

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
4 (457)

SEPTEMBER – DECEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в Astana IT University, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «USTEM Robotics» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «Almaty Digital Ustaz».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится

работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPU00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2023

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

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

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

Editor in chief:

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

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 4, Number 457 (2023), 103–115

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.196>

ӨОК 665.71

© **M. Zhumabek¹, K. Kassymkhan¹, R.O. Sarsenova^{1,2*}, Zh. Tynybek²,
S.A. Tungatarova, Z.T. Zheksenbaeva^{1,2}, 2023**

¹“D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry” JSC.
Almaty, Kazakhstan;

²«Abai Kazakh National Pedagogical University», Almaty, Kazakhstan.
E-mail: rabinur@mail.ru

INVESTIGATION OF CATALYSTS OF THE CATALYTIC PROCESSING OF NATURAL GAS METHANE INTO SYNTHESIS GAS VIA TEMPERATURE-PROGRAMMED DESORPTION

Zhumabek M. — PhD. D.V. Sokolsky" at. Senior Researcher, Laboratory of oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan
E-mail: manapkhan86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>;

Tungatarova S.A. — Chief Researcher, Doctor of Chemical Sciences, Laboratory of oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry” Almaty, Kazakhstan
E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Kasymkan K. — D.V. Sokolsky. JSC" Institute of fuel, catalysis and electrochemistry". researcher of the laboratory of oxidative catalysis. Almaty, Kazakhstan
E-mail: kaysar_007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5563-0462>

Tynybek Zh. — master's student of Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: Zhaydar.tynybek@mail.ru;

Sarsenova R.O. — D.V. Sokolsky. JSC" Institute of fuel, catalysis and electrochemistry". researcher of the oxide catalysis laboratory, PhD student of the Abai Kazakh National Pedagogical University; Almaty, Kazakhstan
E-mail: rabinur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5669-8178>

Zheksenbayeva Z.T. — Leading Researcher, Candidate of Chemical Sciences, Laboratory of oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan
E-mail: Zheksenbaeva07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8227-5710>.

Abstract. In this article, the catalysts prepared by solution combustion and impregnation methods are studied by temperature- programmed oxygen desorption (TPD). The interaction of oxygen with catalysts by the TPD method was considered, where oxygen was adsorbed on Co-Mg-Al-Mn catalysts, which include elements with different ratios and concentrations at 300 °C. According to the TPD data obtained, 2 types of adsorbed oxygen were determined, differing in the strength of their bond after the interaction of the catalyst 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50% urea with O₂. Physically adsorbed O₂ (Edes = 28.1 kJ/mol) can be attributed to the first form,

while strongly bound oxygen ($E_{des} = 59.6$ kJ/mol) to the second. For the 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % urea catalyst obtained after the experiment, 2 peaks were identified: in the low temperature region 400–675 °C, T_{1max} for weakly bound oxygen was 550 °C, and in the high temperature region 650–900 °C T_{2max} for strongly bound oxygen was 772 °C. Thus, it was determined that Co-Al-Mg-Mn catalysts have two oxygen adsorbed centers, which can play an important role in the reactions of oxidation processes, using the TPD oxygen method. In partial oxidation reactions, the strongly bound form of oxygen (the peak in the high-temperature region) is capable of reacting. The state of oxygen on the surface of the Ni-Al-Mg catalysts was studied by changing the water concentration (from 15 ml to 100 ml) after oxygen adsorption at 300 °C according to the oxygen method of the TPD. For 10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % urea + 50 ml H₂O catalysts, a significant increase in weakly bound oxygen in the low temperature region and strongly bound oxygen in the high temperature region was observed.

Keywords: methane; synthesis gas; catalyst; thermoprogrammed desorption

© М. Жумабек¹, К. Касымхан¹, Р.О. Сарсенова^{1,2*}, Ж. Тыныбек²,
С.А. Тунгатарова¹, З.Т. Жексенбаева^{1,2}, 2023

¹Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты»
АҚ, Алматы, Қазақстан;

²«Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті», Алматы, Қазақстан.
E-mail: rabinur@mail.ru

ТАБИҒИ ГАЗ МЕТАНЫН СИНТЕЗ-ГАЗҒА КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАЙТА ӨНДЕУ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫН ТЕРМОБАҒДАРЛАМАЛАНҒАН ДЕСОРБЦИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Жұмабек М. — Ph.D. Д.В. Сокольский" ат. "Жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ тотығу катализ зертханасының аға ғылыми қызметкері. Алматы, Қазақстан

E-mail: manapkhan_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>;

Тунгатарова С.А. — химия ғылымдарының докторы, профессор, Д.В. Сокольский ат. "Жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ тотығу катализі зертханасының меңгерушісі. Алматы, Қазақстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Қасымқан К. — Д.В. Сокольский ат. «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ тотығу катализ зертханасының ғылыми қызметкері. Алматы, Қазақстан

E-mail: : kaysar_007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5563-0462>;

Тыныбек Ж. — Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан

E-mail: Zhaydar.tynybek@mail.ru;

Сарсенова Р.О. — Д.В. Сокольский ат. «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ тотығу катализ зертханасының ғылыми қызметкері, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университетінің PhD докторанты; Алматы, Қазақстан

E-mail: rabinur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5669-8178>;

Жексенбаева З.Т. — химия ғылымының кандидаты; Д.В. Сокольский ат. «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ тотығу катализ зертханасының жетекші ғылыми қызметкері; Алматы, Қазақстан

E-mail: Zheksenbaeva07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8227-5710>.

Аннотация. Берілген мақалада катализаторлар ерітіндіде жану әдісімен және тасымалдағыштарға сіндіру әдісімен дайындалған катализаторлар оттегінің термобағдарламаланған десорбциялану әдісімен (ТБД) зерттелді. 300°C-та құрамындағы элементтердің қатынасы мен концентрациясы әр түрлі Co- Mg - Al -Mn катализаторлары оттегімен адсорбцияланғаннан кейін ТБД әдісімен оттегінің катализаторлармен әрекеттесуі қарастырылды. Алынған ТБД мәліметтері бойынша 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50% карбамид катализаторы O₂ - мен өзара әрекеттескеннен кейін байланысының беріктігімен ерекшеленетін адсорбцияланған оттегінің 2 түрі анықталды. Бірінші формаға физикалық адсорбцияланған O₂-ні (Едес = 28,1 кДж/моль), ал екіншісіне тығыз байланысқан оттегіні (Едес = 59,6 кДж/моль) жатқызуға болады. Тәжірибеден кейінгі алынған 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50% карбамид катализаторы үшін 2 шың анықталды: төмен температура аймағында 400–675 °C аралығында әлсіз байланысқан оттегі үшін T¹макс. = 550 °C, ал жоғары температура аймағында 650–900 °C тығыз байланысқан оттегі үшін T²макс. = 772°C екендігі анықталды. Сонымен, ТБД оттегі әдісімен Co-Al-Mg-Mn катализаторларында тотығу үрдістерінің реакцияларында маңызды рөл атқара алатын оттегінің адсорбцияланатын екі орталығы бар екендігі анықталды. Парциалды тотығу реакцияларында оттегінің берік байланысқан түрі (жоғары температуралы аймақтағы шың) реакцияға түсуге қабілетті болып табылады. Оттегінің ТБД әдісі бойынша 300°C температурада оттегінің адсорбциясынан кейін судың концентрациясын өзгерту (15 мл-ден 100 мл-ге дейін) арқылы Ni-Al-Mg катализаторларының бетіндегі оттегінің күйі зерттелді. 10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % карбамид + 50 мл H₂O катализаторлары үшін төмен температуралы аймақта әлсіз байланысқан оттегінің және жоғары температура аймақта берік байланысқан оттегінің айтарлықтай өсуі байқалды.

Түйін сөздер: метан; синтез-газ; катализатор; термобағдарламаланған десорбция

© М. Жумабек¹, К. Касымхан¹, Р.О. Сарсенова^{1,2*}, Ж. Тыныбек²,
С.А. Тунгатарова¹, З.Т. Жексенбаева^{1,2}, 2023

¹АО «Институт топлива, катализа и электрохимии» им. Д.В. Сокольского
Алматы, Казакстан;

²«Казахский Национальный педагогический университет имени Абая»,
Алматы, Казакстан.

E-mail: rabinur@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА ПРИРОДНОГО ГАЗА В СИНТЕЗ - ГАЗ МЕТОДОМ ТЕРМОПРОГРАММИРОВАННОЙ ДЕСОРБЦИИ

Жумабек М. — Ph.D. старший научный сотрудник, лаборатории окислительного катализа АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского». Алматы, Казакстан
E-mail: manarkhan_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>;

Тунгатарова С.А. — главный научный сотрудник, доктор химических наук, заведующий

лабораторий окислительного катализа АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» Алматы, Казахстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Касымхан Ж. — научный сотрудник лаборатории окислительного катализа АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского». Алматы, Казахстан

E-mail: kaysar_007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5563-0462>;

Тыныбек Ж. — магистрант Казахского национального педагогического университета имени Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: Zhaydar.tynybek@mail.ru;

Сарсенова Р.О. — научный сотрудник, лаборатории окислительного катализа АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского». Алматы, Казахстан. PhD докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая; Алматы, Казахстан

E-mail: rabinur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5669-8178>;

Жексенбаева З.Т. — ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук, лаборатории окислительного катализа АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: Zheksenbaeva07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8227-5710>.

Аннотация. В данной статье исследованы катализаторы приготовленные методом горения в растворе и пропитки на воздухе. Данные катализаторы исследовались методом термопрограммированной десорбции кислорода (ТПД). При 300 °С исследовалось взаимодействие кислорода с катализаторами с различными соотношениями и концентрациями содержащихся в составе Co-Mg - Al - Mn элементов методом ТПД. Из полученных данных ТПД 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50% карбамид катализатора после взаимодействия с O₂ выявлены 2 вида адсорбированного кислорода, отличающиеся прочностью связи. К первой форме можно отнести физически адсорбированный O₂ (Едес= 28,1 кДж/моль), а ко второй-плотно связанный кислород (Едес = 59,6 кДж/моль). Для катализатора состава 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид полученного после эксперимента были определены 2 пика: для слабо связанного кислорода в диапазоне 400–675 °С в зоне низких температур T_{макс}¹ = 550 °С, а в зоне высоких температур 650–900 °С с T_{макс}² = 772 °С для плотно связанного кислорода. Методом ТПД установлено, что катализаторы Co-Al-Mg-Mn имеют два центра адсорбции кислорода, которые могут играть важную роль в окислительных реакциях. В реакциях парциального окисления прочно связанная форма кислорода (пик в высокотемпературной зоне) способна вступать в реакцию. Исследовано состояние кислорода на поверхности катализаторов Ni-Al-Mg путем изменения концентрации воды (от 15 мл до 100 мл) после адсорбции кислорода при температуре 300 °С методом ТПД кислорода. Для катализаторов 10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % карбамид + 50 мл H₂O наблюдалось значительное увеличение слабо связанного кислорода в низкотемпературной зоне и прочно связанного кислорода в высокотемпературной зоне.

Ключевые слова: метан; синтез-газ; катализатор; термопрограммированная десорбция

Кіріспе

Әлемдегі халық санының өсуімен қатар экономиканың да қарқынды дамуы жаһандық энергияны тұтынуға деген қажеттіліктің артуына әкелуде (Fouquet, 2016). Қазіргі уақытта жыл сайын өндірілетін негізгі энергияның ~ 80% өндіру үшін қазба отындарының барлық түрлері (мысалы, мұнай, көмір және табиғи газ) қолданылады (Davidson және т.б., 2019). Қазба отындарын тотықтыру арқылы өндірілетін энергияны тұтыну кезінде көмірқышқыл газының едәуір мөлшері түзіледі, ал бұл өз кезегінде жаһандық жылыну мен климаттың өзгеруі сияқты экологиялық мәселелердің туындауына әкеледі (Allen және т.б., 2009; Matthews және т.б., 2009). Экологиялық қауіпсіз, балама және тиімділігі жоғары энергия жүйелерін зерттеу мемлекеттік саясаттың бір бөлігіне, соның ішінде өнеркәсіптік және ғылыми зерттеулердің басты тақырыбына айналды (Nakawati және т.б., 2017).

Табиғи газ өзінің орасан зор қорлары мен барлау технологияларының жылдам дамуының арқасында келешекте мұнайға балама көзі ретінде қолданылатын болады (Lu, 2015). Қазіргі уақытта метанды кәдеге жарату арқылы бағалы өнімдерді алу бағытындағы үрдістер қарқынды дамуда. Бүгінгі таңда табиғи газдың әлемдік қорының үздіксіз өсу тенденциясы байқалады және әлем бойынша жалпы қоры шамамен 198,8 трлн текше метрге бағаланады (Statistical Review of World Energy, 2020). Осыған байланысты әлемнің көптеген ғылыми-зерттеу ұйымдары химия және мұнайхимия өнеркәсібіндегі негізгі өнім болып табылатын табиғи газды синтез-газға түрлендіруде белсенділігі жоғары және селективті катализдік жүйелерді жасауға қызығушылық танытуда. Соңғы онжылдықтың көлемінде тақтатас газын өндірудің артуы метанды құнды химиялық заттарға немесе сұйық отынға айналдыруға деген қызығушылықтың қайта жандануына себеп болды. Метанды катализдік өңдеу арқылы сұйық отын мен химиялық заттарды өндіруде қолдануға болатын аралық өнім ретіндегі синтез-газды алу метанды кәдеге жаратудың маңызды жолдарының бірі болып табылады. Сутегі мен көміртегі монооксидінің қоспасы (H_2 және CO) болып табылатын синтез-газ спирттер, пластмассалар және ұзын тізбекті көмірсутектер сияқты көміртек негізіндегі әртүрлі отын мен химиялық заттарды синтездеуде химиялық компонент ретінде қолданылады (Koo және т.б., 2018). Басқа отын көздерімен салыстырғанда табиғи газ сутек өндірісінде қолданылатын бастапқы ең арзан шикізат түрлерінің бірі болып табылады (Ghareghashi және т.б., 2017).

Тәжірибелік бөлім. Жүргізілген зерттеулер барысында катализаторлар тасымалдағышқа отырғызу және ерітіндіде жану әдістерімен дайындалды (Tungatarova және т.б., 2019; Zhumabek және т.б., 2021; Tungatarova және т.б., 2019).

Катализаторлар ерітіндіде жану әдісімен (шетелдік журналдарда solution combustionsynthesis (SCS) деген атпен белгілі) дайындалды. Дайындалған үлгілердің құрамында әр түрлі мөлшерде металл нитраттары бар катализаторлардың сериясы дайындалды. Бұл тұздар алдын-ала ұнтақталып, содан кейін фарфор ыдысында араластырылды. Араластырылған тұздың қоспасына 80 °С-қа дейін қыздырылған

10 мл дистилденген суды біртіндеп қостық. Бастапқы 10 мл дистилденген су қосылған тұздардың қоспасы толығымен ерігенше бірнеше минут бойы ауада араластырылды.

Катализаторды синтездеу үшін муфель пеші алдын-ала қажетті температураға дейін (біздің жағдайда 500 °С) қыздырылды. Дайындалған ерітіндінің қоспасы фарфор ыдысынан 250 мл ыстыққа төзімді шыны стаканға құйылды және қыздырылған муфель пешінің ішіне енгізілді, синтез кезінде температураның өзгеруін бақылау үшін термопаралар орнатылды. Жану барысында пештегі қоспа стаканның қабырғаларымен көтеріледі. Содан кейін стакан ауада салқындатылып, дайын болған катализатор арнайы жабылатын шыны ыдыстарға салынды.

Катализаторларды тасымалдағыштарға сіндіру әдісімен дайындау үшін металдардың азот қышқылды тұздарының ерітінділері, ал тасымалдағыш ретінде әртүрлі табиғи және синтетикалық тасымалдағыштар қолданылды. Тасымалдағыштар алдын-ала 300 °С температурада 2 сағат бойы кептіріліп, содан кейін олардың ылғал сыйымдылығы анықталды.

Термобағдарламаланған десорбция әдісі алдын-ала зонд молекулаларының адсорбциясы жүзеге асырылған қатты заттардың бетіндегі әртүрлі сипаттағы қышқылды-негізді орталықтарды сандық сипаттауға мүмкіндік береді. Оттегінің термодесорбциясы термиялық бағдарламаланған тотығуға қарама-қарсы процеске негізделген, бұл әдіспен белсенді беттің тотығу-тотықсыздану қасиеттері сипатталады. Әртүрлі өнімдердің адсорбцияланған молекулаларының конверсиясының термодесорбциясы катализаторлардың әсер ету механизмдерін зерттеу үшін қолданылды.

ТБД модельінде, оның ішінде сандық есептеулер жүргізгенде, әр хемосорбцияланған зонд молекуласының бетінде бір қышқылды-негізді орталық орналасады деген болжамға негізделген. Осындай орталықтанған беттегі X (бет) зонд молекулаларының десорбциясын $Y(g)$ жалпы түрде (1) теңдеумен өрнектеуге болады:

$$X-Y_{(бет)} = X_{(бет)} + Y_{(г)} \quad (1)$$

Десорбциялану мүмкіндігінің термодинамикалық өлшемі - Гиббс энергиясының теріс шамасы болып табылады:

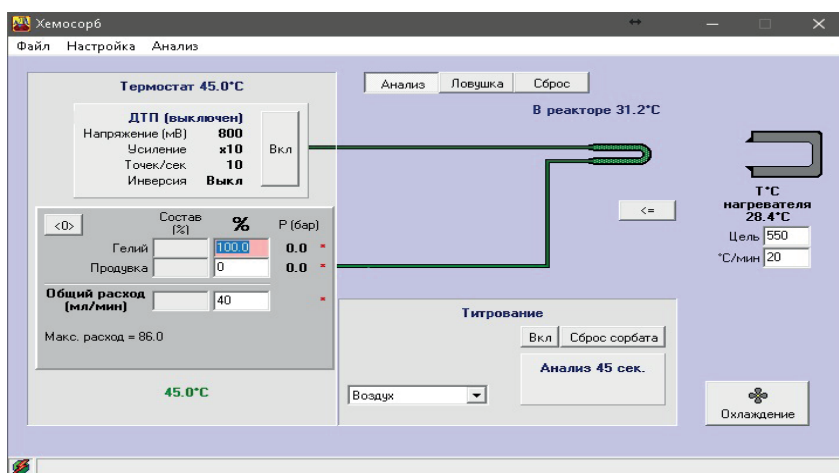
$$\Delta_{дес}G = \Delta_{дес}H_0 - T \times \{\Delta_{дес}S_0 - R \cdot \ln pY\} < 0 \quad (2)$$

Адсорбциялану сатысында үрлегеннен кейін және ТБД басталғанға дейін жүйедегі қалдық қысым $Y(g)$ физикалық адсорбцияланған молекулалардың десорбциясымен байланысты, ол үшін термиялық белсендіру жүргізу қажет емес, ал қыздыру барысында – хемосорбцияланған зонд молекулаларының десорбциясы кезінде қажет болады.

Термобағдарламаланған десорбциялану әдісімен негізінен атмосферада сутегі тотықсыздандырылғаннан кейін изотермиялық жағдайда реакциялық

газбен (аммиак, көміртегі оксиді және басқа да газдармен) қаныққан алдын ала дайындалған үлгілер зерттеледі. Қанықтыру үрдісі таза реакциялық газды да, инертті сұйылтылған реакциялық газды да қолдана отырып жүргізілуі мүмкін. Белгілі бір уақыт ішінде қаныққаннан кейін үлгіні инертті газбен, әдетте гелиймен үрлеп, алдын ала белгіленген қыздыру жылдамдығымен қыздырады. Үлгінің бетінде десорбцияланатын газ жылуөткізгіштік бойынша детектормен тіркеліп отырады.

ТБД қондырғысының негізгі бөліктері пешке орналастырылған құбырлы реактор және катарометрден тұрады. Үлгілерді зерттеу Ресейлік автоматтандырылған «Хемосорб» анализаторында жүргізілді. тәжірибенің жүргізілу шарттары туралы мәліметтерді енгізуге арналған «Хемосорб» анализаторы бағдарламасының терезесі 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 - «Хемосорб» анализаторы бағдарламасының негізгі терезесі

Анализатордың жұмыс істеуінің шарттары келесі жағдайларға арналған: қоршаған ауаның температурасы 288-ден 303 К-ға дейін (15-тен 30 °C-қа дейін); атмосфералық қысым 84-тен 106,7 кПа-ға дейін (630-дан 800 мм сын.бағ.); 25 °C температурада қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы 98 % - дан жоғары болмайды; ауада коррозия тудыратын агрессивті газдар мен булардың болуы жабық үй-жайлар үшін белгіленген санитарлық нормалардан аспайды; кеңістіктік жағдайы – көлденең (горизонтальды) болуы керек; тікелей күн сәулелерінің әсері болмауы тиіс; Айнымалы тоқ желісімен қоректендіру кернеулігі (220 ± 22–33), ал жиілігі (50 ± 1) Гц аралығында болады.

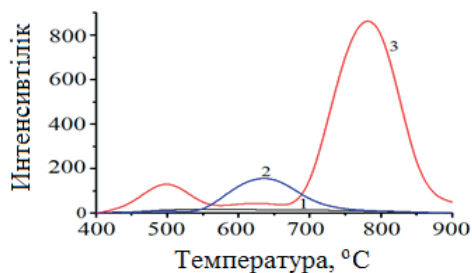
Нәтижелер және талқылау

Оттегінің температуралы-бағдарламаланған десорбциясы (ОТБД) әдісімен 300°C кезінде оттегімен адсорбцияланғаннан кейінгі келесі катализаторлардың бетіндегі оттегінің жағдайы зерттелді:

3 % Co – 41 % Mg – 3 % Al – 3 % Mn/50 % карбамид,
20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид,

41 % Co – 3 % Mg – 3 % Al – 3 % Mn/50 % карбамид.

Оттегінің термодесорбциялану әдісін қолдана отырып, элементтердің қатынасы мен концентрациясы өзгертілген Co-Al-Mg-Mn катализаторларымен оттегінің өзара әрекеттесуінің зерттеу нәтижелері 2-суретте және 1-кестеде келтірілген. Суреттен 3 % Co + 3 % Al + 41 % Mg + 3 % Mn/50 % карбамид катализаторынан оттегінің аз мөлшерде бөлінуі температураның кең аймағында (420–850 °C) жүзеге асқандығын көруге болады.



1) 3 % Co – 41 % Mg – 3 % Al – 3 % Mn/50 % карбамид, 2) 20 % Co – 20 % Al – 5 % Mg – 5 % Mn/50 % карбамид, 3) 41% Co – 3 % Mg – 3 % Al – 3 % Mn/50 % карбамид.

Сурет 2 - Катализаторлар оттегімен адсорбцияланғаннан кейінгі (T=300°C) оттегінің термодесорбциялық спектрлері

Катализатордың құрамындағы Co концентрациясын 3 % - дан 20 % - ға дейін жоғарылатқан кезде оттегі катализатормен бір шың түрінде, 20 % Co – 3 % Al – 3 % Mg – 3 % Mn/50 % карбамид катализаторында 525–850 °C аралығында, ал ең жоғары $T_{\text{макс.}}^1 = 635$ °C температурада бір шың түрінде десорбцияланды.

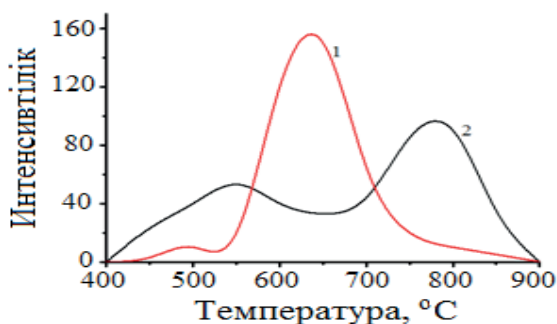
Ары қарай, катализатордың құрамындағы Co концентрациясын 41%-ға дейін жоғарылатқанда төмен температуралы (425–575 °C) аймақта ең жоғары $T_{\text{макс.}}^1 = 495$ °C болатын әлсіз байланысқан оттегі мөлшерінің едәуір артуына, ал жоғары температуралы (675–890 °C) аймақта ең жоғары $T_{\text{макс.}}^2 = 795$ °C болатын тығыз байланысқан оттегі мөлшерінің едәуір артуына әкелді. Сонымен бірге, 41 % Co - 3% Al – 3 % Mg – 3 % Mn катализаторында десорбцияланған оттегінің мөлшері екінші жоғары температуралы десорбция аймағында өсті және сонымен бірге максималды десорбция жылдамдығының температурасы жоғары температура аймағына 160 °C -ға ауысты. 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид катализаторына қарағанда катализатора 41 % Co – 3 % Mg – 3 % Al -3 % Mn катализаторында десорбцияланған оттегінің мөлшері жоғары болды.

Кесте 1 – Оттегімен адсорбцияланған катализаторлардың термодесорбциялық және энергетикалық сипаттамалары

Катализаторлар	$T_{\text{адс.}}^?$ °C	$T_{\text{интервал}}^?$ °C	$T_{\text{макс.}}^?$ °C	Адсорбцияланған оттегінің мөлшері, 1×10^6 мкл/г	$E_{\text{дес.}}^?$ кДж/моль
3% Co - 41% Mg - 3% Al - 3% Mn	300	420-680	537	0,044	41,03
		435-735	595	0,048	
		600-850	700	0,037	

20% Co - 5% Mg - 20% Al - 5% Mn	300	525-850	635	0,5	28,1
				0,6	59,6
41% Co - 3% Mg - 3% Al 3% Mn	300	425-575	495	0,12	35,2
		675-890	795	0,13	
20% Co - 5% Mg - 20% Al - 5% Mn (тәжірибеден кейінгі)	300	400-675	550	0,45	25,2
		650-900	772	0,49	53,6

Сонымен, алынған ТБД мәліметтері бойынша 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид катализаторы O_2 — мен өзара әрекеттескеннен кейін байланысының беріктігімен ерекшеленетін адсорбцияланған оттегінің 2 түрі анықтады. Бірінші формаға физикалық адсорбцияланған O_2 -ні ($E_{\text{дес}} = 28,1$ кДж/моль), ал екіншісіне тығыз байланысқан оттегіні ($E_{\text{дес}} = 59,6$ кДж/моль) жатқызуға болады.



- 1) 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид (бастапқы), 2) 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50% карбамид (тәжірибеден кейінгі).

Сурет 3 - Катализаторлар оттегімен адсорбцияланғаннан кейінгі ($T=300$ °C) оттегінің термодесорбциялық спектрлері

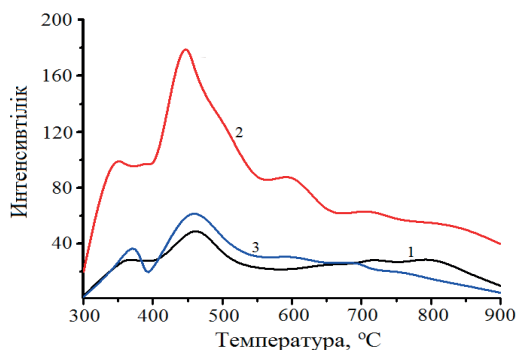
Термодесорбция әдісін қолдана отырып 300 °C-та оттегінің катализаторлармен (20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид (бастапқы) және 20 % Co – 5 % Mg – 20 % Al – 5 % Mn/50 % карбамид (тәжірибеден кейінгі) өзара әрекеттесіп, адсорбциялануының нәтижелері 3 – суретте көрсетілген. Тәжірибеден кейінгі алынған катализатор үшін 2 шың анықталды: төмен температура аймағында 400–675 °C аралығында әлсіз байланысқан оттегі үшін $T_{\text{макс}}^1 = 550$ °C, ал жоғары температура аймағында 650–900 °C тығыз байланысқан оттегі үшін $T_{\text{макс}}^2 = 772$ °C екендігі анықталды. Десорбцияның екінші жоғары температуралы аймағында пайдаланылған катализаторда десорбцияланған оттегінің мөлшері артты және бір мезгілде десорбциялану температурасы жоғары температуралы аймаққа ауысты.

Сонымен, ТБД оттегі әдісімен Co-Al-Mg-Mn катализаторларында тотығу үрдістерінің реакцияларында маңызды рөл атқара алатын оттегінің адсорбцияланатын екі орталығы бар екендігі анықталды. Парциалды тотығу реакцияларында оттегінің берік байланысқан түрі (жоғары температуралы аймақтағы шың) реакцияға түсуге қабілетті болып табылады.

Оттегімен температуралы-бағдарламаланған әдіс бойынша 300 °С температурада оттегінің адсорбциясынан кейін судың концентрациясын өзгерту (15 мл-ден 100 мл-ге дейін) арқылы келесі катализаторлардың бетіндегі оттегінің күйі зерттелді:

- 10 % Ni – 35 % Al – 5 % Mg/50 % карбамид + 15 мл H₂O,
- 10 % Ni – 35 % Al – 5 % Mg/50 % карбамид + 50 мл H₂O,
- 10 % Ni – 35 % Al – 5 % Mg/50 % карбамид + 100 мл H₂O.

Алынған нәтижелер 4-суретте және 2 кестеде келтірілген:



а) 15 мл H₂O, б) 50 мл H₂O, в) 100 мл H₂O.

Сурет 4 - Катализаторлардың 300°С-та оттегімен адсорбциялағаннан кейінгі оттегімен термодесорбциялық спектрлері

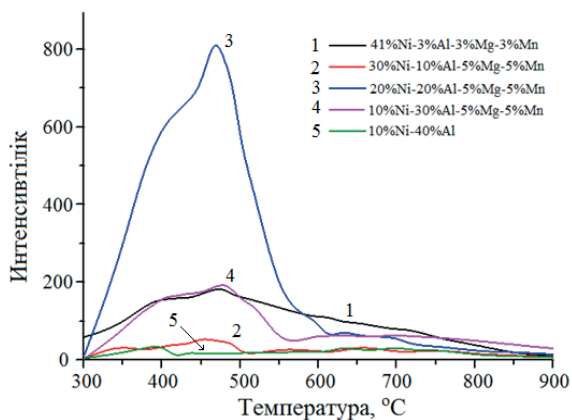
10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % карбамид (15 мл және 100 мл H₂O) катализаторларында жасалынған оттегінің ТБД спектрлері бірдей екенін көруге болады. Алынған спектр нәтижелерінен 295–450 °С ($T_{\text{макс.}}^I = 355$ °С) және 350–590 °С ($T_{\text{макс.}}^{II} = 455$ °С) аралығында әлсіз шыңдарды байқауға болады. 10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % карбамид катализаторына 50 мл H₂O қосқан кезде десорбцияланған оттегінің мөлшері күрт артады және ең жоғары шыңдар 358, 453 °С-та сақталатындығын 4-суреттен көруге болады.

Кесте 2 – Катализаторлардағы адсорбцияланған оттегінің термодесорбциялық және энергетикалық сипаттамалары

Катализаторлар	T _{алс.} , °С	T _{интервал} , °С	T _{макс.} , °С	Адсорбцияланған оттектің мөлшері, 1×10 ⁶ мкл/г
10% Ni - 35% Al - 5% Mg + 15 мл H ₂ O	300	295-380	355	0,5
		400-550	455	1,7
10% Ni - 35% Al - 5% Mg + 50 мл H ₂ O	300	300-450	358	4,1
		375-590	453	6,4
10% Ni - 35% Al - 5% Mg + 100 мл H ₂ O	300	290-400	355	1,4
		375-575	455	1,7
10% Ni - 35% Al - 5% Mg + 15 мл H ₂ O (тәжірибеден кейінгі)	300	330-575	413	3,3
		610-800	750	3,5

10 % Ni + 35 % Al + 5 % Mg/50 % карбамид + 50 мл H₂O катализаторлары үшін төмен температуралы аймақта әлсіз байланысқан оттегінің және жоғары температура аймақта берік байланысқан оттегінің айтарлықтай өсуі байқалады. Десорбцияланған оттегінің мөлшері 2,2–3,1-ден $10,5 \times 10^6$ мкл/г-ға дейін артады. Төмен температуралы аймақтағы десорбция әлсіз байланысқан оттегіге жатады, ал жоғары температуралы аймақта кездесетін шын оксидтердің ыдырауымен байланысты.

Құрамындағы элементтердің қатынасы мен концентрациясы өзгертілген Ni-Al-Mg-Mn катализаторлары 300 °C-та оттегімен адсорбцияланғаннан кейін оттегімен термодесорбциялану әдісін қолдана отырып катализаторлардың оттегімен әрекеттесуін зерттеу нәтижелері 5-суретте және 3-кестеде көрсетілген.



Сурет 5 - 300°C-та оттегімен адсорбцияланғаннан кейінгі катализаторлардан термодесорбцияланған оттегінің спектрлері

Зерттеу барысында 10 % Ni – 40 % Al және 30 % Ni – 10 % Al – 5 % Mg – 5 % Mn катализаторларында оттегінің ең аз мөлшері десорбцияланғандығын 350 °C және 450 °C температурада әлсіз максимумдар түрінде бейнеленгенін 5 - суреттен көруге болады. Катализаторлардың құрамындағы алюминийдің концентрациясын 40 %-дан 3 %-ға дейін азайтқанда, десорбцияланған оттегінің мөлшері 3,1-ден $14,6 \times 10^6$ мкл/г-ға дейін едәуір артады. 300 °C-та оттегімен адсорбцияланғаннан кейін оттегінің ең көп мөлшері 20 % Ni + 20 % Al + 5 % Mg + 5 % Mn катализаторында десорбцияланғаны анықталды.

Адсорбцияланған оттегінің десорбциялануы 300–575 °C аралығында жүрді, ал температура 410 °C және 465 °C болғанда максимум арқылы өтті. Жалпы десорбцияланған оттегінің мөлшері $57,9 \times 10^6$ мкл/г құрады.

Кесте 3 – Катализаторлардағы адсорбцияланған оттегінің термодесорбциялық және энергетикалық сипаттамалары

Катализаторлар	$T_{\text{адс.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{интервал}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{макс.}}, ^\circ\text{C}$	Адсорбцияланған оттегінің мөлшері, 1×10^6 мкл/г
41% Ni - 3% Al - 3% Mg - 3% Mn	300	275-500	400	6,8
		350-640	475	7,4
30% Ni - 10% Al - 5% Mg - 5% Mn	300	275-440	350	1,3
		360-550	450	1,8
20% Ni - 20% Al - 5% Mg - 5% Mn	300	300-525	410	26,8
		355-575	465	31,1
10% Ni - 30% Al - 5% Mg - 5% Mn	300	300-500	410	7,2
		310-600	470	7,9

Қорытынды

Сонымен, 300 $^\circ\text{C}$ -та құрамындағы элементтердің қатынасы мен концентрациясы әр түрлі Ni - Al - Mg - Mn катализаторлары оттегімен адсорбцияланғаннан кейін ТБД әдісімен оттегінің катализаторлармен әрекеттесуі зерттелді. Ni - Al - Mg-Mn катализаторларымен адсорбцияланған оттегінің адсорбциялық және энергетикалық сипаттамалары анықталды. ТБД бойынша алынған мәліметтерден оттегімен адсорбцияланғаннан кейін катализаторлардан өнімдердің десорбциялануы бір-бірінен екі шың түрінде: негізінен $T_{\text{макс}}$ және десорбцияның температуралық аралықтарымен ерекшеленетін болады. SCS әдісімен дайындалған катализаторлар метанның тотығу және көмірқышқылды конверсиялануы үрдісінде жоғары нәтижелер көрсетті. Алынған физика-химиялық нәтижелерді жинақтап, мәліметтерді талдау нәтижесінде үрдістің көрсеткіштерін арттыру мақсатында одан әрі тереңірек зерттеулер жүргізу үшін мүмкіндіктер бар екендігі анықталды. SCS әдісімен дайындалған катализаторларда шпинельдердің түзілуі ерітіндіде жану әдісі барысында температура мен суыту жылдамдығының жоғары болуынан катализаторлардың белсенді орталықтары ретінде әрекет ететін SCS катализаторларында дефектілі құрылымының пайда болуына әкеледі.

REFERENCES

- Allen M.R., Frame D.J., Huntingford C., Jones C.D., Lowe J.A., Meinshausen M., Meinshausen N. (2009). Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. — *Nature*. 458, — 1163–1166. (in Eng.), — <https://doi:10.1038/nature08019>
- Davidson D.J. (2019). Exnovating for a renewable energy transition. — *Nature Energy*. 4, — 254–256. (in Eng.), — <https://doi:10.1038/s41560-019-0369-3>
- Fouquet R. (2016). Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation. *Energy Research Social Science*. 22, — 7–12. (in Eng.), — <https://doi:10.1016/j.erss.2016.08.014>
- Ghareghashi A., Shahraki F., Razzaghi K., Ghader S., Torangi M.A. (2017). Enhancement of gasoline selectivity in combined reactor system consisting of steam reforming of methane and Fischer-Tropsch synthesis. *Korean Journal of Chemical Engineering*. — 34, — 87–99. (in Eng.), — <https://doi:10.1007/s11814-016-0242-z>
- Hakawati R., Smyth B.M., McCullough G., De Rosa F., Rooney D. (2017). What is the most energy

- efficient route for biogas utilization: Heat, electricity or transport. *Applied Energy*. — 206. — 1076–1087. (in Eng.), — <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.068>
- Koo H.M., Park M.J., Moon D.J., Bae J.W. (2018). Kinetic models of Fischer-Tropsch synthesis reaction over granule-type Pt-promoted Co/Al₂O₃ catalyst. *Korean Journal of Chemical Engineering*. — 35, — 1263–1273. (in Eng.), — <https://doi.org/10.1007/s11814-018-0032-x>
- Lu S-M. (2015). A global survey of gas hydrate development and reserves: specifically in the marine field. *Renewable and sustainable energy reviews*. — 41. — 884–900. (in Eng.), — <https://doi:10.1016/j.rser.2014.08.063>
- Matthews H.D., Gillett N.P., Stott P.A., Zickfeld K. (2009). The proportionality of global warming to cumulative carbon emissions. *Nature*. — 459. — 829–832. (in Eng.), — <https://doi:10.1038/nature08047>
- Statistical Review of World Energy. (2020). 69th edition. 65. Full report – BP Statistical Review of World Energy — 2020
- Tungatarova S., Baizhumanova T., Zheksenbaeva Z., Zhumabek M., Kaumenova G., Aubakirov Y., Begimova G. (2019). Nanosized Composite Pt-Ru Catalysts for Production of Modern Modified Fuels. *Chemical Engineering Technology*. — 42 (4), — 918–924. (in Eng.), — <https://doi:10.1002/ceat.201800522>
- Tungatarova S., Xanthopoulou G., Baizhumanova T., Zhumabek M., G. Kaumenova G., Massalimova B., Shorayeva K. (2019). Catalytic methane reforming into synthesis-gas over developed composite materials prepared by combustion synthesis. *Reaction Kinetics, Mechanisms, and Catalysis*. — 126 (2). — 645–661. (in Eng.), — <https://doi.org/10.1007/s11144-019-01541-9>
- Zhumabek M., Xanthopoulou G., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Vekinis G., Murzin D. (2021). Biogas reforming over Al-Co catalyst prepared by solution combustion synthesis method. *Catalysts*. — 11 (2), — 1–16. (in Eng.), — <https://doi:10.3390/catal11020274>

CONTENTS

A. Abdullin, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potopova, A. Raisova
INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE OF SYNTHESIZED
ZINC-PHOSPHATE CEMENT CLINKER.....7

G.F. Sagitova, N.B. Ainabekov, Yu.A. Nifontov, N.M. Daurenbek
SELECTION OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BITUMEN
MATERIALS BASED ON LOCAL RESOURCES.....19

Kh. Akimzhanova, A. Sabitova, Zh. Kairbekov, B. Mussabayeva, B. Bayahmetova
CHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE BLACK AND WHITE MUD
OF THE SHOSHKALY LAKE.....31

**A.S. Auyezkhanova, D.E. Zhanuzak, A.I. Jumekeyeva, Zh.K. Korganbaeva,
A.A. Naizabayev**
CHITOSAN-STABILIZED CATALYSTS FOR CYCLOHEXANE OXIDATION
TO KA-OIL.....44

Ya.A. Vissurkhanova, L.K. Abulyaissova, N.M. Ivanova, B.F. Minaev
MOLECULAR SIMULATION OF THE INTERACTION OF POLYVINYL
ALCOHOL WITH POTENTIAL ACTIVE CENTERS OF COPPER (II)
OXIDE SURFACE.....54

E.A. Gabrilyants, R.S. Alibekov, G.E. Orymbetova
DEVELOPMENT OF CAMEL MILK CHEESE TECHNOLOGY
AND RESEARCH OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS.....69

**G.T. Yelemessova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev, A.Ye.
Ayazbayeva, A.V. Shakhvorostov**
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PREFORMED PARTICLE
GELS (PPG) TO INCREASE OIL RECOVERY.....79

E.A. Zhakmanova, G.Zh. Seytenova, R.M. Dyusova
REVIEW OF THE CURRENT STATE OF APPLICATION OF MATHEMATICAL
MODELING METHODS FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING REFINERIES
IN KAZAKHSTAN AND ABROAD.....92

**M. Zhumabek, K. Kassymkhan, R.O. Sarsenova, Zh. Tynybek, S.A. Tungatarova,
Z.T. Zheksenbaeva**
INVESTIGATION OF CATALYSTS OF THE CATALYTIC PROCESSING
OF NATURAL GAS METHANE INTO SYNTHESIS GAS VIA
TEMPERATURE-PROGRAMMED DESORPTION.....103

M. Ibrayeva, N. Duzbayeva, Zh. Mukazhanova, K. Kabdysalym, Achyut Adhikari ISOLATION OF FLAVONOIDS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY FROM PLANT OF GENUS THYMUS SERPYLLUM L.	116
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, G. Rakhmetova, A. Apendina, I. Nurlybaev FEATURES AND CHEMICAL PROPERTIES OF ANTHOCYANINS.....	124
B.Zh. Iskendirov, G.F. Sagitova, S.B. Kurbanova, G.F. Aitimbetova, A.S. Sadyrbayeva DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING RESIDUES FROM THE DISTILLATION OF A MIXTURE OF OILS AND GAS CONDENSATES.....	144
X.A. Leontyeva, D.S. Puzikova, G.M. Khussurova, P.V. Panchenko, A.K. Galeyeva ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF BISMUTH SULFIDE THIN FILMS.....	158
M.M. Mataev, M.A. Nurbekova, B. Keskin, Z.B. Sarsenbayeva SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF POLYCRYSTAL $\text{FeMnO}_3\text{-Ho}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	173
R. Safarov, Zh. Shomanova, E. Kopishev, Yu. Nossenko, Zh. Bexeitova, R. Kamatov SPATIAL DISTRIBUTION OF PM2.5 AND PM10 POLLUTANTS IN RESIDENTIAL AREA OF PAVLODAR, KAZAKHSTAN.....	181

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**www.nauka-nanrk.kz
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>
ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Подписано в печать 30.12.2023.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.