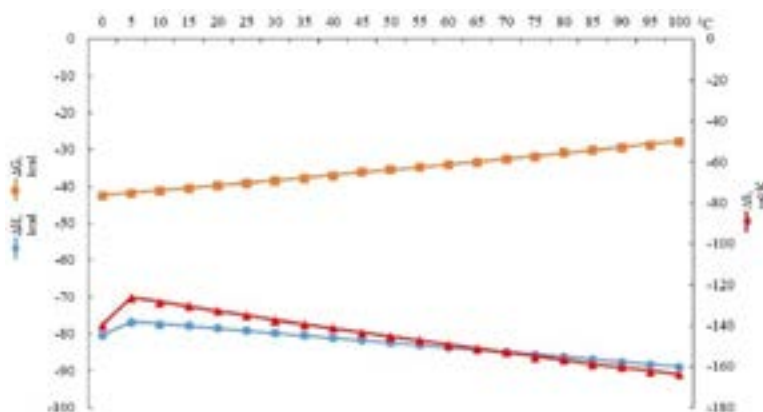
Кесте 3. 3-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-105,635	-125,308	-71,407	1,374E+057	57,138
5	-102,422	-113,510	-70,849	4,707E+055	55,673
10	-103,525	-117,440	-70,272	1,754E+054	54,244
15	-104,636	-121,331	-69,675	7,078E+052	52,850
20	-105,756	-125,184	-69,059	3,083E+051	51,489
25	-106,885	-129,002	-68,423	1,444E+050	50,160
30	-108,022	-132,784	-67,769	7,253E+048	48,861
35	-109,168	-136,534	-67,095	3,892E+047	47,590
40	-110,323	-140,251	-66,403	2,225E+046	46,347
45	-111,486	-143,936	-65,693	1,351E+045	45,131
50	-112,658	-147,591	-64,964	8,701E+043	43,940
55	-113,839	-151,217	-64,217	5,922E+042	42,772
60	-115,028	-154,814	-63,452	4,252E+041	41,629
65	-116,226	-158,382	-62,669	3,213E+040	40,507
70	-117,432	-161,924	-61,868	2,551E+039	39,407
75	-118,647	-165,439	-61,050	2,123E+038	38,327
80	-119,871	-168,928	-60,214	1,849E+037	37,267
85	-121,103	-172,392	-59,361	1,682E+036	36,226
90	-122,343	-175,831	-58,490	1,597E+035	35,203
95	-123,592	-179,246	-57,602	1,578E+034	34,198
100	-124,849	-182,638	-56,698	1,621E+033	33,210

3-сурет және 3-кестеде фосфат шикізатының құрамындағы алюминий оксиді және азот қышқылы арасындағы реакцияның термодинамикалық талдау нәтижелері берілген. Реакцияға сәйкес өнім ретінде суда ерімтал алюминий

нитраты түріндегі тұз түзіледі. Мұнда энтальпия теріс мәнді алып жатыр, демек реакция экзотермиялық болып табылады. Гиббс бос энергиясы да теріс мәндерге ие және аталған реакция термодинамикалық тұрғыдан жүруі ықтимал. Дегенмен мұнда да температураны ұлғайту осы мәндерде біршама төмендеуін көрсетуде.

4-реакция бойынша темір оксиді мен азот қышқылының әрекеттесуінен суда ерімтал темір (III) нитраты түзіледі. Осы реакцияның термодинамикалық мәндері 4-сурет және 4-кестеде көрсетілген.



Сур.4. 4-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі (Fig.4. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 4)

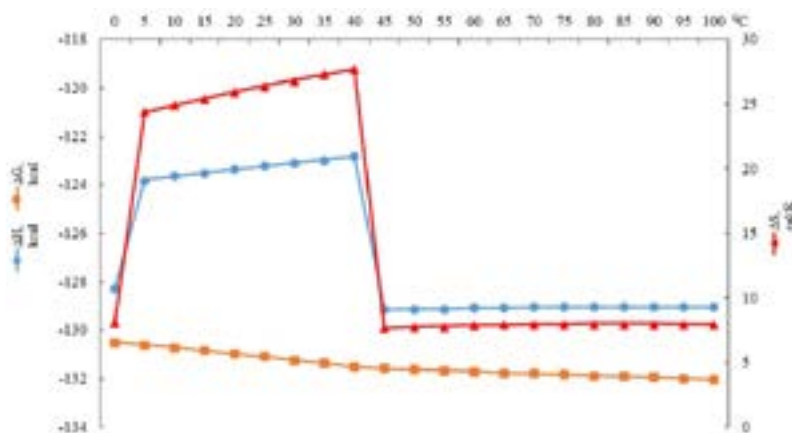
Кесте 4. 4-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-80,260	-139,455	-42,168	5,514E+033	33,741
5	-76,594	-126,014	-41,543	4,410E+032	32,644
10	-77,236	-128,301	-40,908	3,777E+031	31,577
15	-77,878	-130,550	-40,260	3,454E+030	30,538
20	-78,521	-132,760	-39,602	3,363E+029	29,527
25	-79,163	-134,934	-38,933	3,475E+028	28,541
30	-79,806	-137,072	-38,253	3,801E+027	27,580
35	-80,449	-139,176	-37,562	4,390E+026	26,642
40	-81,092	-141,246	-36,861	5,343E+025	25,728
45	-81,736	-143,284	-36,150	6,835E+024	24,835
50	-82,379	-145,290	-35,428	9,174E+023	23,963
55	-83,022	-147,265	-34,697	1,289E+023	23,110
60	-83,665	-149,211	-33,956	1,893E+022	22,277
65	-84,308	-151,126	-33,205	2,900E+021	21,462
70	-84,951	-153,014	-32,444	4,628E+020	20,665
75	-85,594	-154,873	-31,675	7,680E+019	19,885
80	-86,236	-156,705	-30,896	1,323E+019	19,122
85	-86,878	-158,510	-30,108	2,365E+018	18,374
90	-87,520	-160,289	-29,311	4,377E+017	17,641

95	-88,161	-162,043	-28,505	8,378E+016	16,923
100	-88,801	-163,771	-27,690	1,657E+016	16,219

Фосфат шикізаты құрамындағы темір және алюминий көбінесе жартылай оксидтер түрінде кездеседі. Бұл фосфориттің күрделі минералогиялық құрылымымен түсіндіріледі. Көрсетілген деректерден аталған реакцияның термодинамикалық жүретіндігін байқауға болады, себебі ΔG теріс мәндерде. Темір (III) нитраты да жоғарыда аталған алюминий (III) нитраты секілді суда ерімтал болғандықтан, монокальцийфосфатпен ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) қоса сұйық фазаға өтіп, әрі қарай буландыру сатысынан NPK тыңайтқыштарын алуға жіберіледі.

Төменде берілген деректерде 5–8 реакцияның термодинамикалық талдау нәтижелері көрсетілген.



Сур. 5. 5-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі
(Fig. 5. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 5)

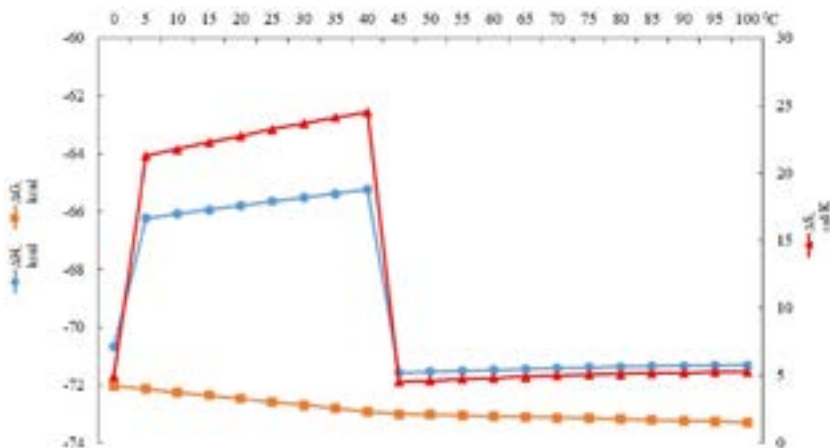
Кесте 5. 5-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	$\text{Log}(K)$
0	-128,256	8,081	-130,464	2,477E+104	104,394
5	-123,795	24,407	-130,584	4,093E+102	102,612
10	-123,645	24,943	-130,708	7,859E+100	100,895
15	-123,498	25,457	-130,834	1,739E+099	99,240
20	-123,355	25,950	-130,962	4,399E+097	97,643
25	-123,215	26,422	-131,093	1,264E+096	96,102
30	-123,080	26,873	-131,226	4,101E+094	94,613
35	-122,948	27,305	-131,362	1,492E+093	93,174
40	-122,820	27,717	-131,499	6,055E+091	91,782
45	-129,145	7,670	-131,585	2,502E+090	90,398
50	-129,118	7,755	-131,623	1,061E+089	89,026
55	-129,094	7,827	-131,662	4,957E+087	87,695
60	-129,074	7,887	-131,702	2,540E+086	86,405

65	-129,058	7,935	-131,741	1,422E+085	85,153
70	-129,045	7,973	-131,781	8,657E+083	83,937
75	-129,036	8,000	-131,821	5,714E+082	82,757
80	-129,030	8,017	-131,861	4,074E+081	81,610
85	-129,027	8,024	-131,901	3,127E+080	80,495
90	-129,028	8,022	-131,941	2,577E+079	79,411
95	-129,032	8,012	-131,981	2,272E+078	78,356
100	-129,038	7,994	-132,021	2,137E+077	77,330

5-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділік графигінде 40⁰С температурада үлкен сыну бар екендігі көрсетілген. Бұл жағдай фосфор қышқылының қатысы бар барлық реакциялар үшін тән және энтропиялық факторлармен түсіндіріледі. Энтальпия ΔH бойынша реакция экзотермиялық болғаныменен, ΔS энтропия оң мәндерге ие. Энтропиялық фактор — бөлшектердің бөлінуге, бұзылуға ұмтылысын көрсетеді, бұл энтропияның жоғарылауына әкеледі. Яғни, энтальпия мәндерінің жоғарылау мен энтропия мәндерінің ауыспалылығы берілген температуралық интервалдарда реакцияның өздігінінен жүруіне кедергі жасауы мүмкін. Дегенмен, ΔG барлық температура үшін теріс мәндерде және температураны арттырғай сайын біршама артады. Бұл өз кезегінде реакцияның іс жүзінде жүретіндігін көрсетеді.

Осындай жағдай 6-реакция үшін де тән. Аталған реакциның термодинамикалық талдау нәтижелері 6-сурет және 6-кестеде көрсетілген.



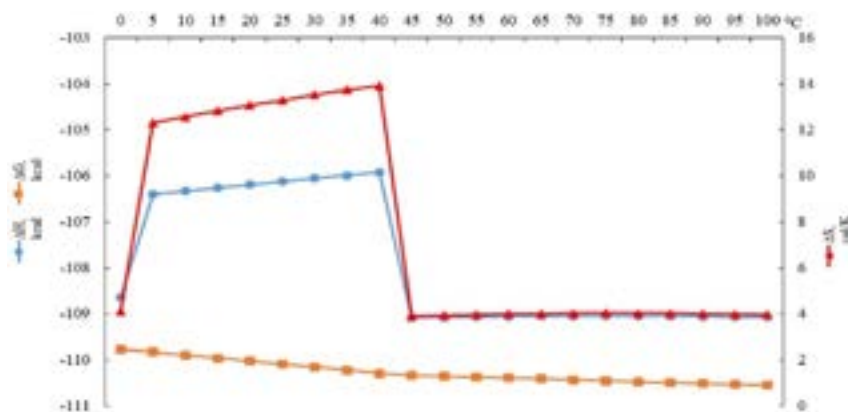
Сур.6. 6-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі (Fig.6. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 6)

Кесте 6. 6-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, ⁰ С	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-70,674	4,960	-72,029	4,327E+057	57,636
5	-66,221	21,261	-72,134	4,815E+056	56,683

10	-66,076	21,777	-72,242	5,817E+055	55,765
15	-65,933	22,277	-72,352	7,597E+054	54,881
20	-65,792	22,762	-72,465	1,068E+054	54,029
25	-65,653	23,232	-72,580	1,610E+053	53,207
30	-65,516	23,687	-72,697	2,593E+052	52,414
35	-65,382	24,128	-72,817	4,447E+051	51,648
40	-65,249	24,555	-72,938	8,098E+050	50,908
45	-71,568	4,526	-73,008	1,433E+050	50,156
50	-71,533	4,634	-73,031	2,487E+049	49,396
55	-71,501	4,734	-73,054	4,556E+048	48,659
60	-71,470	4,826	-73,078	8,789E+047	47,944
65	-71,442	4,909	-73,102	1,781E+047	47,251
70	-71,417	4,984	-73,127	3,785E+046	46,578
75	-71,393	5,052	-73,152	8,411E+045	45,925
80	-71,372	5,113	-73,178	1,952E+045	45,290
85	-71,353	5,166	-73,203	4,718E+044	44,674
90	-71,336	5,213	-73,229	1,187E+044	44,074
95	-71,322	5,253	-73,256	3,099E+043	43,491
100	-71,309	5,287	-73,282	8,393E+042	42,924

6-реакция бойынша магний оксиді мен фосфор қышқылының әрекеттесуінен қатты фазаға өтетін, суда ерімейтін магний фосфаты тұздары түзіледі. Мұнда да ΔH мәндері 0–40°C аралығында бәсеңдеп, кейіннен 45°C бастап қайтадан ұлғаю сипатына ие. Оң мәндегі энтропия да ΔS ұқсас сипатқа ие болатындығын графиктен байқауға болады. Ал, Гиббс бос энергиясы -72,029 kcal-дан температураны ұлғайтқан сайын максималды -73,282 kcal дейін артады. Яғни, іс жүзінде магний оксиді мен фосфор қышқылының әрекеттесу реакциясы жүреді.

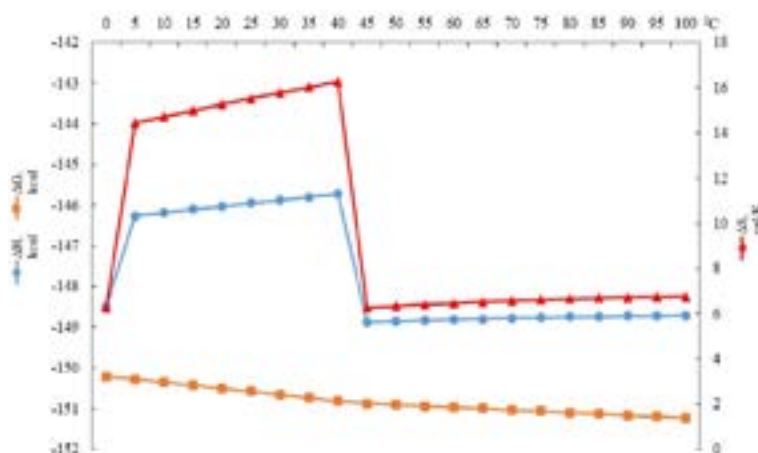


Сур. 7. 7-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі
(Fig. 7. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 7)

Кесте 7. 7-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-108,638	4,134	-109,767	6,809E+087	87,833
5	-106,407	12,300	-109,828	2,004E+086	86,302
10	-106,331	12,569	-109,890	6,699E+084	84,826
15	-106,258	12,826	-109,954	2,525E+083	83,402
20	-106,187	13,071	-110,019	1,067E+082	82,028
25	-106,118	13,304	-110,084	5,021E+080	80,701
30	-106,051	13,527	-110,152	2,619E+079	79,418
35	-105,986	13,739	-110,220	1,506E+078	78,178
40	-105,923	13,941	-110,289	9,503E+076	76,978
45	-109,087	3,912	-110,332	6,276E+075	75,798
50	-109,076	3,949	-110,352	4,347E+074	74,638
55	-109,066	3,979	-110,371	3,267E+073	73,514
60	-109,058	4,002	-110,391	2,654E+072	72,424
65	-109,053	4,019	-110,411	2,323E+071	71,366
70	-109,049	4,029	-110,432	2,182E+070	70,339
75	-109,047	4,034	-110,452	2,195E+069	69,341
80	-109,048	4,033	-110,472	2,356E+068	68,372
85	-109,050	4,026	-110,492	2,691E+067	67,430
90	-109,054	4,015	-110,512	3,263E+066	66,514
95	-109,060	3,998	-110,532	4,189E+065	65,622
100	-109,068	3,977	-110,552	5,683E+064	64,755

7–8 реакциялар бойынша натрий / калий оксидтерінің фосфор қышқылымен әрекеттесуі орын алады. Реакция нәтижесінде суда ерімтал натрий/калий фосфаты тұздары түзіледі. Осы реакциялардың термодинамикалық талдау нәтижелері 7–8 суреттер және 7–8 кестелерде берілген.



Сур.8. 8-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндердің температураға тәуелділігі (Fig.8. Dependence of thermodynamic values on temperature obtained by reaction 8)

Кесте 8. 8-реакция бойынша алынған термодинамикалық мәндер

Температура, °C	ΔH , kcal	ΔS , cal/K	ΔG , kcal	K	Log (K)
0	-148,496	6,261	-150,207	1,555E+120	120,192
5	-146,261	14,441	-150,278	1,223E+118	118,087
10	-146,181	14,727	-150,351	1,144E+116	116,058
15	-146,102	15,004	-150,425	1,261E+114	114,101
20	-146,024	15,273	-150,501	1,626E+112	112,211
25	-145,947	15,532	-150,578	2,431E+110	110,386
30	-145,872	15,783	-150,656	4,185E+108	108,622
35	-145,798	16,025	-150,736	8,234E+106	106,916
40	-145,725	16,259	-150,817	1,840E+105	105,265
45	-148,879	6,263	-150,871	4,448E+103	103,648
50	-148,856	6,335	-150,903	1,163E+102	102,066
55	-148,834	6,401	-150,935	3,402E+100	100,532
60	-148,814	6,461	-150,967	1,107E+099	99,044
65	-148,796	6,516	-150,999	3,986E+097	97,601
70	-148,779	6,566	-151,032	1,582E+096	96,199
75	-148,764	6,610	-151,065	6,892E+094	94,838
80	-148,750	6,649	-151,098	3,282E+093	93,516
85	-148,738	6,683	-151,131	1,702E+092	92,231
90	-148,727	6,713	-151,165	9,576E+090	90,981
95	-148,718	6,738	-151,199	5,828E+089	89,765
100	-148,711	6,758	-151,232	3,823E+088	88,582

Алынған термодинамикалық мәндерге сай энтальпия ΔH келтірілген мәндері бойынша екі реакцияда экзотермиялық болып табылады: 7-реакция үшін -108,638 kcal тең болса, 8-реакцияда -148,496 kcal құрайды. Дәл 5–6 реакциялардағы энтропиялық фактор мұнда да кездеседі. 5-40°C температуралық интервал аралығында ұлғаю сипатына ие болып, кейіннен қайта бәсеңдейді. Гиббс бос энергиясының мәндері екі реакция үшін де теріс мәндерге ие, яғни 7–8 реакциялардың термодинамикалық тұрғыдан жүру ықтималдығы жоғары: натрий фосфатының түзілуі реакциясы үшін $\Delta G = -109,767$ kcal құраса, калий фосфатының реакциясында $\Delta G = -150,207$ kcal тең.

Қорытынды

Алғашқы рет шартқа сәйкессіз Шилісай фосфат шикізатын азот-фосфор қышқылды қоспамен өңдеу арқылы күрделі аралас НРК тыңайтқыштарын алу үрдісінің белгіленген химизмі негізінде термодинамикалық талдау нәтижелері алынды. Осы нәтижелерге сәйкес негізгі фосфат шикізаты мен оның қоспаларының азот-фосфор қышқылды қоспамен әрекеттесу реакцияларының термодинамикалық тұрғыдан жүру ықтималдығы бағаланды. Негізгі реакция теңдеуі мен қоспа қосылыстардың әрекеттесулерінің реакция теңдеулерінің энтальпия, энтропия және Гиббс бос энергиясының мәндерін есептеуге мүмкіндік берді. Жүргізілген талдаулардың нәтижесінде фосфат шикізатын азот-фосфор қышқылды қоспасымен өңдеу үрдісі термодинамикалық тұрғыдан ықтимал екендігі анықталды. НРК

құрамдас тыңайтқыш алудың негізгі реакциясындағы термодинамикалық мәндер — Гиббс бос энергиясы және энтальпия теріс мәнге ие. Соңғысы осы реакцияның экзотермиялық түрі екендігін айқындайды. Яғни, күшті минералды қышқылдардың әсерінен сыртқы ортаға жылу бөле жүретін реакцияларды сипаттайды. Сондай-ақ, осы үрдістің орын алуына фосфат шикізаты құрамындағы фторсутектің оның құрамындағы кремний қосылыстарымен әрекеттесуі де ықпал етуі мүмкін. Фосфат шикізаты құрамындағы басқа да қосылыстардың теориялық және іс жүзінде жүру ықтималдығы термодинамикалық талдаулардың нәтижелерімен сәйкес келеді. Алынған талдау деректері қолданбалық маңызға ие және күрделі аралас NPK тыңайтқыштарын өндіру саласында қолданысқа ұсынылады.

REFERENCES

- M. Bährle-Rapp, 2007 — *M. Bährle-Rapp*. Potassium Chloride – Berlin: Springer. 2007. -ISBN 978-3-540-71094-3. https://doi.org/10.1007/978-3-540-71095-0_8276.
- P. Borklund, 2012 — *P. Borklund*. Outokumpu HSC Chemistry for Windows /. - Pori, Finland: Outokumpu. 2012. – ISBN 978-952-9507-12-2.
- L. Deinert, 2022 — *L. Deinert*. Recycling-derived Phosphorus Fertilizers as a Sustainable Alternative to Triple Superphosphate Fertilizers // Access Microbiology. <https://doi.org/10.1099/acmi.ac2021.po0103>.
- N.V. Dyuzheva, A.A. Tinkova, 2019 — *N.V. Dyuzheva, A.A. Tinkova*. Mineral fertilizer market consumption trends // RUDN Journal of Economics. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-4-722-731>.
- J.C. Katyal, M.N. Reddy, 2020 — *J.C. Katyal, M.N. Reddy*. Fertilizer Use in South Asia // Agricultural Science.
- I.M. Klotz, R.M. Rosenberg, 2007 — *I.M. Klotz, R.M. Rosenberg*. Chemical Thermodynamics: Basic Concepts and Methods /. – 7th ed. - New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc. 2020. – ISBN 9780471780151. <https://doi.org/10.1002/9780470285237>.
- J.P. Leal, 1999 — *J.P. Leal*. A análise do Programa “HSC Chemistry” // Quimica. <https://dx.doi.org/10.52590/M3.P599.A3000899>.
- B. Myrzakhmetova, U. Besterekov, I. Petropavlovsky, 2012 — *B. Myrzakhmetova, U. Besterekov, I. Petropavlovsky*. Optimization of Decomposition Process of Karatau Phosphorites // Eurasian Chemico-Technological Journal. <http://dx.doi.org/10.18321/ectj113>.
- R. Ohlan, A. Ohlan, 2022 — *R. Ohlan, A. Ohlan*. Scholarly Research in Food Security: A Bibliometric Analysis of Global Food Security // Science & Technology Libraries. <http://dx.doi.org/10.1080/0194262X.2022.2029728>.
- K.M. Polvonov, 2021 — *K.M. Polvonov*. Mineral fertilizers // American Journal of Applied Sciences. <http://dx.doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue04-30>.
- J. Rakovan, J.A. Scovil, 2021 — *J. Rakovan, J.A. Scovil*. Apatite and the Apatite Supergroup // Rocks & Minerals. <http://dx.doi.org/10.1080/00357529.2021.1827906>.
- J. Sanz, O. Tomasa, N. Sidki-Rius, N. Sidki-Rius, 2022 — *J. Sanz, O. Tomasa, N. Sidki-Rius, N. Sidki-Rius*. Phosphorite. In: Elements and Mineral Resources. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment /. - Cham: Springer. 2022. – ISBN 978-3-030-85888-9. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85888-9_93.
- G.S. Shaimerdenova, K.T. Zhantasov, O.B. Dormeshkin, A.A. Kadirbayeva, A.B. Seitkhanova, 2021 — *G.S. Shaimerdenova, K.T. Zhantasov, O.B. Dormeshkin, A.A. Kadirbayeva, A.B. Seitkhanova*. Kinetics and Mechanism of Decomposition of Low-Quality Phosphorites of the Zhanatas Deposit // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. <http://dx.doi.org/10.32014/2021.2518-1483.125>.
- A.M. Sugden, 2020 — *A.M. Sugden*. A decline in the carbon fertilization effect//Science. <http://dx.doi.org/10.1126/science.370.6522.1286-e>.

K. Toriyama, 2002 — *K. Toriyama*. Estimation of fertilizer nitrogen requirement for average rice yield in Japanese paddy fields // *Soil Science and Plant Nutrition*. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2002.10409204>.

C. Tsadilas, 2022 — *C. Tsadilas*. Nitrate Handbook. Environmental, Agricultural, and Health Effects /. - Boca Raton, USA: CRC Press. 2022. – ISBN 9780429326806. <https://doi.org/10.1201/9780429326806>.

A.G. Zafar, M. Sarwar, M.Z. Sarfraz, S. Manzoor, G. Murtaza, 2020 — *A.G. Zafar, M. Sarwar, M.Z. Sarfraz, S. Manzoor, G. Murtaza*. Dose optimization of NPK fertilizers for growing linseed crop under saline sodic soil environment // *Pakistan Journal of Agricultural Research*. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.2.344.350>.

S. Zokirov, Z. Dehkanov, D. Sherkuziev, K. Aripov, 2020 — *S. Zokirov, Z. Dehkanov, D. Sherkuziev, K. Aripov*. Study of Nitrogen-Acid Decomposition of Phosphorites of Central Kizilkum // *Universum: Technical Sciences*. <http://dx.doi.org/10.32743/UniTech.2020.81.12-3.45-48>.

МАЗМҰНЫ

А.С. Әбсейт, Н.С. Елибаева, Г.Ғ. Әбдікәрім, Ж.С. Әбсейт, АСАНТНОРHYLLUM PUNGENS ӨСІМДІГІНДЕГІ ПОЛИСАХАРИДТЕРДІҢ САПАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ ҚҰРАМЫН АНЫҚТАУ.....	5
А. Бешов, А.К. Бешова, С. Молайган, М.Н. Турлыбекова, Б. Леска АЛЮМИНИЙ АМАЛЬГАМАСЫНЫҢ БЕТІНДЕГІ СУДАН СУТЕКТІ БӨЛУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕГІ ДЕПОЛЯРИЗАТОРЛАРДЫҢ РӨЛІ.....	15
И.М. Джелдыбаева, Ж. Қайырбеков, М.З. Есеналиева, С.М. Суймбаева ГЕКСЕН-1 ГИДРЛЕУ РЕАКЦИЯСЫНДА ПАЛЛАДИЙ ЖӘНЕ НИКЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ АКТИВТІЛІГІ МЕН ИЗОМЕРЛЕНУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ.....	27
Т.К. Джумадилов, Л.К. Ысқақ, Н.О. Мырзахметова AMBERLITE IR120 ЖӘНЕ АВ-17–8 ИОН АЛМАСУ ШАЙЫРЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ ИНТЕРПОЛИМЕР ЖҮЙЕСІМЕН ЦЕРИЙ ИОНДАРЫ СОРБЦИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	37
А.И. Кареева, А.Ә. Болысбек, И.А. Почиталкина, Е.Б. Райымбеков ШАРТҚА СӘЙКЕССІЗ ФОСФАТ ШИКІЗАТЫ НЕГІЗІНДЕ НРК ТЫҢАЙТҚЫШЫН АЛУ ҮРДІСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ.....	47
Қ.Б. Мұсабеков, О.В. Рожкова, Д.М-К. Артыкова (Ибраимова), М.Т. Ермеков, Ш.А. Мұздыбаева ҚАЗАҚСТАННЫҢ АТОМ ӨНЕРКӘСІБІ РАДИОАКТИВТІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ КӨМУ КЕЗІНДЕ БЕНТОНИТ САЗЫН ҚОРҒАНЫС ТОСҚАУЫЛЫ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ.....	66
М. Нажипқызы, А. Нұрғалин, А. Жапарова, А. Исанбекова, Ж. Роберт Митчелл «Al/DIATOMITE» НЕГІЗДІ КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАР.....	78
Н.Н. Нурғалиев, А.Н. Кливенко, А.Ж. Акимжанов, А.Н. Сабитова, Э.Т. Талғатов ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ АНАЭРОБТЫ АШЫТУ КЕЗІНДЕ БИОМЕТАН АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОСТИМУЛЯТОРЛАР.....	88

М.Д. Сабырханов, А.А. Досмаканбетова, Н.Т. Сейтханов, Г.Д. Пазилова, Л.А. Сейткасимова СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРМЕН СОҚТЫҒЫСҚАНДАҒЫ БҰЗЫЛҒАН ПЛЕНКАНЫҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТЕРБЕЛІСТЕРІНІҢ СИПАТТАМАСЫ.....	105
А.М. Серікбаева, Ф.Ф. Роман, Х.Л. Диаз де Туэста, Х.Т. Гомес, М.С. Қалмаханова ОРГАНОАЛОКСИДТЕРМЕН ДМСО ЖӘНЕ ТЕОА ЕГІЛГЕН ОРГАНИКАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН САЗДАРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ–ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	115
Б. Торсықбаева, Б. Имангалиева, Н. Ізтілеу ХИМИЯНЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУШЫ БАҒАЛАУ.....	129
А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, Б.Н. Кабылбекова, Л.Д. Айкозова, Н.А. Калиева ЛАЗАЛОЦИДТІҢ ПЕНТАДЕКАФТОР–1-ОКТАНОЛМЕН ЭФИРІН (LasF) СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ БІР ВАЛЕНТТІ КАТИОНДАРМЕН КОМПЛЕКСТЕРІН ЖАРТЫЛАЙ ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	144
А.А. Утебаева, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, Ж.А. Абиш, А.Ж. Айтбаева ҚАНДЫШӨП СЫҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ (<i>Sanguisorba officinalis</i>) <i>Lactobacillus</i> ӨСУІНЕ ӘСЕРІ.....	156
С. Фазылов, О. Нүркенов, А. Сарсенбекова, А. Искинеева, А. Мендібаева РЕТИНОЛ АЦЕТАТЫНЫҢ β -ЦИКЛОДЕКСТРИНМЕН ҚОСЫЛҒАН КЕШЕНДЕРІНІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ЫДЫРАУЫ.....	168
Д.Б. Ченсизбаев, Д.К. Аденова, Қ.Е. Кошпанова ШУ–САРЫСУ ПРОВИНЦИЯСЫНЫҢ ӨНДІРІСТІК СУЛАРЫНДАҒЫ ЛИТИЙ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ.....	183

СОДЕРЖАНИЕ

А.С. Абсейт, Н.С. Елибаева, Г.Г. Абдикарим, Ж.С. Абсейт ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В РАСТЕНИИ <i>ASANTHOPHYLLUM PUNGENS</i>	5
А. Бешов, А.К. Бешова, С. Молайган, М.Н. Турлыбекова, Б. Леска РОЛЬ ДЕПОЛЯРИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ АМАЛГАМЫ АЛЮМИНИЯ.....	15
И.М. Джелдыбаева, Ж. Каирбеков, М.З. Есеналиева, С.М. Суймбаева КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ИЗОМЕРИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПАЛЛАДИЕВЫХ И НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ ГЕКСЕНА-1.....	27
Т.К. Джумадилов, Л.К. Ыскак, Н.О. Мырзахметова ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ ЦЕРИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ AMBERLITE IR120 И АВ-17-8.....	37
А.И. Кареева, А.А. Болысбек, И.А. Почиталкина, Е.Б. Райымбеков ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НРК УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ.....	47
К.Б. Мусабеков, О.В. Рожкова, Д.М-К. Артыкова (Ибраимова), М.Т. Ермеков, Ш.А. Муздыбаева ПРИМЕНЕНИЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНОГО БАРЬЕРА ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА.....	66
М. Нажипкызы, А. Нургайн, А. Жапарова, А. Исанбекова, Ж. Роберт Митчелл КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ Al/DIATOMITE.....	78
Н.Н. Нурғалиев, А.Н. Кливенко, А.Ж. Акимжанов, А.Н. Сабитова, Э.Т. Талғатов БИОСТИМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОМ БРОЖЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.....	88

М.Д. Сабырханов, А.А. Досмаканбетова, Н.Т. Сейтханов, Г.Д. Пазилова, Л.А. Сейткасимова ОПИСАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОЗМУЩЕННОЙ ПЛЕНКИ ПРИ ЕЕ СОУДАРЕНИИ С КАПЛЯМИ ЖИДКОСТИ.....	105
А.М. Серикбаева, Ф.Ф. Роман, Х.Л. Диаз де Туэста, Х.Т. Гомес, М.С. Калмаханова ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО–ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИН С ПРИВИТЫМИ ДМСО И ТЕОА.....	115
Б. Торсыкбаева, Б. Имангалиева, Н. Изгілеу ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФОРМАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ.....	129
А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, Б.Н. Кабылбекова, Л.Д. Айкозова, Н.А. Калиева СИНТЕЗ ЭФИРА ЛАЗАЛОЦИДА С ПЕНТАДЕКАФТОР-1-ОКТАНОЛОМ (LasF) И ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО КОМПЛЕКСОВ С ОДНОВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ.....	144
А.А. Утебаева, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, Ж.А. Абиш, А.Ж. Айтбаева ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ КРОВОХЛЕБКИ (<i>Sanguisorba officinalis</i>) НА РОСТ <i>Lactobacillus</i>	156
С. Фазылов, О. Нуркенов, А. Сарсенбекова, А. Искинеева, А. Мендибаева ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ РЕТИНОЛА АЦЕТАТА С β -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ.....	168
Д.Б. Ченсизбаев, Д.К. Аденова, К.Е. Кошпанова ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОДАХ ШУ–САРЫСУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА.....	183

CONTENTS

A.S. Abseyt, N.S. Yelibayeva, G.G. Abdikarim, J.S. Abseyt DETERMINATION OF THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CONTENT OF POLYSACCHARIDES IN THE ACANTHOPHYLLUM PUNGENS PLANT.....	5
A. Bayeshov, A.K. Bayeshova, S. Molaigan, M.N. Turlybekova, B. Leska THE ROLE OF DEPOLARIZERS IN THE PROCESSES OF HYDROGEN RELEASE FROM WATER ON THE ALUMINUM AMALGAM SURFACE.....	15
I.M. Jeldybayeva, Zh. Kairbekov, M.Z. Yessenalieva, S.M. Suimbayeva CATALYTIC ACTIVITY AND ISOMERIZATION CAPACITY OF PALLADIUM AND NICKEL CATALYSTS IN 1-HEXENE HYDROGENATION REACTION.....	27
T.K. Jumadilov, L.K. Yskak, N.O. Myrzakhmetova FEATURES OF SORPTION OF CERIUM IONS BY THE INTERPOLYMER SYSTEM BASED ON AMBERLITE IR120 AND AB-17-8 ION-EXCHANGE RESINS.....	37
A.I. Kareeva, A.A. Bolysbek, I.A. Pochitalkina, Y.B. Raiymbekov THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE PROCESS OF PRODUCING NPK FERTILIZERS BASED ON SUBSTANDARD PHOSPHATE RAW MATERIALS.....	47
K.B. Musabekov, O.V. Rozhkova, D.M-K. Artykova (Ibraimova), M.T. Yermekov, Sh.A. Muzdybaeva APPLICATION OF BENTONITE CLAY AS A PROTECTIVE BARRIER IN THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE OF NUCLEAR INDUSTRY OF KAZAKHSTAN.....	66
M. Nazhipkyzy, A. Nurgain, A. Zhaparova, A. Issanbekova, G. Robert Mitchell Al/DIATOMITE BASED COMPOSITE MATERIALS.....	78
N.N. Nurgaliyev, A.Zh. Akimzhanov, A.N. Klivenko, A.S. Sabitova, E.T. Talgatov BIOSTIMULATORS FOR OBTAINING BIOMETHANE DURING ANAEROBIC FERMENTATION OF ORGANIC WASTE.....	88
M.D. Sabyrkhanov, A.A. Dosmakanbetova, N.T. Seitkhanov, G.D. Pazilova, L.A. Seitkasimova DESCRIPTION OF NONLINEAR OSCILLATIONS OF A PERTURBED FILM IN ITS COLLISION WITH LIQUID DROPS.....	105

A.M. Serikbayeva, F.F. Roman, J.L. Diaz de Tuesta, H.T. Gomes, M.S. Kalmakhanova. B. Torsykbayeva, B. Imangaliyeva, N. Iztileu CHEMICAL RESEARCH METHODS AND FORMATIVE ASSESSMENT.....	115
B. Torsykbayeva, B. Imangaliyeva, N. Iztileu CHEMICAL RESEARCH METHODS AND FORMATIVE ASSESSMENT.....	129
A.S. Tukibayeva, R. Pankiewicz, B.N. Kabyzbekova, L.D. Aikozova, N.A. Kalieva SYNTHESIS LASALOCID ESTER WITH PENTADEC AFLUORO-1-OCTANOL (LasF) AND SEMIEMPIRICAL INVESTIGATION OF ITS COMPLEXES WITH MONOVALENT CATIONS.....	144
A.A. Utebaeva, R.S. Alibekov, E.A. Gabrilyants, Zh.A. Abish, A.Zh. Aitbayeva IMPACT OF BURNET (<i>Sanguisorba officinalis</i>) EXTRACTS FOR a <i>Lactobacillus</i> GROWTH.....	156
S. Fazylov, O. Nurkenov, A. Sarsenbekova, A. Iskineyeva, A. Mendibaeva THERMAL DECOMPOSITION OF INCLUSION COMPLEXES RETINOL ACETATE WITH β -CYCLODEXTRINS.....	168
D.B. Chensizbayev, D.K. Adenova, K.E. Koshpanova DETERMINATION OF LITHIUM CONCENTRATION IN INDUSTRIAL WATERS OF SHU-SARYSU PROVINCE BY ELECTROPHORESIS METHOD.....	183

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 сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2023.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.