

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 3



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutalievich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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 № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Қуанғай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арпан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

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

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

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

Свидетельство № **KZ93VPY00121157** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

M.B. Albatyrova

Energy evolution equation in a nonlinear spin system: derivation and numerical modeling.....11

E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, A.K. Shongalova, O.A. Shilova

Effect of the precursor concentration on the morphology and photosensitivity of the resulting ZnO thin films.....21

A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik

Computer simulation of the electrical properties of a carbon sheet with alkali metal iodide crystals.....33

A. Kenesbayeva, Ye.I. Kuldeev, E.O. Shalenov, T.B. Nurpeissova

Determination of the gravitational constant.....49

Sh.T. Nurmakhmetova, N.L. Vaidman, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev, A.A. Khokhlov

The emission-line dusty object IRAS 07080+0605: evidence for binarity.....60

E.Otunchi, A.A. Migunova, A.Umirzakov, N.Tokmoldin

Effect of the composition of the film-forming system on the properties of SnO₂ films obtained by spray pyrolysis.....71

U.A. Ualikhanova, A.N. Abdipatta, O.V. Razina, A.M. Syzdykova, G.S. Altayeva

Bulk viscosity in f(T) gravity and its impact on cosmological evolution.....83

A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova, A. Shomshekova
Methodology for the reduction of archival slit spectra of planetary nebulae.....99

N. Eghtesadi, S.S. Uzakbaeva, Z.K. Aimaganbetova, N.N. Zhanturina, A.Z. Bekeshev

Prediction of the kinetic properties of low-density polyethylene.....115

D. Yurin, D. Kuvatova, A. Glushenko, Ch. Omarov, M. Makukov

Analysis of the limits of direct n-body simulation using Nvidia RTX4090 GPU cards.....131

CHEMISTRY

- A.S. Beisenova, A.A. Zhanybekova, M.M. Duysebaeva, G.E. Berganaeva**
Study of the chemical composition of *Centaurea diffusa* Lam. growing in the territory of Almaty region.....146
- N.N. Berikbol, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev**
Synthesis of interpolyelectrolyte complexes from fluorescently labeled biopolymers.....161
- O.A.Yessimova, S.Sh. Kumargaliyeva, B.K. Musabekov, A.K. Konysbek**
Colloidal - chemical properties of alhagi and tansy (*tanacetum*) hydrolates.....182
- R.N. Zhanaliyeva, B. Imangaliyeva, B. Torsykbaeva, R. Kozykeyeva**
Catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds: mechanism, catalysts and application.....193
- M.A. Zhumash, K. Tilegen, Y.A. Boleubayev, S.S. Itkulova**
Dry reforming of methane over the high active Co-Fe-Ir-containing alumina supported catalyst.....207
- M. Ibrayeva, N. Sagdollina, Zh. Mukazhanova, Sh. Sanyazova, M.Ozturk**
Optimization of flavonoid extraction conditions from a plant of the genus *Symphotrichum novi-belgii*.....218
- M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova**
Supramolecular polymeric receptors for binding alkali metal ions.....228
- Y.A. Mussatay, M.I. Tulepov**
Carbon filters from rice husk for air purification in confined spaces.....238
- A.Zh. Mutushev, A.B. Seisenova, O.S. Kapizov, A.M. Nuraly, D.K. Mukhanov**
Integrated process for the synthesis of carbon-silicon nanocomposites from biowaste and metallurgical sludge.....258
- A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, D.A. Zhumadullaev, M. Zhurinov**
Influence of metal surface mechanical preparation on the properties of phosphate coatings.....274

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

М.Б. АльбатыроваСызықтық емес спиндік жүйедегі энергия эволюциясының теңдеуі:
шығарылуы және сандық модельдеу.....11**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**Прекурсор концентрациясының алынған жұқа ZnO жабындарының
құрылымы мен фотосезімталдығына әсері.....21**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,
А.З. Бекешев**Төмен тығыздықтағы полиэтиленнің кинетикалық қасиеттеріне
болжау жасау.....33**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**Сілтілі металл иодидтерінің кристалдарымен көміртек қабатының
электрлік қасиеттерін компьютерлік модельдеу.....49**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Гравитациялық тұрақтыны анықтау.....60

Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов

IRAS 07080+0605 эмиссиялық объекті: екіжұлдыздық жүйенің дәлелі.....71

Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. ТокмолдинЖабын түзуші жүйе құрамының спрей-пиролиз әдісімен алынған
SnO₂ жабындарының қасиетіне әсері.....83**У.А. Уалиханова, А.Н. Әбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**f(T) гравитациясындағы көлемдік тұтқырлық және оның
космологиялық эволюцияға әсері.....99**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,
С.А. Шомшекова**Планетарлық тұмандықтардың архивтік саңылаулы спектрлерін
өңдеу әдістемесі.....115**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**N-бөлшекті тікелей үлгілеудің шектерін Nvidia RTX 4090
GPU-карталарын пайдаланып талдау.....131

ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева**
Алматы облысының аумағында өсетін шашыңқы гүлкекіре *Centaurea diffusa Lam.* өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**
Флуоресцентті таңбаланған биополимерлерден интерполиэлектрлиттік комплексті синтездеу.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Құмарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**
Жантақ және түймешетен гидрولاتтарының коллоидтық-химиялық қасиеттері.....182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсыкбаева, Р. Козыкеева, Р.Э. Ходжаназаров**
Құрамында карбонил бар қосылыстардың каталитикалық гидрогенизациясы: механизмі, катализаторлары және қолданылуы.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Итқұлова**
Алюминий тотығына қондырылған жоғары белсенді Co-Fe-Ir құрайтын катализатордағы метанның құрғақ риформингі.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Саньязова, М. Ozturk**
Symphyotrichum novi-belgii тұқымдас өсімдіктен флавоноидтарды алу жағдайларын оңтайландыру.....218
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова**
Сілтілік металл иондарын байланыстыруға арналған супрамолекулалық полимерлік рецепторлар.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**
Шағын кеңістіктегі ауаны тазартуға арналған күріш қауызы негізіндегі көміртек құрамды сүзгілер.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, Ө.С. Капизов, Ә.М. Нұралы, Д.К. Муханов**
Биоқалдықтар мен металлургиялық шламнан көміртек-кремний нанокөміртектерін синтездеудің интеграцияланған әдісі.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**
Металдар бетін механикалық дайындаудың фосфатты жабындар қасиеттеріне әсері.....274

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

М.Б. АльбатыроваУравнение эволюции энергии в нелинейной спиновой системе:
вывод и численное моделирование.....11**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**Влияние концентрации прекурсора на морфологию и фоточувствительность
получаемых тонких пленок ZnO.....21**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**Компьютерное моделирование электрических свойств углеродного листа
с кристаллами йодидов щелочных металлов.....33**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Определение гравитационной постоянной.....49

Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. ХохловЭмиссионный пылевой объект IRAS 07080+0605: доказательство двойной
природы.....60**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**Влияние состава пленкообразующей системы на свойства пленок
SnO₂, полученных методом спрей-пиролиза.....71**У.А. Уалиханова, А.Н. Эбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**Объемная вязкость в f(T) гравитации и ее влияние
на космологическую эволюцию.....83**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,
С.А. Шомшекова**

Методика обработки архивных щелевых спектров планетарных туманностей...99

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,
А.З. Бекешев**

Прогнозирование кинетических свойств полиэтилена низкой плотности.....115

Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. МакуковАнализ пределов прямого моделирования n-тел с использованием
GPU-карт Nvidia RTX4090.....131

ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, М.А. Дюсебаева, Г.Е. Берганаева**
Исследование химического состава василек раскидистый *Centaurea diffusa* Lam., растущий на территории Алматинской области.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**
Синтез интерполиэлектrolитных комплексов на основе флуоресцентно-меченых биополимеров.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Кумарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**
Коллоидно-химические свойства гидратов верблюжьей колючки и пижмы...182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсықбаева, Р. Қозықеева, Р.Э. Ходжаназаров**
Каталитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений: механизм, катализаторы и применение.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова**
Сухой риформинг метана на высокоактивном Co-Fe-Ir содержащем нанесенном на оксид алюминия катализаторе.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Саньязова, М. Ozturk**
Оптимизация условий экстракции флавоноидов из растения рода *Symphotrichum novi-belgii*.....218
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**
Супрамолекулярные полимерные рецепторы для связывания ионов щелочных металлов.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**
Углеродные фильтры из рисовой шелухи для очистки воздуха в стесненных помещениях.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, О.С. Капизов, А.М. Нуралы, Д.К. Муханов**
Интегрированная технология получения углеродно-кремниевых нанокомпозитов из биоотходов и металлургических шламов.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**
Влияние механической подготовки поверхности металла на свойства фосфатных покрытий.....274

© R.N. Zhanaliyeva¹, B. Imangaliyeva^{2*}, B. Torsykbaeva³, R. Kozykeyeva⁴,
R. Khojanazarov⁵, 2025.

¹Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan;

²Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan;

³Astana Medical University, Astana, Kazakhstan;

⁴Zh.Tashenov University, Shymkent, Kazakhstan;

⁵"Secondary school 68", Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

CATALYTIC HYDROGENATION OF CARBONYL-CONTAINING COMPOUNDS: MECHANISM, CATALYSTS AND APPLICATION

R.N. Zhanaliyeva — Central Asian Innovation University, Candidate of Chemical Sciences, Professor, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>;

Bazarkhan Imangaliyeva — K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Aktobe, Kazakhstan,

E-mail: nur_70_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Torsykbaeva Bigamila — Associate Professor of Astana Medical University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: maha-1505@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>

R. Kozykeyeva — Zh.Tashenov University, Candidate of Technical Science, docent, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: kozykeeva@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5409-3754>;

R. Khojanazarov — "Secondary school 68", teacher of chemistry, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: rashid_khodzhanazarov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9132-4504>.

Abstract. These include aldehydes, ketones, carboxylic acids and their derivatives. The chemical properties are determined by the electronic structure of the group ($>C=O$), which increases its reactivity and allows for a variety of transformations. Catalytic hydrogenation converts carbonyl-containing compounds into alcohols or derivatives by reduction with hydrogen in the presence of catalysts. Their activity and selectivity determine the reaction rate, product yield, and cost-effectiveness of the process. This reaction is widely used in chemistry and industry. The study of the mechanism and the creation of new catalysts are relevant areas of modern research. The work is devoted to the consideration of the mechanism of catalytic hydrogenation of carbonyl compounds, the catalysts used and practical applications. The catalytic reduction of carbonyls with molecular hydrogen plays a key role in organic synthesis. The results of a study of

the hydrogenation of aldehydes and ketones using transition metals as catalysts are presented. The influence of temperature, pressure, and the nature of the catalyst on the reaction rate and selectivity is considered. A comparative analysis of the activity of Ni, Pd, and Re-catalysts has been performed. Experiments have confirmed the possibility of effective conversion of the carbonyl group into the corresponding alcohols under mild conditions.

Keywords: hydrogenation, hydrogen, carbonyl compounds, aldehydes, ketones, catalysts, alcohols

© Р.Н. Жаналиева¹, Б. Имангалиева^{2*}, Б.Б. Торсыкбаева³, Р. Козыкеева⁴,
Р.Э. Ходжаназаров⁵, 2025.

¹Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан;

²Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан;

³Астана медициналық университеті, Астана, Қазақстан;

⁴Ж.Тәшенов атындағы университеті, Шымкент, Қазақстан;

⁵«№68 жалпы орта білім беретін мектебі», Шымкент, Қазақстан.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

ҚҰРАМЫНДА КАРБОНИЛ БАР ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ГИДРОГЕНИЗАЦИЯСЫ: МЕХАНИЗМІ, КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Р.Н. Жаналиева — химия ғылымдарының кандидаты, профессор, Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>;

Базархан Имангалиева — педагогика ғылымдарының кандидаты, профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан,

E-mail: nur_b_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Торсыкбаева Бигамила — доцент, Астана медициналық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: maha-1505@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>;

Р. Козыкеева — техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Ж.Тәшенов атындағы университет, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: kozykeeva@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5409-3754>;

Р.Э. Ходжаназаров — химия пәні мұғалімі, «№68 жалпы орта білім беретін мектебі», Шымкент, Қазақстан,

E-mail: rashid_khodzhanazarov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9132-4504>.

Аннотация. Құрамында карбонил тобы бар қосылыстар органикалық химиядағы ең көп таралған және маңызды топтардың бірі болып табылады. Бұл қосылыстарға альдегидтер, кетондар, карбон қышқылдары, күрделі эфирлер және олардың туындылары жатады. Олардың химиялық қасиеттері карбонил тобының электронды құрылымына негізделген ($>C=O$), бұл топтың реакцияға сезімталдығын арттырады және әртүрлі химиялық түрлендірулерге мүмкіндік береді. Каталитикалық гидрогенизация процесі құрамында карбонил бар қосылыстарды сутегімен тотықсыздану арқылы сәйкесінше спирттерге немесе басқа туындыларға айналдыруға мүмкіндік береді. Каталитикалық процесс



арнайы катализаторлардың қатысуымен жүреді және олардың тиімділігі мен селективтілігі реакция жылдамдығына, өнімнің шығуына және экономикалық тиімділігіне тікелей әсер етеді. Қазіргі уақытта каталитикалық гидрлеу процесі заманауи химия мен өнеркәсіпте кеңінен қолданыс табады. Бұл реакцияның механизмін терең түсіну және жаңа тиімді катализаторларды әзірлеу қазіргі заманғы зерттеулер мен әзірлемелердің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Бұл жұмыс карбонил қосылыстарының каталитикалық гидрлеу процесінің жалпы механизмін, қолданылатын катализаторлардың түрлерін және осы реакцияның практикалық қолдану саласын қарастыруға арналған. Мақалада катализатор ретінде ауыспалы металдарды қолдана отырып, альдегидтер мен кетондар сияқты құрамында карбонил тобы бар қосылыстардың каталитикалық гидрленуін зерттеу нәтижелері келтірілген. Пайдаланған катализатордың температурасының, қысымының және табиғатының реакция жылдамдығы мен селективтілігіне әсері зерттелді. Никель Ni, палладий Pd және рений Re-катализаторлардың белсенділігіне жұмыс барысында салыстырмалы талдау жүргізілді. Алынған эксперименттік деректер органикалық қосылыстардағы карбонил тобын жұмсақ жағдайда тиісті спирттерге тиімді түрлендіру мүмкіндігін растайды.

Түйін сөздер: гидрогенизация, сутегі, карбонил қосылыстары, альдегидтер, кетондар, катализаторлар, спирттер

© Р.Н. Жаналиева¹, Б. Имангалиева^{2*}, Б.Б. Торсыкбаева³, Р. Козыкеева⁴, Р.Э. Ходжаназаров⁵, 2025.

¹Центрально-Азиатский инновационный университет, Шымкент, Казахстан;

² Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актөбе, Казахстан;

³Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан;

⁴Университет имени Ж. Тәшенова, Шымкент, Казахстан;

⁵Средняя школа №68, Шымкент, Казахстан.

E-mail: nur_b_70@mail.ru

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ КАРБОНИЛСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ: МЕХАНИЗМ, КАТАЛИЗАТОРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

Р.Н. Жаналиева — кандидат химических наук, профессор, Центрально-Азиатский инновационный университет Шымкент, Казахстан,

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>;

Базархан Имангалиева — кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актөбе, Казахстан,

E-mail: nur_b_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Торсыкбаева Бигамла — ассоциированный профессор Астанинского медицинского университета, Астана, Казахстан,

E-mail: maha-1505@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6999-3900>;

Р. Козыкеева — Университет имени Ж.Тәшенова, Казахстан, кандидат технических наук, доцент, Шымкент, Казахстан,

E-mail: kozykeeva@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5409-3754>;

Р.Э.Ходжаназаров — учитель химии, Средняя школа № 68 «Жибек Жолы» города Шымкента, Шымкент, Казахстан,
E-mail: rashid_khodzhanazarov@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9132-4504>.

Аннотация. Соединения, содержащие карбонильную группу, являются одной из наиболее распространенных и важных групп в органической химии. Эти соединения включают альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и их производные. Их химические свойства основаны на электронной структуре карбонильной группы ($>C=O$), которая увеличивает восприимчивость группы к реакции и позволяет проводить различные химические преобразования. Процесс каталитического гидрирования позволяет превращать карбонилсодержащие соединения в спирты или другие производные соответственно путем восстановления водородом. Процесс происходит в присутствии специальных катализаторов, эффективность и избирательность которых напрямую влияют на скорость протекания реакции, выход продукта и экономическую эффективность. Каталитическое гидрирование широко используется в современной химии и промышленности. Глубокое понимание механизма этой реакции и разработка новых эффективных катализаторов является одним из основных направлений современных исследований и разработок. Настоящая работа посвящена рассмотрению общего механизма каталитического гидрирования карбонильных соединений, типов используемых катализаторов и области практического применения этой реакции. Каталитическое восстановление карбонильных соединений с использованием молекулярного водорода — важная реакция в органическом синтезе. В статье представлены результаты исследования каталитического гидрирования карбонилсодержащих соединений, таких как альдегиды и кетоны, с использованием переходных металлов в качестве катализаторов. Изучено влияние температуры, давления и природы катализатора на скорость и селективность реакции. Проведён сравнительный анализ активности Ni, Pd и Re-катализаторов. Экспериментальные данные подтверждают возможность эффективного преобразования карбонильной группы в соответствующие спирты в мягких условиях.

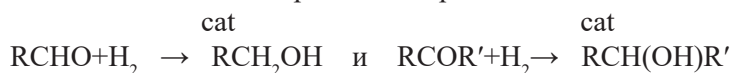
Ключевые слова: гидрирование, водород, карбонильные соединения, альдегиды, кетоны, катализаторы, спирты

Введение. Карбонилсодержащие соединения, такие как альдегиды и кетоны, представляют собой важный класс органических веществ, широко используемых в органическом синтезе, фармацевтике, производстве ароматических соединений и полимеров. Одним из наиболее эффективных и экологически безопасных методов их превращения является каталитическое гидрирование — восстановление до соответствующих спиртов в присутствии водорода и катализатора (Bond, 1987). Каталитическое гидрирование — это один из ключевых методов восстановления органических соединений, при котором атомы водорода присоединяются к карбонильной группе $>C=O$ альдегидов и кетонов с образованием соответствующих спиртов. Благодаря простоте, высокой атомной эффективности и возможности масштабирования, каталитическое восстановление занимает центральное место в органическом синтезе. Использование молекулярного водорода в присутствии

катализаторов позволяет осуществлять мягкие и направленные превращения альдегидов и кетонов в соответствующие первичные и вторичные спирты.

Цель работы - изучение каталитического гидрирования карбонилсодержащих соединений: механизмов реакций, типов катализаторов и их эффективности.

Процесс каталитического гидрирования карбонилсодержащих соединений термодинамически выгоден. Альдегиды и кетоны обладают высокой реакционной способностью по отношению к водороду в присутствии катализатора (Hollmann et al, 2010). Реакция протекает в присутствии гетерогенных или гомогенных катализаторов и используется как в лабораторной практике, так и в промышленном синтезе. Наиболее широко применяется гидрирование альдегидов в спирты первого порядка и кетонов — во вторичные спирты:



Гидрирование карбонильных групп протекает по механизму адсорбции молекул на поверхности металлического катализатора, активации водорода и его последовательной передачи на карбонильный атом кислорода и углерода. Гидрирование карбонильных соединений может осуществляться с участием как гомогенных, так и гетерогенных катализаторов. Типичные металлы-катализаторы включают Ni, Pd, Pt, Cu, а также сплавы на их основе. Наиболее распространёнными гетерогенными катализаторами являются Ni (никель Ренея), обладающий высокой активностью, особенно в водной среде. Для более мягких условий используются палладий и платина на носителях Pd/C, Pt/C, таких как активированный уголь или алюминий оксид, а также медные и кобальтовые катализаторы. Например, никель Ренея эффективен при низких давлениях водорода и температурах до 100 °С (Kadyrov et al, 2003).

Катализаторы:

1. Реней-никель (Raney Ni) — активный гетерогенный катализатор, особенно для альдегидов;
2. Палладий на угле (Pd/C) — эффективен при мягких условиях;
3. Платина (Pt/C или PtO₂) — высокоселективна, применяется для сложных ароматических соединений;
4. Медь-хромовые катализаторы (Cu-Cr₂O₄) — применяются в промышленности;
5. Наноструктурированные материалы и металлы на оксидных носителях — используются в современных исследованиях.

В таблице 1 приведены виды катализаторов и их свойства

Таблица 1-Катализаторы и их свойства

Катализатор	Температура (°С)	Давление (атм)	Особенности
Raney-Ni	50–120	10–30	Высокая активность, дешёвый
Pd/C	25–80	1–10	Мягкие условия, высокая селективность
PtO ₂	20–100	1–20	Ароматические соединения
Cu-Cr ₂ O ₄	150–200	10–50	Промышленное применение

Материалы и методы. Катализаторы на основе благородных металлов обеспечивают высокую селективность, но значительно дороже никелевых аналогов. В свою очередь, никель активен в условиях повышенного давления и температуры, часто используется для восстановления карбонильных групп в биомассе и синтезе растворителей. В последние десятилетия активное развитие получили модифицированные и наноструктурированные катализаторы, например: Cu-Zn-Al, Pd/CeO₂ и Ru/TiO₂, обеспечивающие высокую селективность при сниженных температурах и давлениях (Kim et al, 2020).

Гомогенные комплексы переходных металлов, таких как Ru, Rh, Ir и Os, также демонстрируют высокую активность в гидрировании карбонилсодержащих соединений. Например, комплекс RuHCl(PPh₃)₃ (катализатор Вилькинсона) часто используется в мягких условиях (Lichen et al, 2018). Преимуществами каталитического гидрирования являются высокая атомная экономичность, экологичность (используется водород, не оставляющий побочных продуктов), а также возможность масштабирования процесса. Однако метод требует строгого контроля условий: давления, температуры, времени реакции и выбора катализатора. Кроме того, кетоны в целом менее реакционноспособны, чем альдегиды, что требует использования более активных катализаторов (March et al, 2014).

Современные исследования направлены на:

1-использование гетерогенных катализаторов в условиях низких температур (March et al, 2014);

2-гидрирование в поточных микрореакторах (Nishimura et al, 2001);

3-использование водородных доноров (формиата, спиртов) в условиях так называемого «переносного» гидрирования (Smith et al, 2020). Интерес также вызывают биокаталитические методы, в частности, использование ферментов алкогольдегидрогеназ в мягких условиях (Takanabe, 2017).

Скорость и селективность гидрирования существенно зависят от следующих факторов: pH среды (в случае водных растворов); температуры и давления водорода; наличия растворителей или промоторов (например, кислот или оснований); природы заместителей при карбонильной группе. Например, гидрирование в присутствии изопропанола как растворителя способствует улучшению растворимости водорода и, соответственно, увеличению скорости реакции (Charushin et al, 2020).

Современные тенденции. Современные исследования направлены на разработку устойчивых и недорогих катализаторов, особенно на основе дешёвых металлов, таких как Fe, Co и Mn (Saginayev et al, 2022). Пример — каталитическая система Mn-PNN, продемонстрировавшая высокую эффективность при гидрировании ароматических кетонов (Wilkinson, 1965). В таблице 2 приведены условия реакции

Таблица 2 - Условия проведения реакции

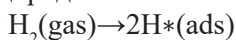
№	Параметр	Диапазон значений
1	Температура	25–150 °C
2	Давление водорода	1–100 атм

3	Растворитель	Вода, этанол, метанол и др.
4	Время реакции	От 30 минут до 4 часов
5	Атмосфера	Инертная или H_2 (газовая фаза)

Каталитическое гидрирование карбонильных соединений (альдегидов и кетонов) представляет собой важную реакцию в органическом синтезе, ведущую к образованию соответствующих спиртов. Процесс протекает в присутствии гетерогенного катализатора (чаще всего металлы VIII группы: Ni, Pt, Pd, Ru и др.) и включает несколько стадий:

Процесс гидрирования включает несколько стадий:

1. Диссоциация молекулы водорода на поверхности катализатора. Молекула H_2 адсорбируется на активном центре катализатора и диссоциирует на два атомарных водорода:



Данный процесс возможен благодаря присутствию свободных d-орбиталей у переходных металлов, что обеспечивает активацию молекулы водорода. Например, никель и платина эффективно катализируют этот этап благодаря высокому сродству к водороду.

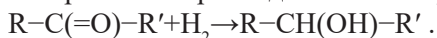
2. Адсорбция карбонильного соединения

Карбонильное соединение (альдегид или кетон) адсорбируется на поверхности катализатора посредством π -связывания с карбонильной группой. Карбонильный кислород взаимодействует с поверхностью, при этом частично ослабляется связь $C=O$.

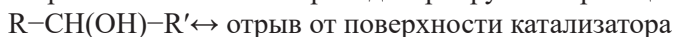


3. Передача атомов водорода. Атомы водорода, образовавшиеся при диссоциации H_2 , мигрируют по поверхности и передаются к атому углерода и кислорода карбонильной группы: -Первый атом водорода восстанавливает карбонильный кислород до гидроксильной группы.

-Второй атом присоединяется к карбонильному углероду, образуя спирт:

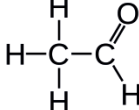
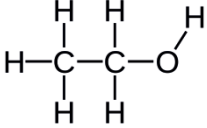
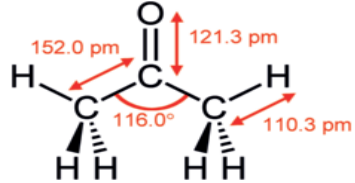
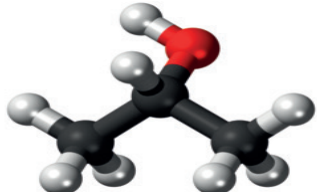
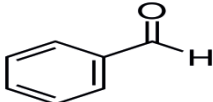
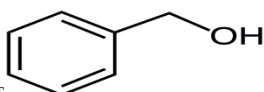
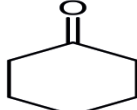
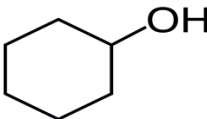


4. Десорбция продукта. После восстановления, полученный спирт теряет связь с поверхностью катализатора и десорбируется в реакционную среду:



Дальнейшее накопление продукта способствует вытеснению вновь образовавшегося спирта из активной зоны, освобождая катализатор для следующего цикла. Таким образом, реакция протекает по принципу поверхностной каталитической активации. В таблице 3 приведены примеры реакций гидрирования

Таблица 3-Примеры гидрирования

№	Исходное соединение	Продукт восстановления
1	Ацетальдегид 	Этанол 
2	Ацетон (CH_3COCH_3) 	Изопропанол ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) 
3	Бензальдегид 	Бензиловый спирт 
4	Циклогексанон 	Циклогексанол 

Для проведения экспериментов использовались следующие химические реагенты:

1. Субстраты: бензальдегид ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$), ацетофенон ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$)

2. Катализаторы: Ni/SiO_2 ; Pd/C (5%); $\text{Cu-Zn}/\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{Re}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

3. Растворитель: этанол

4. Оборудование: автоклав Рагг, рН-метр, ИК-спектрометр, УФ-спектрофотометр

Каталитическое гидрирование проводилось в герметичном стеклянном автоклаве объёмом 100 мл, снабжённом магнитной мешалкой и термометром. Автоклав был установлен в термостатируемую систему, обеспечивающую поддержание постоянной температуры с точностью $\pm 0,5$ °С.

Подготовка реакционной смеси. В реактор загружали 100 мл этанольного раствора субстрата (0,5 моль/л). В качестве субстратов использовались бензальдегид и ацетофенон.

Внесение катализатора. В реакционную смесь добавляли навес катализатора (например, 0,1 г 5% Pd/C или другой катализатор согласно эксперименту).

Герметизация и удаление воздуха. Автоклав герметизировали и продували азотом в течение 5 минут для полного удаления кислорода и предотвращения побочных реакций.

Насыщение водородом. После продувки систему насыщали водородом при заданном давлении (1–5 атм).

Проведение реакции. Реакционную смесь перемешивали при температуре 25–60 °С в течение 10–180 минут (в зависимости от условий конкретного опыта).

По окончании процесса автоклав охлаждали до комнатной температуры, смесь фильтровали через бумажный фильтр для отделения катализатора и анализировали методами физико-химического контроля:

Газо-жидкостная хроматография (ГЖХ) — для определения степени превращения и выхода спиртов;

pH-метр — для контроля кислотности/щелочности реакционной среды в процессе гидрирования;

ИК-спектрометрия — для подтверждения исчезновения полосы валентного колебания карбонильной группы (C=O) и появления полос, характерных для спиртов (O–H);

УФ-спектрофотометрия — для регистрации изменения электронных переходов в ароматических субстратах (снижение интенсивности полосы поглощения, связанной с карбонильной группой).

Таким образом, совокупность методов позволила как количественно определить степень превращения, так и подтвердить образование целевых продуктов (бензилового спирта и изопропанола).

Определяли степень превращения (%) по убыли исходного соединения и накоплению спирта.

Расчёт степени превращения

Степень превращения (α , %) рассчитывали по формуле:

$$\alpha = ((C_0 - C_t) / C_0) \times 100\%$$

где:

- C_0 — начальная концентрация карбонилсодержащего соединения, моль/л;

- C_t — концентрация карбонилсодержащего соединения в момент времени t , моль/л.

Анализ концентраций проводился с помощью калибровочной кривой, построенной по стандартным растворам исследуемого вещества. Повторность измерений обеспечивалась трехкратным повторением каждой серии опыта. Погрешность не превышала 3%.

Результаты и обсуждение. В ходе экспериментов была исследована каталитическая активность различных катализаторов при гидрировании карбонилсодержащих соединений (в частности, альдегидов и кетонов). Изучалась зависимость степени превращения от времени и сравнивалась активность катализаторов. Экспериментальные данные показали, что при температуре 60 °С и давлении водорода 1,5 атм наибольшая скорость гидрирования наблюдалась на катализаторе Pd/C — уже через 15 минут степень превращения достигала 98%, тогда как Ni/SiO₂ демонстрировал эффективность 96 % лишь через 45 минут. Катализаторы на основе меди и рения проявили среднюю активность, но более высокую селективность к первичным спиртам (таблица 4).

Таблица 4-Зависимость степени превращения от времени

Катализатор	Время 50% превращения (мин)	Конверсия за 90 мин (%)	Селективность к спирту (%)
Pd/C	15	98	92
Ni/SiO ₂	45	96	85
Cu-Zn/Al ₂ O ₃	35	88	94
Re/Al ₂ O ₃	30	90	95

При исследовании гидрирования бензальдегида установлено, что основным продуктом во всех случаях является бензиловый спирт (таблица 5).

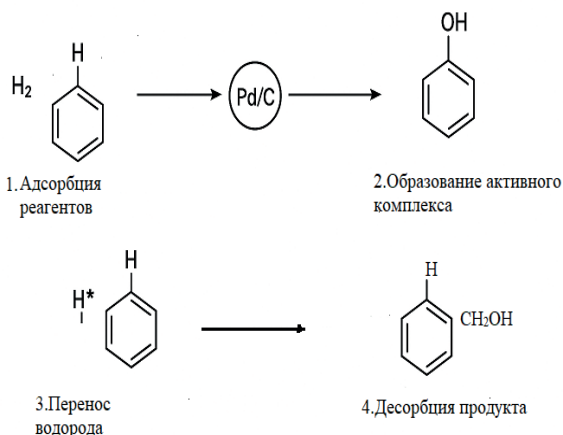
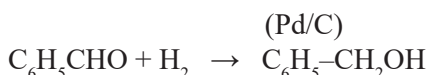
Таблица 5- Конечная степень превращения бензальдегида при разных катализаторах (через 45 мин)

Катализатор	Степень превращения, %	Основной продукт реакции
Ni/SiO ₂	96	Бензиловый спирт
Pd/C	98	Бензиловый спирт
Re/Al ₂ O ₃	90	Бензиловый спирт

Механизм гидрирования на Pd/C

Каталитическое восстановление бензальдегида на Pd/C протекает по классическому пути: диссоциация молекулярного водорода на поверхности палладия, адсорбция карбонильного соединения, последовательный перенос атомов водорода на кислород и углерод, десорбция продукта. Образовавшийся бензиловый спирт (C₆H₅-CH₂OH) десорбируется с поверхности катализатора

Итого:



Механизм гидрирования бензальдегида на Pd/C

Катализатор Pd/C обладает хорошей активностью, обеспечивая быструю и глубокую степень гидрирования.

Преимущества метода.

1. Высокая селективность по отношению к функциональным группам;
2. Экологичность — используется водород вместо токсичных реагентов;
3. Минимизация побочных продуктов;
4. Подходит для массового производства спиртов, ароматических соединений, фармсубстанций.

Зависимость степени превращения от времени — показывает, как увеличивается степень превращения карбонилсодержащих соединений по мере увеличения времени реакции. Сравнение активности катализаторов — визуализирует эффективность различных катализаторов при гидрировании карбонильных соединений. Данные (таблица 6) показывают, что Pd/C обеспечивает практически полное превращение ацетона уже за 40 минут. Катализатор Ni/SiO₂ проявляет высокую активность, но требует большего времени для достижения сопоставимых результатов. Re/Al₂O₃ демонстрирует наименьшую скорость реакции, но отличается высокой селективностью.

Таблица 6-Зависимость степени превращения ацетона от времени при использовании различных катализаторов

№	Время, мин	Ni/SiO ₂ , %	Pd/C, %	Re/Al ₂ O ₃ , %
	10	28	35	22
	20	51	67	44
	30	73	91	66
	40	85	97	78
	60	90	99	85

Сравнение активности катализаторов — визуализирует эффективность различных катализаторов при гидрировании карбонильных соединений.

Из приведённых данных видно, что наибольшей каталитической активностью обладает палладиевый катализатор (Pd/C), достигающий практически полной степени превращения за 40 минут. Никельсодержащий катализатор показывает чуть меньшую активность, а ренийсодержащий катализатор — наименьшую среди исследованных.

Высокая активность Pd/C объясняется высокой дисперсностью палладия и его способностью эффективно активировать молекулы водорода. Ni/SiO₂ демонстрирует высокую активность при более длительном времени реакции, что связано с постепенной диссоциацией H₂ на поверхности никеля. Продукты реакции проанализированы методом газовой хроматографии. Основным продуктом во всех случаях был соответствующий спирт (из ацетона – изопропанол, из бензальдегида – бензиловый спирт), что подтверждает протекание полного восстановления карбонильной группы. В нижеследующем рисунке показана зависимость степени превращения ацетона от времени при каталитическом гидрировании на различных катализаторах.

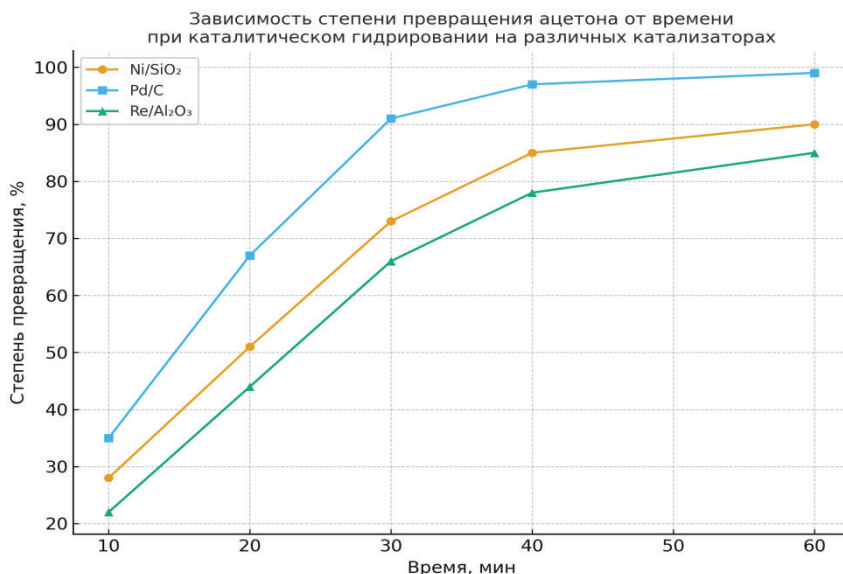


Рисунок 1. Зависимость степени превращения ацетона от времени при каталитическом гидрировании на различных катализаторах (Ni/SiO₂, Pd/C, Re/Al₂O₃)

Выводы. Каталитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений охватывает широкий спектр фундаментальных и прикладных направлений в химии, фармацевтике промышленности и экологии. Основные направления практического использования можно выделить следующим образом:

1. Органический синтез: Селективное восстановление альдегидов и кетонов до соответствующих спиртов — важный этап в синтезе различных органических соединений.

2. Фармацевтическая промышленность: в производстве лекарственных препаратов (анальгетики, антибиотики, антидепрессанты), где требуется восстановление функциональных групп без нарушения других чувствительных участков молекулы.

3. Производство ароматических и алифатических спиртов: Массовое производство бензилового спирта, изопропанола, этанола и других спиртов, применяемых в качестве растворителей, антисептиков и промежуточных продуктов.

4. Нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность: Обезвреживание карбонильных примесей для повышения стабильности топлива.

5. Ароматизация и пищевая промышленность: Синтез ароматизаторов и вкусовых добавок путём селективного восстановления карбонильных групп.

6. Производство полимеров и мономеров: восстановление формальдегида и ацетона до спиртов для получения поликонденсационных полимеров.

7. Экологическая химия и "зелёные" технологии: для обезвреживания карбонилсодержащих загрязнителей (например, формальдегид, ацетон) в промышленных выбросах.

8. Фундаментальные исследования: Изучение механизмов каталитического гидрирования позволяет разрабатывать новые высокоселективные, многофункциональные катализаторы (гомогенные, гетерогенные, биокатализаторы).

Заключение. Каталитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений остаётся одним из ключевых процессов в органическом синтезе. Каталитическое гидрирование является эффективным методом восстановления карбонильных соединений. Процесс каталитического гидрирования карбонильных соединений — это многостадийная поверхностная реакция, чувствительная к природе катализатора, температуре, давлению и растворителю.

Проведённые исследования показали, что эффективность каталитического гидрирования карбонилсодержащих соединений существенно зависит от природы катализатора. Среди изученных систем наибольшую активность продемонстрировал палладиевый катализатор Pd/C, обеспечивающий практически полное превращение субстрата за короткое время. Катализаторы на основе никеля и рения проявили меньшую активность, однако отличались высокой селективностью.

Таким образом, палладиевый катализатор Pd/C является наиболее перспективным для применения в процессах каталитического восстановления карбонильных соединений благодаря сочетанию высокой активности, селективности и экологичности метода.

Литература

- Коротченко В.Н., Ненайденко В.Г., Баленкова Е.С., Шастин А.В. (2004) Олефинирование карбонильных соединений. Новейшие классические методы. Успехи химии, 73(10).
- Кузнецов В.И. (2017) Гетерогенный катализ в органическом синтезе, М.: Наука. — 296 с.
- Чарушин В.Н., Трифионов Р.Е. (2020) Гомогенный катализ: руководство для студентов. Екатеринбург: УрО РАН. — 152 с.
- Bond G.C. (1987) Heterogeneous catalysis: principles and applications. Oxford University Press.
- Elangovan S., et al. (2016) Efficient and selective hydrogenation of ketones catalyzed by manganese pincer complexes. Science, 354. — P. 102–106.
- Gunanathan C., Milstein D. (2013) Science, 341, 1229712.
- Hartman R.L., McMullen J.P. (2011) Angew. Chem. Int. Ed., 50. — P. 7502–7519.
- Hollmann F., Arends I.W.C.E., et al. (2010) Green Chem., 12. — P. 228–232.
- Kadyrov R., Riermeier T.H. (2003) Highly active ruthenium catalysts for asymmetric hydrogenation. Angew. Chem. Int. Ed., 42. — P. 5472–5474.
- Kim J., Lee H. (2020) Catal. Today, 355. — P. 305–316.
- Liu L., Corma A. (2018) Metal catalysts for heterogeneous catalysis: from single atoms to nanoclusters and nanoparticles. Chem. Rev., 118. — P. 4981–5079.
- Liu S., Chen M., et al. (2022) Green Chem., 24. — P. 1150–1161.
- March J. (2014) Advanced organic chemistry. Wiley.
- Nishimura S. (2001) Handbook of heterogeneous catalytic hydrogenation for organic synthesis. Wiley.
- Rylander P.N. (1979) Catalytic hydrogenation in organic syntheses. Academic Press.
- Rylander P.N. (1985) Hydrogenation methods. Academic Press.
- Saginayev A., Dosmurzina E., Apendina A., Dossanova B., Imangaliyeva B. (2022) Development of individual approaches to the use of the gasoline fraction as a raw material for the process of hydrocatalytic isomerization. Materials Science for Energy Technologies, 6. — P. 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2022.12.008>
- Smith M. B., March J. (2020) March's advanced organic chemistry. 8th ed. Wiley.

Takanabe K. (2017) *Catalysis Surveys from Asia*, 21. — P. 1–12.

Wilkinson G. (1965) Homogeneous hydrogenation using rhodium complexes. *J. Chem. Soc.*

Wang X.-G., Ajisafe M.P., Fayad E., Katouah H.A., Qin H.-L. (2024) A protocol for hydrogenation of aldehydes and ketones to alcohols in aqueous media at room temperature in high yields and purity. *Organic & Biomolecular Chemistry*. The Royal Society of Chemistry.

References

Charushin, V. N., & Trifonov, R. E. (2020) *Gomogennyj kataliz: rukovodstvo dlja studentov* [Homogeneous catalysis: A guide for students], Ekaterinburg: UrO RAN. — 152 p. (in Russian)

Korotchenko V.N., Nenajdenko V.G., Balenkova E.S., & Shastin A.V. (2004) Olefinirovanie karbonilnyh soedinenij. Novejšhie klassicheskie metody [Olefination of carbonyl compounds. The newest classical methods]. *Uspehi Khimii*, 73(10) (in Russian)

Kuznetsov V. I. (2017) *Geterogennyj kataliz v organicheskom sinteze* [Heterogeneous catalysis in organic synthesis], Moscow: Nauka. — 296 p. (in Russian)

Bond G.C. (1987) *Heterogeneous catalysis: principles and applications*. Oxford University Press. (in English)

Elangovan S., et al. (2016) Efficient and selective hydrogenation of ketones catalyzed by manganese pincer complexes. *Science*, 354. — P. 102–106. (in English)

Gunanathan C., & Milstein D. (2013) *Science*, 341, 1229712. (in English)

Hartman R.L., & McMullen J.P. (2011) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 50. — P. 7502–7519. (in English)

Hollmann F., Arends I.W.C.E., et al. (2010) *Green Chem.*, 12. — P. 228–232. (in English)

Kadyrov R., & Riermeier T.H. (2003) Highly active ruthenium catalysts for asymmetric hydrogenation. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 42. — P. 5472–5474. (in English)

Kim J., & Lee H. (2020) *Catal. Today*, 355. — P. 305–316. (in English)

Liu L., & Corma A. (2018) Metal catalysts for heterogeneous catalysis: from single atoms to nanoclusters and nanoparticles. *Chem. Rev.*, 118. — P. 4981–5079. (in English)

Liu, S., Chen, M., et al. (2022) *Green Chem.*, 24. — P. 1150–1161 (in English)

March J. (2014) *Advanced organic chemistry*. Wiley (in English)

Nishimura S. (2001) *Handbook of heterogeneous catalytic hydrogenation for organic synthesis*. Wiley (in English)

Rylander P.N. (1979) *Catalytic hydrogenation in organic syntheses*. Academic Press. (in English)

Rylander P.N. (1985) *Hydrogenation methods*. Academic Press. (in English)

Saginayev A., Dosmurzina E., Apendina A., Dossanova B., & Imangaliyeva B. (2022) Development of individual approaches to the use of the gasoline fraction as a raw material for the process of hydrocatalytic isomerization. *Materials Science for Energy Technologies*, 6. — P. 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2022.12.008> (in English)

Smith M.B., & March J. (2020) *March's advanced organic chemistry*. 8th ed. Wiley (in English)

Takanabe K. (2017) *Catalysis Surveys from Asia*, 21. — P. 1–12. (in English)

Wilkinson G. (1965) Homogeneous hydrogenation using rhodium complexes. *J. Chem. Soc.* (in English)

Wang X.-G., Ajisafe M.P., Fayad E., Katouah H.A., & Qin H.-L. (2024) A protocol for hydrogenation of aldehydes and ketones to alcohols in aqueous media at room temperature in high yields and purity. *Organic & Biomolecular Chemistry*. The Royal Society of Chemistry (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 сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)
ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 3.09.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 3.