

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

5-6 (449)

SEPTEMBER – DECEMBER 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество в глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

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 Мыңжасарұлы (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 6 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/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

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 Владимир 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

ТЕЛЫТАЕВ 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 углекислотной химии (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: 6 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/arhiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

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: 6 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, 2021

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

ISSN 2224-5286

Volume 5-6, Number 449 (2021), 14-21

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1491.71>

УДК 547.1.661.123:542.941.7:547.36

МРНТИ 31.15.28:31.21.21

Джумекеева А.И.^{1*}, Ахметова С.Н.^{1,2}, Бухарбаева Ф.У.^{1,2}, Аубакиров Т.А.³, Жанбеков Х.Н.^{2,1}¹Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан;²Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан;³Павлодарский педагогический университет, Павлодар, Казахстан.

E-mail: jumekeyeva@mail.ru

**НИКЕЛЬ-ПАЛЛАДИЕВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ
3,7,11,15-ТЕТРАМЕТИЛГЕКСАДЕЦИН-1-ОЛА-3 C₂₀**

Аннотация. Адсорбционным способом синтезированы никелевые, палладиевые и никель-палладиевые катализаторы гидрирования 3,7,11,15-тетраметилгексадецин-1-ол-3(C₂₀). Методика приготовления катализаторов исключает высокотемпературные стадии прокаливания и восстановления. Электронно-микроскопические исследования показали образование наночастиц металлов размером 6-8 нм на поверхности полимер-модифицированного оксида цинка.

Реакцию гидрирования ацетиленового спирта проводили при атмосферном давлении водорода и температуре 40°C. Сравнение каталитических свойств монометаллических однопроцентных никелевых и палладиевых катализаторов, модифицированных и немодифицированных ПЭГ, в гидрировании 3,7,11,15 – тетраметилгексадецин-1-ола-3 показало преимущество палладиевых полимер содержащих катализаторов, в присутствии которых скорость гидрирования достигала 10,0 моль/л.с., ТОН составил 15400. Добавка палладия к никелевому катализатору способствовало увеличению не только активности, но и селективности процесса. Так, скорость гидрирования ацетиленового спирта C₂₀ на 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO катализаторе выше, чем на монометаллических 1% Ni-ПЭГ/ZnO и 1% Pd-ПЭГ/ZnO катализаторах. Установлено, что 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO система является стабильной. После введения 10-ти последовательных порций субстрата скорость гидрирования оставалась неизменно высокой. Для сравнения были синтезированы биметаллические катализаторы без полимера. Были получены низкие значения активности и селективности нанесенных биметаллических 1% Ni+Pd/ZnO катализаторов. Модифицирование катализаторов полиэтиленгликолем способствует формированию наноразмерных частиц активной фазы (никеля и палладия) и повышению их каталитических свойств (активность, селективность и стабильность).

Таким образом, авторами предложен простой метод приготовления катализаторов, с помощью которого возможно формирование катализаторов с однородными наночастицами активной фазы, снижение содержания дорогостоящих металлов в катализаторах и повышение их эффективности в низкотемпературных жидкофазных процессах гидрогенизации.

Ключевые слова: гидрирование, ацетиленовый спирт, биметаллический катализатор, полиэтиленгликоль, оксид цинка.

Введение. Каталитическое гидрирование непредельных соединений и полярных функциональных групп является одной из важнейших реакций, представляющий интерес, как с теоретической, так и практической точки зрения. Наиболее активными катализаторами данного процесса являются металлы платиновой группы (Pd, Pt и Rh) [1,2]. Применение получили, в основном, катализаторы на основе палладия благодаря высокой каталитической активности, селективности, коррозионной стойкости. Однако из-за высокой стоимости, сложности добычи, относительно низкой стабильности в настоящее время остается актуальной задачей разработка высокоэффективных катализаторов, обладающие высокой активностью, селективностью и стабильностью, и низкой стоимостью.

Одним из подходов, используемых в катализе для достижения такой цели, является добавление

второго переходного металла (Ni, Fe, Cu, и др.) для образования биметаллических катализаторов с Pd, тем самым снижается потребность в благородных металлах при сохранении каталитических свойств монометаллического палладиевого контакта. Никель представляется наиболее перспективным в качестве металла-модификатора, т.к. известно, что этот металл сам может выступать как катализатор гидрирования [3-12]. Недостатком его является низкая активность и необходимость проведения процесса в достаточно жестких условиях, при повышенных температурах и давлении. В последние годы в связи с развитием нанотехнологий, новых способов конструирования активных катализаторов с участием органических и макромолекулярных соединений значительно увеличилось количество работ по применению палладий-никелевых катализаторов в реакциях гидрирования различных классов непредельных органических соединений [13-17].

Селективное гидрирование сложных ацетиленовых соединений в олефины является важнейшей задачей в нефтехимическом, а также в тонком органическом синтезе для получения биологически активных и лекарственных препаратов [18-21].

В связи с этим в данной работе адсорбционным способом в мягких условиях без высокотемпературных стадий восстановления и прокаливания были приготовлены биметаллические Pd-Ni катализаторы на оксиде цинка. В качестве стабилизатора наночастиц активной фазы использовался полиэтиленгликоль с молекулярной массой 600. Полученные катализаторы тестировались в реакции гидрирования 3,7,11,15-тетраметилгексадецин-1-ол-3 (далее C₂₀) до олефина, являющегося полупродуктом производства синтетических витаминов и других биологически активных веществ.

Материалы и методы. Катализаторы получали по методике, представленной в работе [19], путем адсорбции полимера и солей палладия (K₂PdCl₄) и никеля (NiCl₂) на поверхность оксида цинка («ч.д.а», S_{уд} = 12,3 м²/г). В качестве полимера-модификатора использовали полиэтиленгликоль, Mw = 15000 (Sigma-Aldrich, США). Для сравнения готовили катализаторы без обработки оксида цинка полимером).

Нанесенные моно- и биметаллические катализаторы, стабилизированные полиэтиленгликолем, готовились последовательной адсорбцией полимера, а затем металлов на поверхность оксида цинка. В процессе синтеза контролировалась полнота осаждения всех компонентов на носитель. Содержание палладия составляло 1 мас.% от суммы всех составляющих композитов.

Полноту закрепления компонентов на неорганическом носителе оценивали по изменению вязкости полимера и концентрации ионов палладия в маточном растворе до и после выдержки в суспензии носителя. Концентрацию палладия и никеля в растворе определяли фотоэлектроколориметрически (ФЭК) на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны λPd= 425 нм.

Электронно-микроскопические исследования были выполнены на просвечивающем электронном микроскопе JEM-2100 (“Jeol”, Япония) с ускоряющим напряжением 100 кВ.

Гидрирование ацетиленовых спиртов проводилось по стандартной методике в стеклянном реакторе для жидкофазного гидрирования при атмосферном давлении водорода. Навеску катализатора помещают в реактор, вносят 20 мл растворителя (этанол), промывают систему водородом, затем катализатор при встряхивании насыщают водородом в течение получаса, после чего вводится гидрируемое вещество - 3,7,11,15-тетраметилгексадецин-1-ол-3, далее (C₂₀-ол). Количество ацетиленового спирта C₂₀ (0,75 мл) берется из расчета на поглощение 100 мл водорода. Скорости реакции определяется волюметрическим методом по поглощению водорода.

Анализ продуктов реакции гидрирования ацетиленовых спиртов проводили на хроматографе Хромос-ГХ-1000 («Хромос», Россия). Селективность катализатора оценивали, как долю целевого продукта от суммы всех продуктов реакции при заданной степени превращения.

Результаты и обсуждение. Исследование активности монометаллических палладиевых и никелевых катализаторов в реакции гидрирования C₂₀ спирта показало (таблица 1):

- а) палладиевые катализаторы на порядок и выше активнее никелевых систем;
- б) активность модифицированных полимером Pd и Ni нанесенных на оксид цинка катализаторов выше, чем аналогов без ПЭГ;
- в) стабильность катализаторов (TON-turnovernumber – количество каталитических актов на 1 атом металла), стабилизированных ПЭГ выше в 2-3 раза, чем на немодифицированных катализаторах;
- г) TON выше у палладиевых катализаторов. Максимальная стабильность достигается на Pd-ПЭГ/ZnO катализаторе и достигает 15400.

Таблица 1 - Сравнение каталитических свойств монометаллических однопроцентных никелевых и палладиевых катализаторов, модифицированных и немодифицированных ПЭГ, в гидрировании 3,7,11,15 – тетраметилгексадецин-1-ола-3

Катализаторы	$W \cdot 10^{-4}$ моль/с.л	TON
Pd/ZnO	4,8	5100
Pd-ПЭГ/ZnO	10,0	15400
Ni/ZnO	0,2	600
Ni-ПЭГ/ZnO	0,3	1200
Условия опыта: $T_{оп}^0 = 40^{\circ}\text{C}$, $P=1$ атм, $m_{кат} = 0,05\text{г}$, растворитель – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$		

Таким образом, скорость гидрирования ацетиленового спирта C_{20} на закрепленных ПМК выше, чем на обычных гетерогенных катализаторах. В процессе жидкофазного гидрирования под воздействием растворителя происходит набухание системы, образуя на поверхности носителя объемный сетчатый слой, что облегчает доступ субстрата к частицам металла-катализатора (рисунок 1):

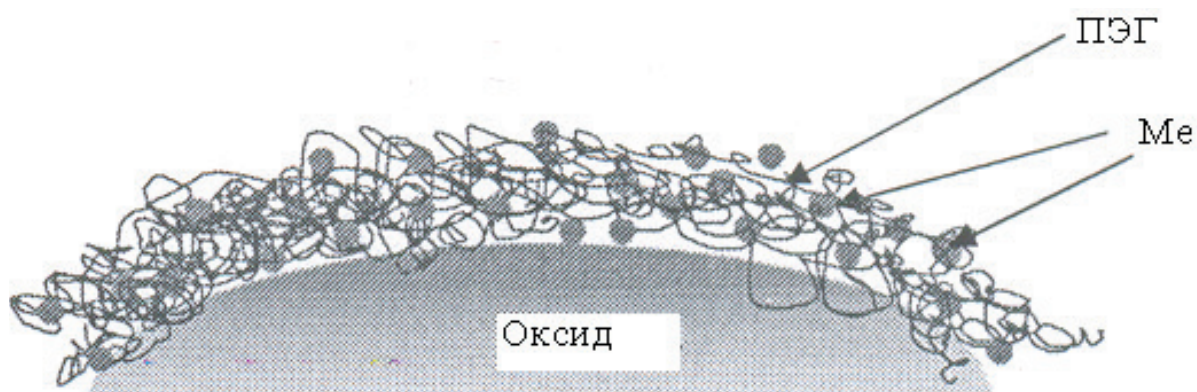
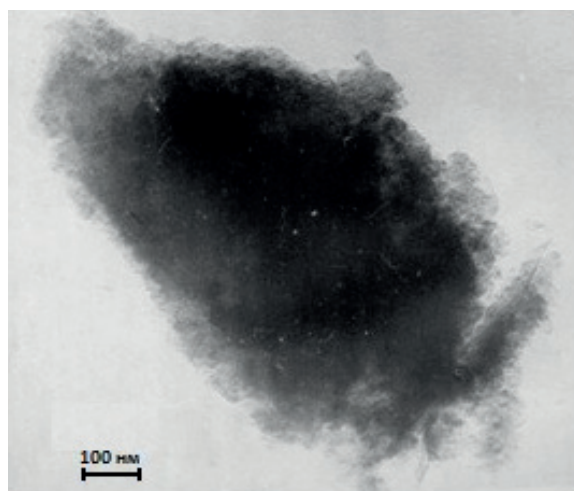
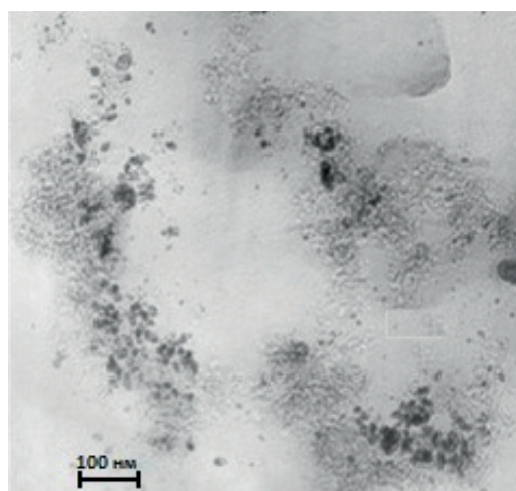


Рисунок 1 - Схема формирования на поверхности носителя слоя металлполимерных комплексов

Такое предположение косвенно подтверждается данными просвечивающей электронной микроскопии биметаллического катализатора. Так, по грани оксида цинка (темная центральная часть) заметно выделяется поверхностный полупрозрачный слой полимера с вкраплениями частиц металла (рисунок 2, а), размеры которых достигают 6-8 нм (рисунок 2, б).



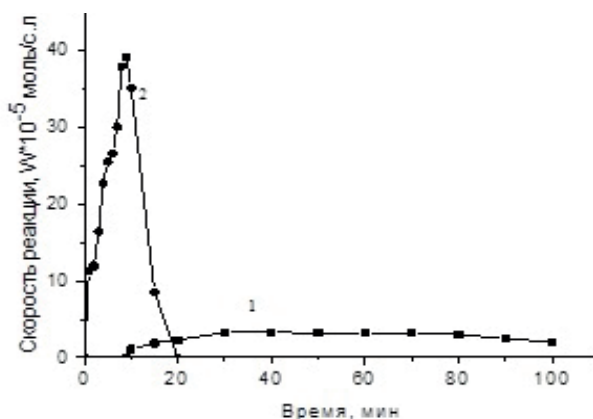
а



б

Рисунок 2 - Микрофотография (ПЭМ) исходного 1%Ni-ПЭГ/ZnO катализатора

С целью улучшения каталитических свойств Ni-ПЭГ/ZnO катализатор был модифицирован добавкой палладия. Рассчитанное количество полимера взято в соотношении 1:1 к сумме металлов. Соотношение металлов Ni:Pd=3:1, суммарное процентное содержание активной фазы составляет один процент. Добавка палладия способствует увеличению не только активности, но и селективности процесса (рисунок 3).



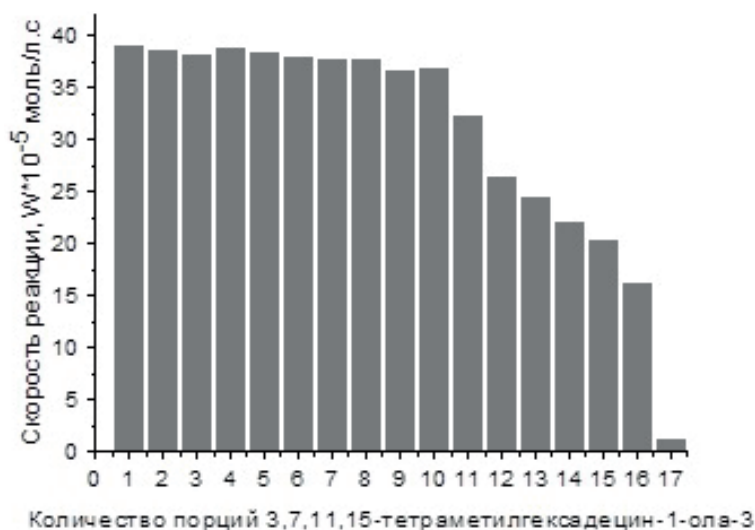
Обозначения кривых: 1- 1% Ni; 2 - 1% (Ni-Pd =3:1)

Условия опыта: $T_{\text{оп}}^0 = 40^{\circ}\text{C}$, $P=1$ атм, $m_{\text{кат}} = 0,05\text{г}$, растворитель – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;

Рисунок 3 - Сравнение каталитических свойств Ni-ПЭГ/ZnO и (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO катализаторов в гидрировании ацетиленового спирта C_{20}

Выявлено, что скорость гидрирования ацетиленового спирта C_{20} на 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO катализаторе в ≈ 10 раз выше, чем на монометаллическом Ni-ПЭГ/ZnO катализаторе, что вероятно связано с синергетическим эффектом.

Разработанные нами биметаллические системы испытывались на стабильность (рисунок 4).



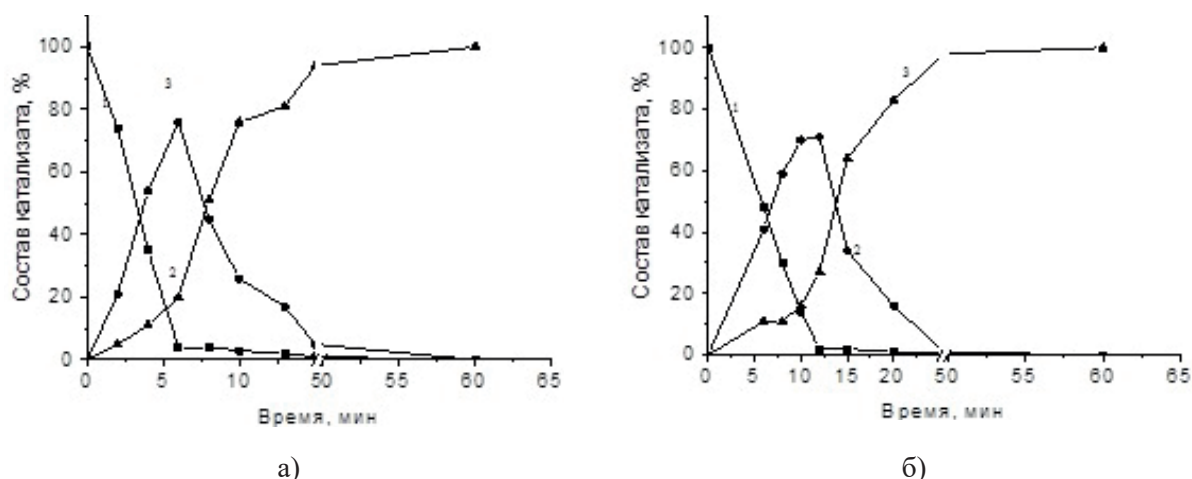
Условия опыта: $T_{\text{оп}}^0 = 40^{\circ}\text{C}$; $P=1$ атм; $m_{\text{кат}} = 0,05\text{г}$, растворитель - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Рисунок 4- Диаграмма изменения скорости гидрирования последовательных порций ацетиленового спирта C_{20} на 1%(Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO

Показано, что 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO система оказалась стабильной. После введения 10-ти последовательных порций субстрата скорость гидрирования оставалась неизменно высокой. Далее активность катализатора уменьшалась до введения 16-той порции. И только на 17-ой порции катализатор дезактивировался: $\text{TON}=2100$.

Для сравнения активности и селективности нанесенных биметаллических катализаторов была приготовлена никель-палладиевая система на оксиде цинка, но без полимера.

По данным хроматографического анализа (рисунок 5), в первой половине процесса тройная связь ацетиленового спирта восстанавливается до двойной с формированием 3,7,11,15-тетраметилгексадецен-1-ола-3 (C_{20} -ен), который, в основном, без десорбции в раствор восстанавливается до предельного спирта. На катализаторе, модифицированном полимером (рисунок 5, а) выход олефинового спирта 76% и селективность по C_{20} -ену выше 79,2%, чем в присутствии безполимерной системы (рисунок 5, б), на котором селективность по C_{20} -ену составляет 72,4%.



Обозначения кривых: 1- C_{20} -инол; 2- C_{20} -енол; 3- C_{20} -анол;
Условия опыта: $T_{\text{оп}}^0 = 40^{\circ}\text{C}$, $P=1$ атм, $m_{\text{кат}}=0,03\text{г}$, растворитель - C_2H_5OH

Рисунок 5 - Изменение состава катализатора во времени при гидрировании C_{20} -инола на 1%(Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO (а) и 1%(Ni+Pd)/ZnO (б) катализаторах

Заключение. Таким образом, разработан биметаллический катализатор на основе никеля с добавкой палладия в соотношении Ni:Pd = 3:1 с общим содержанием металлов 1%. Введение ПЭГ приводит к формированию наноразмерных частиц активной фазы (металлов) и способствует повышению активности и стабильности биметаллического катализатора, по сравнению с монометаллическим никелевым катализатором. Максимальная скорость гидрирование 3,7,11,15-тетраметилгексадецин-1-ола-3 на 1%(Ni-Pd)-ПЭГ/ZnO осуществляется с высокой скоростью ($39,7 \cdot 10^{-5}$ моль/л.с), селективностью по олефиновому производному 79% и стабильностью (TON=2100) в мягких условиях при температуре 40°C и атмосферном давлении водорода.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант №AP09259638).

Джумекеева А.И.^{1*}, Ахметова С.Н.^{1,2}, Бухарбаева Ф.У.^{1,2}, Аубакиров Т.А.³, Жанбеков Х.Н.²

¹Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты Алматы, Қазақстан;

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

³Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар, Қазақстан.

E-mail: jumekeyeva@mail.ru

3,7,11,15 -ТЕТРАМЕТИЛГЕКСАДЕЦИН-1-ОЛДЫ-3 C_{20} СУТЕКТЕНДІРУДІҢ НИКЕЛЬ-ПАЛЛАДИЙ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ

Аннотация. Адсорбциялық әдіспен 3,7,11,15-тетраметилгексадецин-1-ол-3 (C_{20}) сутектендіру реакциясында никель, палладий және никель-палладий катализаторлары синтезделді. Катализаторларды дайындау әдісі жоғары температуралы қыздыру және қалпына келтіру кезеңдерін болдырмайды. Электронды микроскопиялық зерттеулер полимер-модификацияланған мырыш оксидінің бетінде 6-8 нм металл нанобөлшектерінің пайда болуын көрсетті.

Ацетилен спиртін сутектендіру реакциясы сутектің атмосфералық қысымында және 40°C температурада жүргізілді. Модификацияланған және модификацияланбаған ПЭГ-дің 3,7,11,15 – тетраметилгексадецин-1-ол-3 сутектенуінде монометаллдық бір пайыздық никель және палладий катализаторларының каталитикалық қасиеттерін салыстыру кезінде құрамында палладий полимері бар катализаторлары артықшылығын көрсетті, олардың қатысуымен гидрлеу жылдамдығы 10,0 моль / л. с., TON 15400 құрады. Палладий металына никелді қосу катализаторларға белсенділігін арттырып қана қоймай, үдерістің селективтілігін жоғарылатты. Сонымен, ацетилен спиртін сутектендіру жылдамдығы C_{20} 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO катализаторы монометаллдық 1% Ni-ПЭГ/ZnO және 1% Pd-ПЭГ/ZnO катализаторларына қарағанда жоғары. 1% (Ni+Pd)-ПЭГ/ZnO жүйесі тұрақты екендігі анықталды. Субстраттың 10 порциясын енгізгеннен кейін сутектендіру жылдамдығы үнемі жоғары болып қала

берді. Салыстыру мақсатында полимерсіз биметалды катализаторлар синтезделді. Биметалл 1% Ni+Pd/Zn катализаторларының белсенділігі мен селективтілігінің төмен мәні алынды. Катализаторларды полиэтиленгликольмен модификациялау белсенді фазаның наноөлшемді бөлшектерін (никель және палладий) қалыптастыруға және олардың каталитикалық қасиеттерін (белсенділігі, селективтілігі және тұрақтылығы) арттыруға ықпал етеді.

Осылайша, авторлар катализаторларды дайындаудың қарапайым әдісін ұсынды, оның көмегімен белсенді фазаның біртекті нанобөлшектері бар катализаторларды құруға, катализаторлардағы қымбат металдардың мөлшерін азайтуға және сутектендірудің төмен температуралы сұйық фазалық үрдістерінде олардың тиімділігін арттыруға болады.

Түйінді сөздер: сутектендіру, ацетилен спирті, биметалл катализаторы, полиэтиленгликоль, мырыш оксиді.

Jumekeyeva A.I.^{1*}, Akhmetova S.N.^{1,2}, Bukharbayeva F.U.^{1,2}, Aubakirov T.A.³, Zhanbekov KH.N.²

¹"D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry" JSC, Almaty, Kazakhstan;

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;

³Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: jumekeyeva@mail.ru

NICKEL-PALLADIUM CATALYSTS FOR HYDROGENATION OF 3,7,11,15-TETRAMETHYLHEXADECYN-1-OL-3 C₂₀

Abstract. Nickel, palladium and nickel-palladium catalysts of 3,7,11,15-tetramethylhexadecyn-1-ol-3 (C₂₀) hydrogenation were synthesized by adsorption method. The method of catalysts preparation excludes high-temperature stages of calcination and recovery. The electron microscopic studies have shown the formation of metal nanoparticles with a size of 6-8 nm on the surface of polymer-modified zinc oxide.

The hydrogenation reaction of acetylene alcohol was carried out at atmospheric pressure of hydrogen and a temperature of 40°C. A comparison of the catalytic properties of monometallic one-percent nickel and palladium catalysts modified and unmodified by PEG in the hydrogenation of 3,7,11,15 - tetramethylhexadecyn-1-ol-3 showed the advantage of palladium polymer-containing catalysts, in the presence of which the hydrogenation rate reached 10.0 mol/s.l., TON was 15400. The addition of palladium into the nickel catalyst contributed to an increase not only in the activity, but also in the selectivity of the process. Thus, the hydrogenation rate of acetylene alcohol C₂₀ is 1% (Ni+Pd)-PEG/ZnO catalyst higher than on monometallic 1% Ni-PEG/ZnO and 1%Pd-PEG/ZnO catalysts. It is established that the 1% (Ni+Pd)-PEG/ZnO system is stable. After the introduction of 10 consecutive portions of the substrate, the hydrogenation rate remained consistently high. For comparison, bimetallic catalysts without polymer were synthesized. Low values of activity and selectivity of supported bimetallic 1% Ni+Pd/ZnO catalysts were obtained. Modification of catalysts with polyethylene glycol promotes the formation of nanoscale particles of the active phase (nickel and palladium) and increases their catalytic properties (activity, selectivity and stability).

Thus, the authors have proposed a simple method for preparing catalysts, with the help of which it is possible to form catalysts with homogeneous nanoparticles of the active phase, reduce the content of expensive metals in catalysts and increase their efficiency in low-temperature liquid-phase hydrogenation processes.

Key words: hydrogenation, acetylene alcohol, bimetallic catalyst, polyethylene glycol, zinc oxide.

Information about authors:

Jumekeyeva A.I. – Senior Researcher, Candidate of Chemical Sciences, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. Tel: +77272916972, e-mail: jumekeyeva@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-8084-6070;

Akhmetova S.N. – Junior Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. Tel: +77272916972, e-mail: sn.akhmetova@mail.ru, ORCID 0000-0003-1048-2640;

Bukharbayeva F.U. – Junior Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan. Tel: +77272916972, e-mail: fmfm92@mail.ru, ORCID iD 0000-0003-0109-1488;

Aubakirov T.A. – doctoral student of Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan. Tel: +77056135851, e-mail: aubakirov.magistr@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6468-8041;

Zhanbekov Kh.N. – Director of academic affairs department, Doctor of Earth Sciences, professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan. Tel: 8(727)291-13-71, e-mail: hairulla418@mail.ru, ORCID 0000-0003-3535-2455.

REFERENCES

- [1] Nerozzi F. (2012) Heterogeneous catalytic hydrogenation, *Platinum Metals Review*, 56:236-241. DOI: 10.1595/147106712x654187 (in Eng.).
- [2] Crampton A.S., Rötzer M.D., Schweinberger F.F., Yoon B., Landman U., Heiz U. (2016) Ethylene hydrogenation on supported Ni, Pd and Pt nanoparticles: Catalyst activity, deactivation and the d-band model, *Journal of Catalysis*, 333:51-58. DOI:10.1016/j.jcat.2015.10.023 (in Eng.).
- [3] Yu Y., Hou Z. (2013) Soluble Nickel Nanoparticles for Catalytic Hydrogenation, *Current Organic Chemistry*, 17(4):336-347. DOI: 10.2174/1385272811317040004 (in Eng.).
- [4] Chen C., Fan R., Gong W., Zhang H., Wang G., Zhao H. (2018) The catalytic behaviour in aqueous-phase hydrogenation over a renewable Ni catalyst derived from perovskite-type oxide, *Dalton Transactions*, 47:17276-17284. DOI: 10.1039/c8dt03907k (in Eng.).
- [5] Fujita S., Yamaguchi S., Yamasaki J., Nakajima K., Yamazoe S., Mizugaki T., Mitsudome T. (2020) Ni₂P Nanoalloy as an Air-Stable and Versatile Hydrogenation Catalyst in Water: P-Alloying Strategy for Designing Smart Catalysts, *Chemistry – A European Journal*, 27(13): 4439-4446. DOI:10.1002/chem.202005037 (in Eng.).
- [6] Qi S.C., Zhang L., Einaga H., Kudo S., Norinaga K., Hayashi J. (2017) Nano-sized nickel catalyst for deep hydrogenation of lignin monomers and first-principles insight into the catalyst preparation, *Journal of Materials Chemistry A*, 5(8): 3948-3965. DOI:10.1039/c6ta08538e (in Eng.).
- [7] Lu S., Wu J., Peng H., Chen Y. (2020) Carbon-Supported Raney Nickel Catalyst for Acetone Hydrogenation with High Selectivity, *Molecules*, 25(4):803. DOI:10.3390/molecules25040803 (in Eng.).
- [8] Afineevskii A.V., Prozorov D.A., Lukin M.V., Osadchaya T.Y., Sukhachev Y.P. (2017) News of the Higher Education Institutions. Series «Chemistry and Chemical Technology» [Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiyai Khimicheskaya Tekhnologiya] 60(6):95-101. DOI: 10.6060/tcct.2017606.5409 (in Russ.).
- [9] Prozorov D.A., Afineevskii A.V., Knyazev A.V., Sukhachev Y.P., Sukhacheva M.D. (2019) *Journal of Physical Chemistry [Zhurnal Fizicheskoy Khimii]* 93(11):1681-1686. DOI: 10.1134/S0044453719110232 (in Russ.).
- [10] Shi D., Wojcieszak R., Paul S., Marceau E. (2019) Ni Promotion by Fe: What Benefits for Catalytic Hydrogenation, *Catalysts*, 9(5): 451. DOI: 10.3390/catal9050451 (in Eng.).
- [11] Zharmagambetova A.K., Talgatov E.T., Auyezkhanova A.S., Tumabayev N.Z., Bukharbayeva F.U. (2020) Effect of polyvinylpyrrolidone on the catalytic properties of Pd/ γ -Fe₂O₃ in phenylacetylene hydrogenation, *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 131(1): 153-166 DOI: 10.1007/s11144-020-01857-x (in Eng.).
- [12] Zong M.Y., Fan C.Z., Yang X.F., Wang D.H. (2021) Promoting Ni-MOF with metallic Ni for highly-efficient p-nitrophenol hydrogenation, *Molecular Catalysis*, 509:111609. DOI: 10.1016/j.mcat.2021.111609 (in Eng.).
- [13] Soszka E., Ledrzejczyk M.J., Kocemba I., Keller N., Ruppert A.M. (2020) Ni-Pd/ γ -Al₂O₃ Catalysts in the Hydrogenation of Levulinic Acid and Hydroxymethylfurfural towards Value Added Chemicals, *Catalysts*, 10(9): 1026. DOI: 10.3390/CATAL10091026 (in Eng.).
- [14] Zhang Y., Liao Y., Shi G., Wang W., Su B. (2020) Preparation, characterization, and catalytic performance of Pd–Ni/AC bimetallic nano-catalysts, *Green Processing and Synthesis*, 9(1): 760-769. DOI: 10.1515/gps-2020-0071 (in Eng.).
- [15] Méndez F.J., Solano R., Villasana Y., Guerra J., Curbelo S., Inojosa M., Olivera-Fuentes C., Brito J.L. (2016) Selective hydrogenation of 1,3-butadiene in presence of 1-butene under liquid phase conditions with NiPd/Al₂O₃ catalysts, *Applied Petrochemical Research*, 6(4):379-387. DOI: 10.1007/s13203-016-0149-y (in Eng.).
- [16] Jiang Y., Li Q., Li X., Wang X., Dong S., Li J., Hou L., Jiao T., Wang Y., Gao F. (2021) Three-Dimensional Network Pd-Ni/ γ -Al₂O₃ Catalysts for Highly Active Catalytic Hydrogenation of Nitrobenzene to Aniline under Mild Conditions, *ACS Omega*, 6(14): 9780-9790. DOI: 10.1021/acsomega.1c0044 (in Eng.).
- [17] Belykh L.B., Skripov N.I., Sterenchuk T.P., Gvozdovskaia K.L., Sanzhieva S.B., Schmidt F.K. (2019) Pd-P nanoparticles as active catalyst for the hydrogenation of acetylenic compounds, *Journal of Nanoparticle Research*, 21: 198. DOI: 10.1007/s11051-019-4641-z (in Eng.).

[18] Zharmagambetova A.K., Zhurinov M. (2019) Polysaccharide-stabilized palladium nanocatalyst for semi-hydrogenation of complex alkynols, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, 5:143-149. DOI: 10.32014/2019.2518-1491.66 (in Eng.).

[19] Dzhardimalieva G.I., Zharmagambetova A.K., Kudaibergenov S.E., Uflyand I.E. (2020) Polymer-Immobilized Clusters and Metal Nanoparticles in Catalysis, *Kinetics and Catalysis*, 61(2): 198-223. DOI:10.1134/S0023158420020044 (in Eng.).

[20] Cherkasov N., Ibhadox A.O., Rebrov E.V. (2016) Solvent-free semihydrogenation of acetylene alcohols in a capillary reactor coated with a Pd-Bi/TiO₂ catalyst, *Applied Catalysis A: General*, 515: 108-115. DOI: 10.1016/j.apcata.2016.01.019 (in Eng.).

[21] Talgatov E.T., Auyezkhanova A.S., Seitkalieva K.S., Akhmetova S.N., Zharmagambetova A.K. (2019) Effect of the Size of Polyacrylamide-Stabilized Palladium Nanoparticles Supported on γ -Fe₂O₃ on Their Catalytic Properties in the Hydrogenation of Phenylacetylene, *Theoretical and Experimental Chemistry*, 55(5): 331-336. DOI: 10.1007/s11237-019-09625-2 (in Eng.).

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 5-6, Number 449 (2021), 22-29

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1491.72>

УДК 662.62

Исаева А.Н.¹, Корганбаев Б.Н.¹, Голубев В.Г.¹, Ещенко Л.С.², Жумадуллаев Д.К.^{1*}¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь.

E-mail: daulet_ospl@mail.ru

ОБЪЕМНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ЧАСТИЦАХ ТУМАНА И КАПЛЯХ В АППАРАТЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ТИПА

Аннотация. Проведен краткий анализ существующих способов конденсации и особенности проведения объемной конденсации в среде, содержащей частицы тумана и капли жидкости. Проведены теоретические исследования процесса зародышеобразования в объеме теплообменного аппарата, Получены теоретические зависимости и дифференциальные уравнения, описывающие работу зародышеобразования, кинетический анализ, а также и теоретическое рассмотрение основных закономерностей влияния заряженных частиц и неконденсирующегося газа на интенсивность зародышеобразования в объеме аппарата в процессе конденсации паров. Получена характерная зависимость равновесного давления пара над поверхностью заряженной частицы от ее радиуса и определен теоретический поток конденсирующихся в объеме аппарата паров. Получено выражение для расчета количества микроскопических центров гетерогенной конденсации в объеме парогазовой смеси и зависимость количества центров объемной конденсации в единице объема от пересыщения при различной насыщенности тумана и капель жидкости в парогазовой смеси.

Ключевые слова: объемная конденсация, частицы тумана, капли жидкости, пересыщение, центров гетерогенной конденсации.

Введение. Конденсация паров из парогазовых смесей широко используется в различных процессах химической промышленности. Конденсация может быть организована непосредственно в объеме аппарата, например на каплях распыленной жидкости, частицах тумана, либо на охлаждаемых поверхностях. Второй способ ведения процесса имеет преимущества с точки зрения лучшей управляемости, а также возможности уменьшения количества загрязненных отходов производства, поскольку поступающая в систему конденсации парогазовая смесь часто содержит пыль или капли тумана, которые захватываются конденсатом и способствует образованию трудноразделимого шлама. Данная проблема характерна для производств фосфора и серы, для электрорудотермических и других теплообменных процессов, отличающихся одновременной конденсацией паров в объеме аппарата, заполненного парогазовой смесью, содержащей частицы тумана и капли распыленной жидкости, а также на охлаждаемых поверхностях [1,2].

При конденсации в объеме пар конденсируется на центрах конденсации, имеющихся в парогазовой смеси или спонтанно образующихся в ней. В этом случае в объеме смеси центрами конденсации служат взвешенные в газовой смеси капли жидкости, частицы тумана, ионы или поверхности спонтанно возникающих в результате флуктуаций зародышей [1,2].

Материалы и методы исследования. Если образование капель фазы конденсата происходит на посторонних частицах или газовых ионах, процесс называется гетерогенной конденсацией. Гетерогенная конденсация имеет две основные стадии: достижение паром состояния пересыщения и его конденсация на ядрах конденсации с ростом их до размеров капель тумана. Если образование капель происходит в результате конденсации пара на самопроизвольно образующихся зародышах, процесс называют гомогенной или спонтанной конденсацией. Процесс гомогенной конденсации пара состоит из следующих стадий: пересыщение пара, образование зародышей и конденсация пара на поверхности зародышей. В любом случае конденсация в объеме парогазовой смеси происходит на поверхности мелких частиц тумана и каплях (рисунок 1).

90-летие академика Национальной академии наук Республики Казахстан Е.А.БЕКТУРОВА



Исполнилось 90 лет со дня рождения и 65 лет научно-педагогической и общественной деятельности известного ученого в области физической химии высокомолекулярных соединений, академика НАН РК, лауреата Государственной премии Казахстана, заслуженного деятеля науки и техники Республики Казахстан, доктора химических наук, профессора Есена Абикеновича Бектурова.

Е.А. Бектуров родился 14 декабря 1931 года в г. Ташкенте.

В 1949 году он поступил на химический факультет Казахского государственного университета, где затем обучался в аспирантуре. В 1958 г. защитил кандидатскую, а в 1972 г. – докторскую диссертации, в 1976 г. ему присвоено ученое звание профессора. С 1958 г. по 2009 г. он работал

в Институте химических наук АН КазССР, где прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией. С 2010 по 2021 годы Е.А. Бектуров работал профессором Казахского Национального педагогического университета. В 1983 г. Е.А. Бектуров избран в члены-корреспонденты, а в 2003 г. – в академики Национальной Академии наук Республики Казахстан.

Основное научное направление Е.А. Бектурова связано с фундаментальными исследованиями в области физической химии полимеров: водорастворимые полимеры, полиэлектролиты, полиамфолиты, комплексы полимеров, полимерные катализаторы, ионопроводящие комплексы, гидрогели, наночастицы металлов, стабилизированные полимерами. По результатам исследований в изданиях Казахстана, ближнего и дальнего зарубежья опубликовано более 800 работ, среди них 18 изобретений, 8 обзорных статей в журналах США, СССР, Энциклопедии полимерных материалов (США). Издано 32 монографии, 6 из них в ФРГ, Японии, Польше, России и 4 учебных пособия. Цикл работ Е.А. Бектурова с сотрудниками «Водорастворимые полимеры и их комплексы» в 1987 г. был удостоен Государственной премии Казахской ССР.

Исследования Е.А. Бектурова получили широкое признание в нашей стране и за рубежом. Публикации регулярно цитируются в монографиях и статьях ученых ближнего и дальнего зарубежья. Министерством науки и технической политики России Е.А. Бектуров был включён в базу данных «Лидеры науки СССР» в числе 6-ти наиболее цитируемых казахстанских ученых за период 1986-1991 гг. На монографии Е.А. Бектурова опубликовано 47 рецензий известных ученых в журналах СССР, США, ФРГ, Чехии, Румынии. Результаты исследований Е.А. Бектурова включены в ряд отечественных и зарубежных монографий, справочников и учебных пособий, а также стимулировали работы в некоторых лабораториях в нашей стране и за рубежом.

Е.А. Бектуровым внесен крупный вклад в развитие физической химии полимеров, создана широко известная в мире научная школа. Большое внимание Е.А. Бектуров уделяет подготовке высококвалифицированных кадров. Под его руководством защищено 35 кандидатских и 9 докторских диссертаций, в течение ряда лет прочитаны курсы лекций в Казахском и Вильнюсском университетах, Казахском химико-технологическом институте. Е.А. Бектуров – был членом специализированных Советов по защите докторских диссертаций, членом научно-консультативного совета журнала «Химия и технология воды» (Украина) и международного исследовательского совета Американского биографического Института (США).

Е.А. Бектуров неоднократно представлял казахстанскую науку за рубежом, выезжая для участия в качестве докладчика или члена оргкомитета в международных конференциях и симпозиумах, для чтения лекций и проведения совместных работ в ведущих научных центрах Японии, ФРГ, Чехии, Турции, Ирана, Голландии, Швейцарии, Италии, Канады.

Е.А. Бектуров – заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан (1993), лауреат Государственной премии Казахстана (1987), лауреат Международного фестиваля Хорезми (Иран) и Золотой медали ЮНЕСКО им. Нильса Бора (1997) за вклад в фундаментальную науку, лауреат премии К.И. Сатпаева (20), лауреат Государственной стипендии ученых, внесших выдающийся вклад в развитие науки и техники (2000), почетный профессор Павлодарского и Семипалатинского государственных университетов, лауреат общенациональной независимой премии «Тарлан» в номинации «Наука» (2003). По данным независимого агентства аккредитации и рейтинга Е.А. Бектуров вошёл в Топ-30 лучших преподавателей Вузов (2017 г.).

Е.А. Бектуров награжден медалями «За доблестный труд», «Ветеран Труда», «10 лет Конституции Республики Казахстан», «65, 70 и 75 лет Победы в Великой отечественной войне», а также грамотами Президиума АН КазССР.

Сердечно поздравляем Есена Абикеновича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших успехов.

МАЗМҰНЫ

Акурпекова А.К., Нефедов А.Н., Дәлелханұлы Ө., Тастемирова А.Т., Абилямгажанов А.З. ГАЗДЫ ТАЗАЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИННИҢ СУДАҒЫ ЕРІТІНДІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	6
Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Бухарбаева Ф.У., Аубакиров Т.А., Жанбеков Х.Н. 3,7,11,15-ТЕТРАМЕТИЛГЕКСАДЕЦИН-1-ОЛДЫ-3 C ₂₀ СУТЕКТЕНДІРУДІҢ НИКЕЛЬ-ПАЛЛАДИЙ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ.....	14
Исаева А.Н., Корганбаев Б.Н., Голубев В.Г., Ещенко Л.С., Жумадуллаев Д.К. БЕТТІК ТИПТІ АППАРАТТАҒЫ ТҰМАННЫҢ ТАМШЫЛАРЫ МЕН БӨЛШЕКТЕРІНІҢ БУ-ГАЗҚОСПАСЫНДАҒЫ КӨЛЕМДІК КОНДЕНСАЦИЯСЫ.....	22
Қожахметова А.М., Жантасов Қ.Т., Дормешкин О.Б., Байысбай Ө.П., Досбаева А.М. ТЫҢАЙТҚЫШ ҚОСПА РЕТІНДЕ АҚСАЙ КЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ САПАЛЫ ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	30
Кудайбергенова Б.М., Қосжанова Г.Ж., Қайралапова Г.Ж., Иминова Р.С., Жумағалиева Ш.Н. КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ КРИОГЕЛЬДЕРДІҢ ЦПБ-МЕН ӘРЕКЕТТЕСУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ.....	35
Кемелбек М., Самир А.Р., Бурашева Г.Ш. KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES ӨСІМДІГІНІҢ АМИН ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫ.....	40
Мұстафаева А., Искинеева А., Фазылов С., Қожамсүгіров К., Свидерский А7 ҚАПТАЛҒАН ВИТАМИНДІ ҚОСПАМЕН ФУНКЦИОНАЛДЫ БАЙЫТЫЛҒАН ЕТ ӨНІМІ.....	45
Павличенко Л., Рысмағамбетова А., Таныбаева А., Солодова Е., Родриго Иларри Х. ЕЛЕК ӨЗЕНІ АЛҚАБЫНЫҢ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫНДАҒЫ БОР ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ (АҚТӨБЕ, ҚАЗАҚСТАН).....	53
Серикбаева А.М., Қалмаханова М.С., Масалимова Б.К., Жарлықапова Р.Б., Базарбаев Х. ОРГАНОАЛОКСИДТЕРМЕН ЕГІЛГЕН ОРГАНИКАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН САЗДАРДЫ АЛУ, ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	61
Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Боранбаева Т.К., Әбіш Ж.А., Жұман Н.И. ЖЫЛДЫҢ ЖАЗ МЕЗГІЛІНДЕ СҮТТЕГІ МОЧЕВИНАҚЫШҚЫЛЫН АНЫҚТАУ.....	69
Туктин Б.Т., Тенизбаева А.С., Темирова А.М., Сайдилда Г.Т. МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ЦЕОЛИТ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА Н-АЛКАНДАР МЕН БЕНЗИН ФРАКЦИЯЛАРЫН ӨНДЕУ.....	75
Оспанкулова Г.Х., Тоймбаева Д.Б., Ермеков Е.Е., Садуахасова С.А., Айдарханова Г.С. БИОЛОГИЯЛЫҚ ЫДЫРАЙТЫН ҮЛДІР МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУ ҮШІН НЕГІЗГІ ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ШЫҒУ ТЕГІ ӘРТҮРЛІ КРАХМАЛДАРДЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ МЕН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	84
Шаймерденова Г.С., Жантасов Қ.Т., Дормешкин О.Б., Мүсірепова Э.Б., Тастанбекова Б.О. ЖАҒАТАС КЕН ОРНЫНЫҢ БАЛАНСТАН ТЫС ФОСФАТ ШИКІЗАТЫ: ҚҰРАМЫ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫН КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ.....	93
Якияева М.А., Изтаев Б.А., Изтаев А.И., Турсунбаева Ш.А., Рахымбаева М.Н. БІРІНШІ ЖӘНЕ ЕКІНШІ СҰРЫПТЫҚ ҰНДАРДАН ЖАСАЛҒАН АШЫТҚЫСЫЗ ҚАМЫРДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ.....	99
МЕРЕЙТОЙ Есен Әбікенұлы Бектұров 90 жаста!.....	112

СОДЕРЖАНИЕ

Акурпекова А.К., Нефедов А.Н., Дэлелханұлы Ө., Тастемирова А.Т., Абиьлмагжанов А.З. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ.....	6
Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Бухарбаева Ф.У., Аубакиров Т.А., Жанбеков Х.Н. НИКЕЛЬ-ПАЛЛАДИЕВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ 3,7,11,15-ТЕТРАМЕТИЛГЕКСАДЕЦИН-1-ОЛА-3 C ₂₀	14
Исаева А.Н., Корганбаев Б.Н., Голубев В.Г., Ещенко Л.С., Жумадуллаев Д.К. ОБЪЕМНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ЧАСТИЦАХ ТУМАНА И КАПЛЯХ В АППАРАТЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ТИПА.....	22
Кожаметова А.М., Жантасов К.Т., Дормешкин О.Б., Байысбай О.П., Досбаева А.М. ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ ФОСФОРИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКСАЙ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА УДОБРЕНИЯ.....	30
Кудайбергенова Б.М., Косжанова Г.Ж., Кайралапова Г.Ж., Иминова Р.С., Жумагалиева Ш.Н. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРИОГЕЛЕЙ С ЦПБ.....	35
Кемелбек М., Самир А.Р., Бурашева Г.Ш. АМИНО- И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЯ KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES...	40
Мустафаева А., Искинеева А., Фазылов С., Кожамсугиров К., Свицерский А. ФУНКЦИОНАЛЬНО ОБОГАЩЕННЫЙ МЯСНОЙ ПРОДУКТ С ИНКАПСУЛИРОВАННОЙ ВИТАМИННОЙ ДОБАВКОЙ.....	45
Павличенко Л., Рысмагамбетова А., Таныбаева А., Солодова Е., Родриго Иларри Х. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ БОРА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ДОЛИНЫ РЕКИ ИЛЕК (АКТОБЕ, КАЗАХСТАН).....	53
Серикбаева, А.М., Калмаханова М.С., Масалимова Б.К., Жарлыкапова Р.Б., Базарбаев Х. ПОЛУЧЕНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИН С ПРИВИТЫМИ ОРГАНОАЛОКСИДАМИ.....	61
Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Боранбаева Т.К., Әбіш Ж.А, Жұман Н.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЧЕВИНЫ В МОЛОКЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ГОДА.....	69
Туктин Б.Т., Тенизбаева А.С., Темирова А.М., Сайдилда Г.Т. ПЕРЕРАБОТКА Н-АЛКАНОВ И БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ.....	75
Оспанкулова Г.Х., Тоймбаева Д.Б., Ермеков Е.Е., Садуахасова С.А., Айдарханова Г.С. ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРАХМАЛОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	84
Шаймерденова Г.С., Жантасов К.Т., Дормешкин О.Б., Мүсірепова Э.Б., Тастанбекова Б.О. ЗАБАЛАНСОВОЕ ФОСФАТНОЕ СЫРЬЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАНАТАС: КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ.....	93
Якияева М.А., Изтаев Б.А., Изтаев А.И., Турсунбаева Ш.А., Рахымбаева М.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЗДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО СОРТА.....	99
ЮБИЛЕЙ 90-летие Есена Абикиновича Бектурова!.....	112

CONTENTS

Akurpekova A.K., Nefedov A.N., Dalelhanuly O., Tastemirova A.T., Abilmagzhanov A.Z. STUDY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF METHYLDIETHANOLAMINE USED FOR GAS PURIFICATION.....	6
Jumekeyeva A.I., Akhmetova S.N., Bukharbayeva F.U., Aubakirov T.A., Zhanbekov KH.N. NICKEL - PALLADIUM CATALYSTS FOR HYDROGENATION OF 3, 7, 11, 15-TETRAMETHYLHEXADECYN-1-OL-3 C ₂₀	14
Issayeva A.N., Korganbayev B.N., Golubev V.G., Eschenko L.S., Zhumadullayev D.K. VOLUMETRIC CONDENSATION OF A VAPOR-GAS MIXTURE ON FOG PARTICLES AND DROPS IN A SURFACE-TYPE APPARATUS.....	22
Kozhakhmetova A.M., Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Baiysbay O.P., Dosbayeva A.M. RESEARCH OF THE COMPOSITION OF LOW-RATED PHOSPHORITES OF THE AKSAY DEPOSIT AS A COMPONENT OF FERTILIZER.....	30
Kudaibergenova B.M., Koszhanova G.Zh., Kairalapova G.Zh., Iminova R.S., Zhumagalieva Sh.N. REGULARITIES OF INTERACTION OF COMPOSITE CRYOGELS WITH CPB.....	35
Kemelbek M, Samir A.R, Burasheva G.Sh AMINO ACID AND FATTY ACID CONTENTS OF THE PLANT KRASCHENINNIKOVIA CERATOIDES.....	40
Mustafaeva A., Iskineyeva A., Fazylov S., Kozhamsugirov K., Sviderskiy A. FUNCTIONALLY ENRICHED MEAT PRODUCT WITH INCAPSULATED VITAMIN SUPPLEMENT.....	45
Pavlichenko L., Rysmagambetova A., Tanybayeva A., Solodova E., Rodrigo Ilarri J. ASSESSMENT OF BORON CONTENT CHANGES IN THE SURFACE WATER OF THE ILEK RIVER VALLEY (AKTOBE, KAZAKHSTAN).....	53
Serikbayeva A.M., Kalmakhanova M.S., Massalimova B.K., Zharlykapova R.B., Bazarbaev H. PREPARATION AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC MODIFIED CLAYS WITH GRAFTED ORGANOALKOXIDES.....	61
Sakieva Z.Zh., Zholmyrzayeva R.N., Boranbayeva T.K., Abish Zh.A., Zhuman N.I. DETERMINATION OF UREA IN MILK.....	69
Tuktin B.T., Tenizbaeva A.S., Temirova A.M., Saidilda G.T. PROCESSING OF N-ALKANES AND GASOLINE FRACTIONS ON MODIFIED ZEOLITE CATALYSTS.....	75
Ospankulova G.Kh., Toimbaeva D.B., Ermekov E.E., Saduakhasova S.A., Aidarkhanova G.S. STUDIES OF THE MORPHOLOGY AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF STARCHES OF VARIOUS ORIGINS AS THE MAIN RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF BIODEGRADABLE FILM MATERIALS.....	84
Shaimerdenova G.S., Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Mussirepova E.B., Tastanbekova B.O. OFF-BALANCE PHOSPHATE RAW MATERIALS OF THE ZHANATAS DEPOSIT: COMPREHENSIVE STUDY OF COMPOSITION AND STRUCTURE.....	93
Yakiyayeva M.A., Iztayev B.A., Iztayev A.I., Tursunbayeva Sh.A., Rakhymbayeva M.N. STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF YEASTLESS DOUGH FROM WHEAT FLOUR OF THE FIRST AND SECOND GRADES.....	99
ANNIVERSARY	
90th anniversary of Yesen Abikenovich Bekturov!.....	112

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

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

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

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*

Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 10.12.2021.

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

4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5-6.