

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

5 (419)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2016 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2016 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2016**

1947 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1947 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Ағабеков В.Е. проф., академик (Белорус)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Ресей)
Газалиев А.М. проф., академик (Қазақстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Қазақстан)
Жармағамбетова А.К. проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Қырғыстан)
Итқулова Ш.С. проф. (Қазақстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Қазақстан)
Баешов А.Б. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бүркітбаев М.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Молдахметов М.З. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Мансуров З.А. проф. (Қазақстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Қазақстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Стрельцов Е. проф. (Белорус)
Тәшімов Л.Т. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Тәжікстан)
Фарзалиев В. проф., академик (Әзірбайжан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №1089-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / chemistry-technology.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Агабеков В.Е. проф., академик (Беларусь)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Россия)
Газалиев А.М. проф., академик (Казахстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Казахстан)
Жармагамбетова А.К. проф. (Казахстан), зам. гл. ред.
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Кыргызстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Казахстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Казахстан)
Баешов А.Б. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Буркитбаев М.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Мулдахметов М.З. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Мансуров З.А. проф. (Казахстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Казахстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Стрельцов Е. проф. (Беларусь)
Ташимов Л.Т. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Таджикистан)
Фарзалиев В. проф., академик (Азербайджан)

«**Известия НАН РК. Серия химии и технологии**».

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 и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан **№10893-Ж**, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
<http://наука-nanrk.kz / chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142,
Институт органического 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
doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

Editorial board:

Agabekov V.Ye. prof., academician (Belarus)
Volkov S.V. prof., academician (Ukraine)
Vorotyntsev M.A. prof., academician (Russia)
Gazaliyev A.M. prof., academician (Kazakhstan)
Yergozhin Ye.Ye. prof., academician (Kazakhstan)
Zharmagambetova A.K. prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Zhorobekova Sh.Zh. prof., academician (Kyrgyzstan)
Itkulova Sh.S. prof. (Kazakhstan)
Mantashyan A.A. prof., academician (Armenia)
Praliyev K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Bayeshov A.B. prof., corr. member (Kazakhstan)
Burkitbayev M.M. prof., corr. member (Kazakhstan)
Dzhusipbekov U.Zh. prof., corr. member (Kazakhstan)
Muldakhmetov M.Z. prof., corr. member (Kazakhstan)
Mansurov Z.A. prof. (Kazakhstan)
Nauryzbayev M.K. prof. (Kazakhstan)
Rudik V. prof., academician (Moldova)
Streltsov Ye. prof. (Belarus)
Tashimov L.T. prof., corr. member (Kazakhstan)
Toderash I. prof., academician (Moldova)
Khalikov D.Kh. prof., academician (Tadjikistan)
Farzaliyev V. prof., academician (Azerbaijan)

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 periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10893-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Editorial address: Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky
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, Number 419 (2016), 5 – 11

UDC 661.961.6

Y.Y. Nurmakonov¹, A.J. McCue², J.A. Anderson², S.S. Itkulova¹, S.K. Kussanova¹¹D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, 142, Kunaev str., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan;²Surface Chemistry and Catalysis Group, Materials and Chemical Engineering, School of Engineering, University of Aberdeen, AB24 3UE, Scotland, United Kingdom**METHANE REFORMING BY CO₂ OR CO₂-H₂O OVER Co-CONTAINING SUPPORTED CATALYSTS**

Abstract: Co-containing catalysts promoted by noble metal and supported on alumina modified with rare earth metal have been studied in dry and combined dry-steam reforming of methane. The effect of the amounts of additive – noble and rare earth metals on the catalyst performance in both dry and combined reforming of methane have been assessed. With this aim, the activity and stability of supported cobalt catalysts Co/ γ -Al₂O₃ modified with various amounts of M and R additives have been investigated under atmospheric pressure, GHSV= 1000hr⁻¹, varying the process temperature within 300-800°C. It has been shown that modified catalysts exhibit a high stable activity for the production of syngas with a variety of H₂/CO ratios depending on a type of process and its conditions.

Keywords: methane dry reforming, combined dry-steam reforming, Co-containing catalyst, syngas.

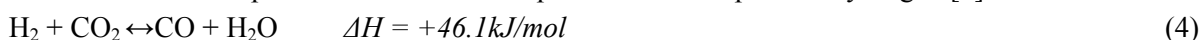
Introduction

The considerable use of fossil fuels dictates the development of alternative technologies based on non crude oil feedstock with minimum environmental impact. Syngas (a mixture of hydrogen and carbon monoxide) seems to be an important step of manufacturing chemicals, as well as liquid fuels *via* Fischer-Tropsch (FT) synthesis [1]. Methane, mostly, is a main raw material and its price and availability affect the economics of syngas production [2]. Therefore, methane containing feedstock as natural gas, biogas etc. is becoming a critical carbon-based energy source. Methane is a major constituent of natural gas, making up to 98% of the gas depending on its source, also it is a main component of biogas and processes based on them will become more vital in the near future [3]. The most common processes to convert methane into syngas are steam reforming (1), partial oxidation (2), and dry reforming (3) [4, 5]:



Among these processes, dry reforming is more attractive because it produces syngas with the H₂/CO ratio close to unity which suitable for oxo-synthesis, and FT synthesis [6, 7]. From environmental point of view, methane and carbon dioxide are two main greenhouse gases their involving to process contributes to carbon footprint reduction.

The dry reforming of methane is typically followed by reverse water-gas shift reaction (4), and it appears to be the most important because of its dependence on the product hydrogen [8]:



Due to the DRM works in presence of high concentrations of carbon-containing compounds which lead to deactivation of the catalyst as carbon deposition, originating from methane decomposition (5) and the Boudouard's reaction (6) [9]:





The coke deposition problem can be overcome either by developing catalysts that minimize coke formation, by adding steam or oxygen and working at low temperatures; the reaction (5) is thermodynamically limited under these conditions [10].

Research on the catalyst development for the dry reforming of methane deals with the exploration of catalysts, which are highly effective and stable to carbon deposition, sintering and forming of inactive chemical species. DRM was first studied by Fischer and Tropsch on Ni- and Co-based catalysts [11], afterwards a large number of catalysts have been tested and it has been demonstrated that all members of group VIII metals with the exception of osmium, perform activity towards this reaction, among these metals Rh and Ru have superior activity and stability, as respects, high cost of these catalysts, noble metals on the whole, prevents their industrial application [12, 13].

Numerous studies of supported cobalt catalysts have been published for developing high active and stable catalyst, factors as the preparation technique, the addition of promoter, the choice of support were investigated to improve efficiency.

Supported cobalt catalysts have good stability against temperature changes. Also the mechanism of carbon deposition on Co is probably different from that on Ni [12]. Co-based catalysts are potential alternative catalysts.

In the present study, the effect of various amounts of noble metal – M and R – rare earth metal on Co-based catalyst was investigated.

Experimental

The polymetallic Co-containing catalysts were prepared by impregnating alumina with a solution containing metal salts followed by thermal treatment. The total content of Co+M metals was 5 wt.%. The amount of noble metal – M is indicated as a percentage by mass based on metal content (Co+M). The mass ratio of Co: M varied from 95:5 to 9:1. The amount of rare earth metal (R) was 2 and 5 wt.%.

The physico-chemical properties of the catalysts were studied using TPR and nitrogen adsorption/desorption isotherms.

TPR profiles of the samples were recorded with ThermoScientific TPDRO 1100 equipped with a TCD detector. The TPR profiles were obtained by exposing the samples to 5% H₂ in N₂ at a flow rate of 20 ml/min while the temperature was increased from ambient to 800°C at 5°C/min.

The processes were carried out in a laboratory flow quartz reactor with programmed heating and a controlled feeding velocity, operated at atmospheric pressure, the volume of catalyst was 6 mL. The temperature was varied from 300 to 800°C; the ratio of CH₄/CO₂ was 1, and the gas hourly space velocity (GHSV) was 1000 h⁻¹. Steam was added in amount 20% (vol.) in combined dry-steam reforming of methane (or bireforming of methane). Duration of the catalyst test was 8-100 hours.

The initial and final reaction products were analyzed by on-line GC. The liquid products were collected in a special cooling trap and analyzed after the process.

The conversion degrees of methane (X_{CH₄}, %) and carbon dioxide (X_{CO₂}, %), calculated according to formulas 1 and 2, were used to determine and compare the catalysts activity.

$$X_{\text{CH}_4} = ([\text{CH}_4]_{\text{in}} - [\text{CH}_4]_{\text{fin}}) * 100\% / [\text{CH}_4]_{\text{in}} \quad (\text{formula 1})$$

$$X_{\text{CO}_2} = ([\text{CO}_2]_{\text{in}} - [\text{CO}_2]_{\text{fin}}) * 100\% / [\text{CO}_2]_{\text{in}} \quad (\text{formula 2})$$

Where [CH₄] and [CO₂] are the concentrations of CH₄ and CO₂ respectively, and the subscripts *in* and *fin* refer to initial feed and final products, respectively.

The conversion of water was not calculated because of the complexity resulting from differentiating between unreacted water and water formed due to the secondary reactions.

Results

1. Catalyst test

To identify the effect of additives on Co alumina supported catalyst, the monometallic 4%Co/Al₂O₃ was investigated in methane dry reforming. The effect of the temperature on the dry reforming of methane over 4%Co/Al₂O₃ is shown in Figure 1. The catalyst does not exhibit a high activity in the process at

temperature lower than 800°C. The conversion of methane and carbon dioxide grows from 5.8 to 13.0% while temperature increases from 400 to 750°C (Figure 1).

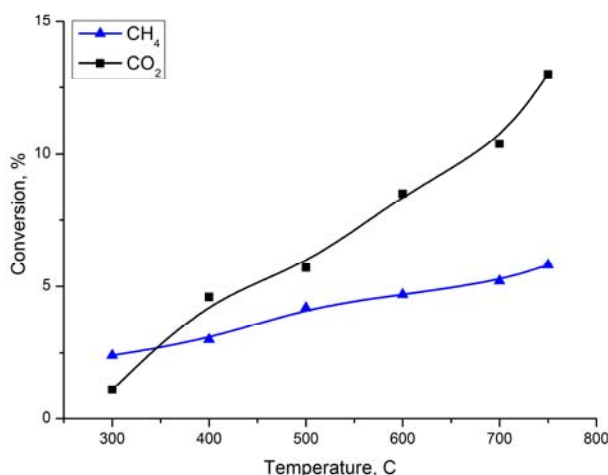


Figure 1 – Effect of the temperature on dry reforming of methane over the 4%Co/Al₂O₃ catalyst

The monometallic 4%Co/Al₂O₃ catalyst is not active in combined dry-steam reforming of methane. Methane conversion is not high at 5%. The possible reason of that is formation of inactive Co hydroxides observed by TEM [15].

To modify Co-containing catalysts the additives of noble metal and rare earth metal were introduced to the catalyst composition. Compared to the monometallic catalyst modified catalysts showed significant activity in the dry reforming of methane. It can be observed (Figure 2a) that all modified catalysts exhibited a methane conversion of above 93.3%. The superior activity among them 5%Co-M (9:1)/Al₂O₃-5%R and 5%Co-M(95:5)/Al₂O₃-5%R catalysts have shown in conversion of CH₄-CO₂.

In Figure 2b, it is shown that complete conversion of carbon dioxide was observed over all the catalysts in the dry reforming of methane. It should be noted, CO₂ conversion is higher compared to methane conversion. The syngas with a ratio H₂/CO close to unity is a main feature over all the tested polymetallic catalysts.

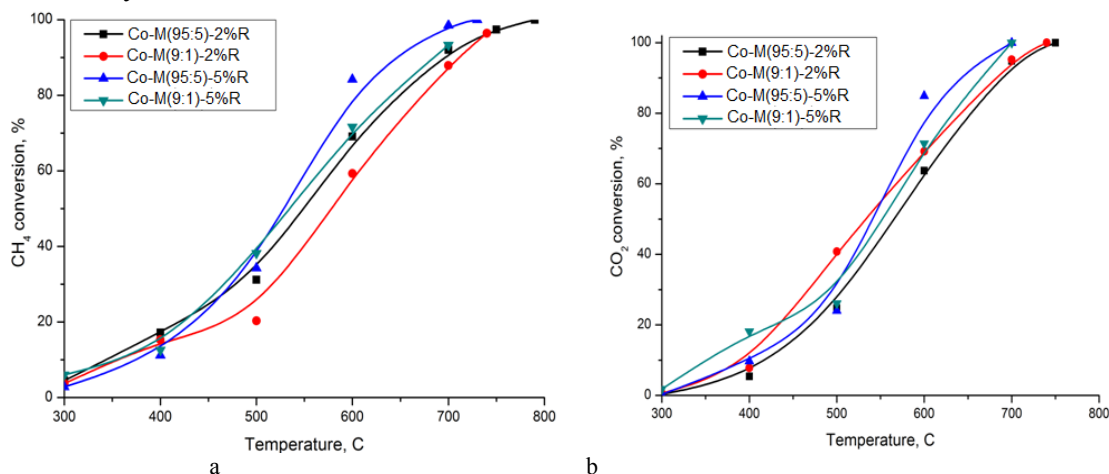


Figure 2 – Effect of the temperature on the degree of conversion of methane (a) and carbon dioxide (b) in the dry reforming

The same effect of the temperature on combined dry-steam reforming was observed over the catalysts (Figure 3). Comparison of the dry reforming and bireforming of methane over the catalysts demonstrates that complete methane conversion is achieved at lower temperature in bireforming. For instance, the complete conversion of both CH₄ and CO₂ over the Co-M(95:5)-2%R/Al₂O₃ in the dry reforming of methane was achieved at 790°C while in the bireforming the complete conversion was lower

by 90°C. Also, this pattern can be seen on the Co-M/Al₂O₃-R catalysts with a higher content of rare earth metal – 5% and ratio of Co-M varied within 90-95:5-10, where difference between temperatures of complete methane conversion in DRM and bi reforming is 20°C. Syngas enriched in hydrogen formed during bireforming of methane, and the ratio of H₂/CO reached a value is 2.1. Syngas with such a ratio is suitable for FT synthesis.

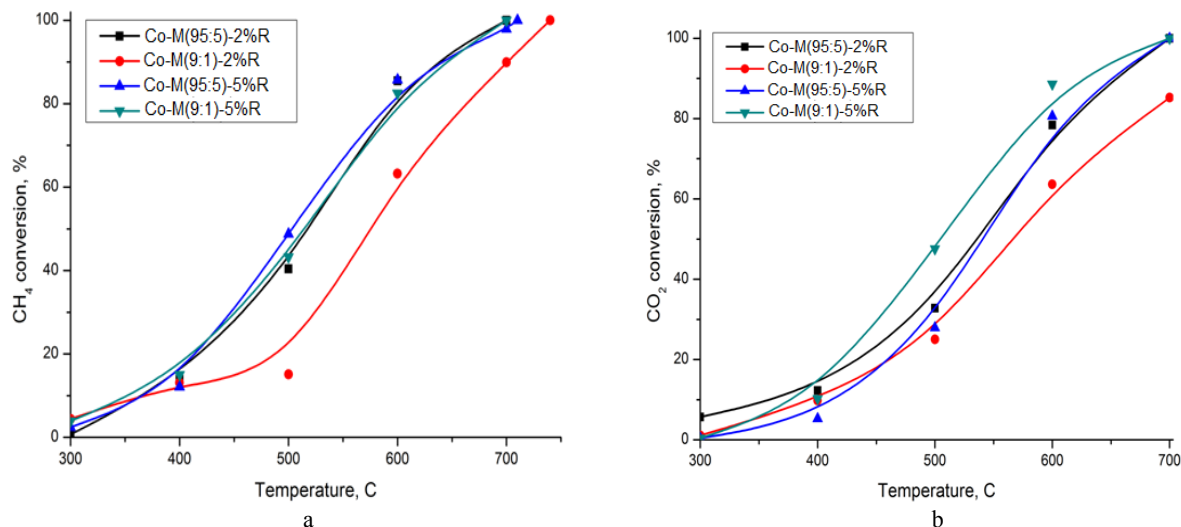


Figure 3 – Effect of temperature on the degree of conversion of methane (a) and carbon dioxide (b) in the combined dry-steam reforming of methane

To determine the stability, the catalysts with varied amount of noble metals: 5%Co-M(95:5)-5%R and 5%Co-M(9:1)-5%R catalysts have been taken. The results of the long-term study of the catalysts in both DRM and bireforming are presented for the catalyst with higher and lower content of noble metal in Figures 4 and 5 respectively. Temperature was increased from 300 to 700°C for the first 8 hours and then was held constant (700°C for more than 70 hours).

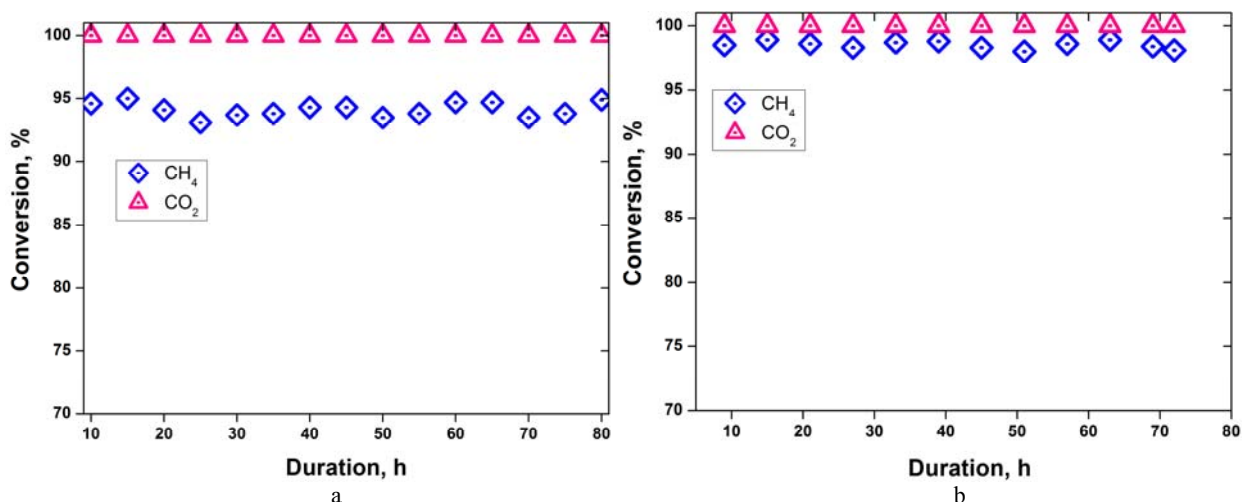


Figure 4 – Dependence of methane and carbon dioxide conversion on the time on stream in (a) DRM and (b) bireforming over the 5%Co-M(9:1)/Al₂O₃-5%R catalyst at CH₄/CO₂=1, GHSV=1000h⁻¹, t=700°C

During the test the catalysts retained its activity and produced syngas with the same selectivity. The average CH₄ conversion was higher in the bireforming than in the DRM over both the catalysts.

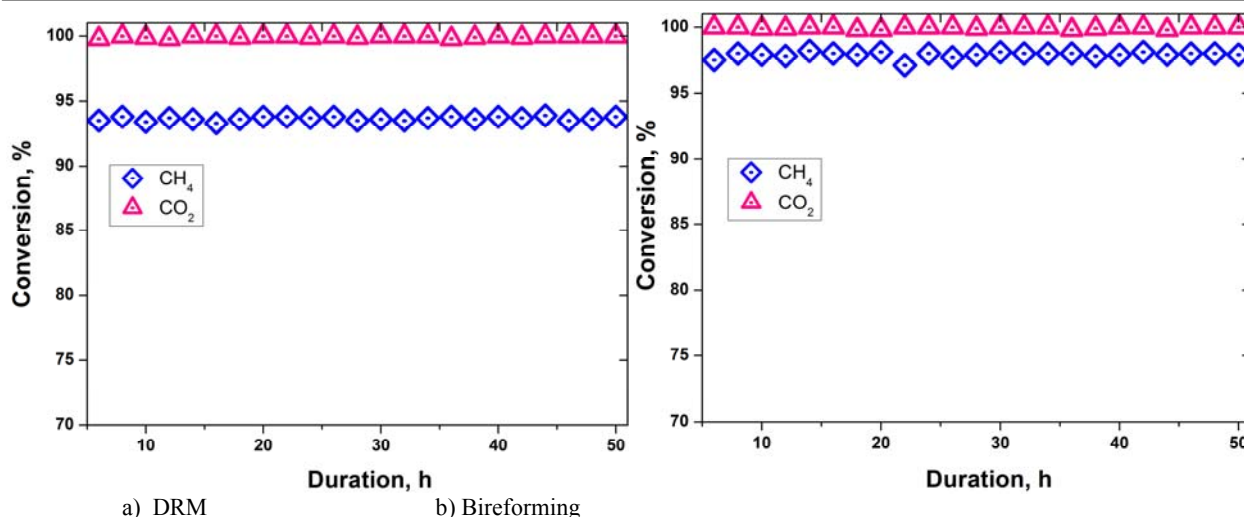


Figure 5 – Dependence of methane and carbon dioxide conversion on time on stream in the DRM and bireforming over the 5%Co-M(95:5)/Al₂O₃-5%R catalyst at CH₄/CO₂=1, GHSV=1000hr⁻¹, t=700°C

2. Catalyst characterization

Both additives – M and R has an effect on Co reproducibility.

The TPR profiles of the catalysts are shown in Figure 6. The area under the TPR curve is directly proportional to the amount of hydrogen consumed. According to the literature, the reduction of pure Co₃O₄ takes place as a two-step reduction process *via* Co₃O₄→CoO→Co⁰ [14]. The peak observed at 276-400°C for 4.5%Co/Al₂O₃ catalyst was attributed to the reduction of Co₃O₄→CoO/Co⁰ and the peak seen at 400-750°C was attributed to the reduction of CoO→Co⁰ or Co₃+ and CoO-Al₂O₃ to Co⁰.

Bimetallic samples exhibited a complex reduction profile. The addition of noble metal – M has a significant effect on the reducibility of cobalt supported alumina catalyst. The temperature of Co oxides reduction is shifted to lower values. This shift is increased with increasing amount of M. Two main reductive peaks were observed at 223, 344°C for 5%Co-M(9:1)/Al₂O₃ and 233, 362°C for the catalyst with less amount of M – 5%Co-M(95:5)/Al₂O₃.

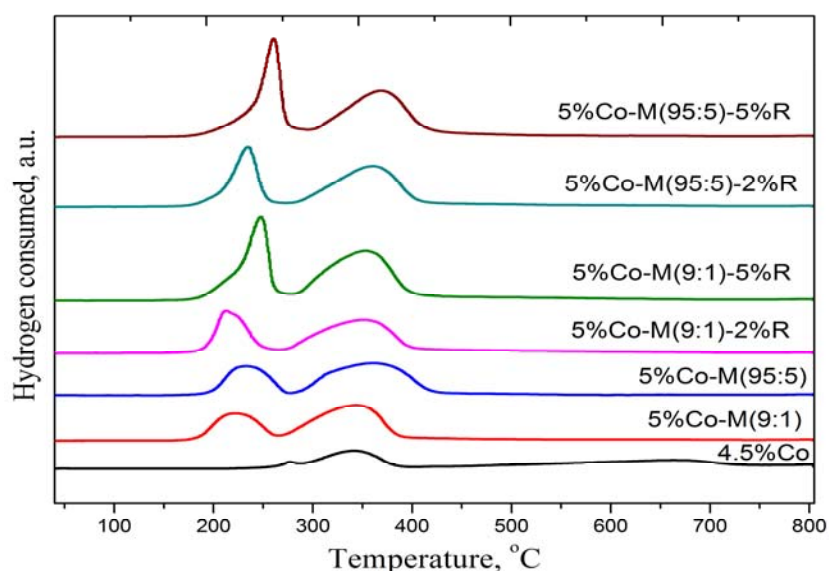


Figure 6 – H₂-TPR profiles of the catalysts

Introduction of rare earth metal to the Co-M/Al₂O₃ catalyst is accompanied with substantial increase in the hydrogen consumption.

Discussion

Temperature plays the most important role for CH₄ reforming, because of its endothermic characteristics. In both DRM and bireforming increasing temperature substantially enhances CH₄ conversion. Comparison of DRM and bireforming of methane over the studied catalysts shows that bireforming (combined dry-steam reforming) of methane is more effective process from the point of view of lower temperature of complete methane conversion. In the combined reforming higher CH₄ conversion can be achieved at the same temperatures that in accordance with our earlier work [16]. It should be noted that this is characteristic for the certain catalysts. Monometallic Co-containing catalyst is not active in combined reforming of methane.

The additional advantage of bireforming process is controlling a ratio of H₂/CO, which is a critical one for further syngas application.

Also, the positive effect of steam is in removal of surface carbon.

TPR data prove the promotion effect of noble metal on Co reproducibility. The temperatures of Co oxides reduction are significantly shifted to the lower values. That can be explained by formation of new type of active bimetallic Co-M particles.

The introduction of rare earth metal assists to the strengthening reduction of the Co-particles. That can be a reason of higher activity and stability of the studied catalysts in DRM and combined reforming in comparison with the monometallic catalysts.

Conclusions

The studied catalysts perform a high stable activity in both the processes – dry and combined dry-steam reforming of methane.

The addition of noble metal allowed increasing the activity and stability of Co/Al₂O₃ catalyst.

The role of the rare earth metal is in stabilizing the high dispersed and reduced state of Co over the alumina.

Acknowledgment

Authors are grateful to the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan granted this research (Grant # 5433/ГФ-4).

REFERENCES

- [1] M. Usman, W.M.A. Wan Daud, H.F. Abbas. Dry reforming of methane: Influence of process parameters. *A review Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **2015**, 45, 710-744 (in Eng).
- [2] H. Ay, D. Uner. Dry reforming of methane over CeO₂ supported Ni, Co and Ni-Co catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*. **2015**, 179, 128-138 (in Eng).
- [3] D. Pakhare, J. Spivey. A review of dry (CO₂) reforming of methane over noble metal catalysts. *Chemical Society Review*. **2014**, 43, 7813-7837 (in Eng).
- [4] W.D. Zhang, B.S. Liu, Y.L. Tian. CO₂ reforming of methane over Ni/Sm₂O₃-CaO catalyst prepared by a sol-gel technique. *Catalysis Communications*. **2007**, 8, 661-667 (in Eng).
- [5] S.A. Iwarere, V.-J. Rohani, D. Ramjugernath, L. Fulcheri. Dry reforming of methane in a tip-tip arc discharge reactor at very high pressure. *International Journal of Hydrogen Energy*. **2015**, 40, 3388-3401 (in Eng).
- [6] A.T. Ashcroft, A.K. Cheetham, J.S. Foord, M.L.H. Green, C.P. Grey, A.Y. Murrel, P.D.F. Vernon. Selective oxidation of methane to synthesis gas using transition metal catalysts. *Nature*. **1990**, 344, 319-321 (in Eng).
- [7] X. Zhang, C.S.-M. Lee, D.M.P. Mingos, D.O. Hayward. Carbon dioxide reforming of methane with M catalysts using microwave dielectric heating. *Catalysis Letters*. **2003**, 88, 129-139 (in Eng).
- [8] M.F. Mark, W.F. Maier. CO₂ reforming of methane on supported Rh and Ir catalysts. *Journal of Catalysis*. **1996**, 164, 122-130 (in Eng).
- [9] Y.H. Hu, E. Ruckenstein. CH₄ TPR-MS of NiO/MgO solid solution catalysts. *Langmuir*. **1997**, 13 (7), 2055-2058 (in Eng).
- [10] D. Li, Y. Nakagawa, K. Tomishige. Methane reforming to synthesis gas over Ni catalysts modified with noble metals. *Applied catalysis A: General*. **2011**, 408, 1-24 (in Eng).
- [11] F. Fischer, H. Tropsch. *BrennstoffChemie*. **1928**, 3, 39 (in Eng).
- [12] P. Ferreira-Aparicio, A. Guerrero-Ruiz, I. Rodriguez-Ramos. Comparative study at low and medium reaction temperatures of syngas production by methane reforming with carbon dioxide over silica and alumina supported catalysts. *Applied Catalysis*. **1998**, 170, 177-187 (in Eng).
- [13] J.H. Edwards, A.M. Maitra. The chemistry of methane reforming with carbon dioxide and its current and potential applications. *Fuel Processing Technology*. **1995**, 42, 269-289 (in Eng).
- [14] G. Jacobs, Y. Ji, B. Davis, D.C. Cronauer, A.J. Kropf, C.L. Marshall. Fischer-Tropsch synthesis: Temperature programmed EXAFS/XANES investigation of the influence of support type, cobalt loading, and noble metal promoter addition to the reduction behavior of cobalt oxide particles. *Applied Catalysis A: General*. **2007**, 333 (2), 177-191 (in Eng).
- [15] Kussanova S.K., Itkulova S.S., Kenzhebulatov Z.E., Boleubayev Y.A., Tumabayeva A.I. CO₂ reforming of methane over bimetallic Co-M/Al₂O₃ catalysts. *Izv. NAS RK*. **2015**, № 5, 96-103. (in Russ).

[16] Itkulova S.S., Zakumbaeva G.D., Nurmakanov Y.Y., Mukazhanova A.A., Yermaganbetova A.K. Syngas production by biforming of methane over Co-based alumina-supported catalysts. *Catal Today*. **2014**, 228, 194.198 (in Eng).

Е.Е. Нурмаканов¹, А.Ж. McCue², J.A. Anderson², Ш.С. Иткулова¹, Ш.К. Кусанова¹

¹ Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, Катализ және электрохимия институты,
Қонаев көшесі 142, 050010, Алматы, Қазақстан;

²Surface Chemistry and Catalysis Group, Materials and Chemical Engineering, School of Engineering, University of Aberdeen, AB24 3UE, Шотландия, Ұлыбритания

СО-ҚҰРАМДЫ ҚОНДЫРЫЛҒАН КАТАЛИЗАТОРЛАРДА СО₂ НЕМЕСЕ СО₂-Н₂O КӨМЕГІМЕН МЕТАННЫҢ КОНВЕРСИЯСЫ

Аннотация. Бұл жұмыста алюминий оксидіне қондырылған сирек және асыл металдардың қоспала-рымен промотирленген Со-құрамды катализаторлардың активтілігі метанның көмірқышқылды және булы көмірқышқылды риформинг процесінде зерттелді. Көлемдік жылдамдығы – 1000 сағ⁻¹, температура ауытқуы 300-800°С шамасында және атмосфералық қысымда өткізілген метанның сусыз және біріктірілген риформинг процестерінде Со-құрамды катализатордың қасиетіне асыл металл мен сирек элемент қоспасы мөлшерінің әсері анықталды. Зерттелінген катализаторлар Н₂/СО қатынасы процестің түріне және ағу жағдайына тәуелді болатын синтез-газ өндірісінде жоғары тұрақты белсенділікті көрсететіндігі байқалды.

Түйін сөздер: метанның сусыз риформингі, біріктірілген көмірқышқылды риформинг, Со-құрамды катализатор, синтез-газ.

Е.Е. Нурмаканов¹, А.Ж. McCue², J.A. Anderson², Ш.С. Иткулова¹, Ш.К. Кусанова¹

¹Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Кунаева 142, 050010, Алматы, Казахстан;

²Surface Chemistry and Catalysis Group, Materials and Chemical Engineering, School of Engineering, University of Aberdeen, AB24 3UE, Шотландия, Великобритания

КОНВЕРСИЯ МЕТАНА ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА ИЛИ СО₂-Н₂O НА СО-СОДЕРЖАЩИХ НАНЕСЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Аннотация. В данной работе изучена активность Со-содержащих катализаторов, нанесенных на оксид алюминия, промотированных добавками благородного и редкоземельного металлов, в процессах углекислотного и пароуг-лекислотного риформинга метана. Определено влияние количества добавок – благородного металла и редкоземельного элемента на поведение Со-содержащего катализатора в процессах сухого и комбинированного (СО₂-Н₂O) риформинга метана, проводившихся при атмосферном давлении, объемной скорости – 1000 ч⁻¹ и варьировании температуры в пределах 300-800°С. Обнаружено, что изученные катализаторы проявляют высокую стабильную активность в производстве синтез-газа, соотношение Н₂/СО, в котором зависит от вида процесса и условий его протекания.

Ключевые слова: сухой риформинг метана, комбинированный паро-углекислотный риформинг, Со-содержащий катализатор, синтез-газ.

Сведения об авторах:

Нурмаканов Ержан Еслямбекович – магистр техники, докторант, e-mail: yerzhan.nurmakanov@gmail.com

Иткулова Шолпан Сембаевна – к.х.н., ассоц. профессор, Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В Сокольского, г. Алматы, e-mail: sholpan.itkulova@gmail.com

Джеймс Артур Андерсон – PhD, профессор, Университет Абердина, г. Абердин, Шотландия, Великобритания, e-mail: j.anderson@abdn.ac.uk

Алан Маккью – постдок, научный сотрудник, Университет Абердина, г. Абердин, Шотландия, Великобритания, e-mail: j.mccue@abdn.ac.uk

Кусанова Шолпан Канатовна – магистрант, бакалавр химической технологии, Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В Сокольского, г. Алматы, e-mail: sholpan.kussanova@gmail.com

МАЗМҰНЫ

Нурмаканов Е.Е., McSue A.J., Anderson J.A., Итқулова Ш.С., Кусанова Ш.К. Со-құрамды отырызылған катализаторларда CO ₂ немесе CO ₂ -H ₂ O көмегімен метанның конверсиясы	5
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Пузикова Д.С., Немжаева Р.Р., Яскевич В.И., Мить К.А. CdSe жұқа қабықтарын электротұндыруына ПАВ-тың әсері.....	12
Мансуров З.А., Тулепов М.И., Казаков Ю.В., Габдрашова Ш.Е., Байсейтов Д.А., Турсынбек С., Дальтон Алан Б. Түрлендірілген компоненттер негізіндегі пиротехникалық баяулатқыш құрам.....	21
Бишимбаева Г.К., Жумабаева Д.С. Өнеркәсіп полимерлерін тікелей күкірттендіру арқылы катод материалдарының жаңа компоненттерін алудың технологиялық тиімді әдістері.....	28
Жармагамбетова А.К., Ауезханова А.С., Джумекеева А.И., Тумабаев Н.Ж. ПВПД-мен түрлендірілген биметалды катализатордың н-октанды жұмсақ жағдайда тотықтырудағы каталитикалық қасиеттері.....	39
Туктин Б. Т., Жандаров Е.К., Шаповалова Л.Б., Тенизбаева А.С. Модифицирленген цеолитқұрамды адьюксидті катализаторларында мұнай фракцияларын гидроңдеу.....	46
Налибаева А.М., Сасыкова Л.Р., Котова Г.Н., Богданова И.О. Азот оксидін көмірсутектермен тотықсыздандыруға арналған уларға төзімді және құрамында цеолит бар металл блоктарындағы катализаторлардың синтезі мен сынақтамасы.....	55
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Уразов К.А. Кварцты микробаланс пен вольтамперометрия әдістерімен күкірт қышқыл және сульфосалицил қышқыл негізіндегі электролиттерден мыстың электротұндыруының зерттелуі.....	65
Сағынтаева Ж.И., Қасенова Ш.Б., Исабаева М.А., Қасенов Б.Қ., Қуанышбеков Е.Е. NdNaFeCrMnO _{6,5} ферро-хром-манганиттің жылу сыйымдылығы мен термодинамикалық функциялары.....	74
Ахметкәрімова Ж.С., Молдахметов З.М., Ордабаева А.Т., Байкенов М.И., Богжанова Ж.К., Ескендіров Т.Р. Антрацен және бензотиофен полиароматикалық қоспасының тепе-теңдік кинетикалық анализі.....	79
Алимжанова М.Б. ҚФМЭ-ГХ-МС әдісімен Алматы сүтұндырғысы суында ұшқыш органикалық ластаушылардың скринингі.....	85
Баеиш А.Б., Егеубаева С.С., Кадирбаева А.С., Баеишова А.Қ. Анодты импульстік токпен поляризацияланған никельдің фосфор қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеті.....	93
Бектенов Н.А., Самойлов Н.А., Садықов К.А., Байдуллаева А.К., Абдралиева Г. Е. Мазут және эпоксиакрилаттар негізінде алынған жаңа фосфорқұрамдас иониттер көмегімен Cu (II) және Fe (II) иондарын сорбциялау.....	99
Закарина Н.А., Ақурпекова А.К., Далелханұлы О. Бағаналы алюминий монтмориллонитіне отырғызылған Pt-катализаторының Қ-гексан изомеризациясындағы тұрақтылығы.....	104
Рахметова К.С., Сасыкова Л.Р., Гильмундинов Ш.А., Нурахметова М.С., Бердібекова М.А., Калыкбердиев М.К., Масенова А.Т., Башева Ж.Т. Автокөлік және мұнай жылыту пештерінің улағыш шығарылуларын бейтараптандыруға арналған блок металдық тасымалдағыштары негізінде жасалған катализаторлар.....	111
Сасыкова Л.Р., Налибаева А., Гильмундинов Ш.А. Шынайы жағдайлардағы эксплуатация кезінде пайданылған газдарды тазартуға арналған металдық блоктардағы катализаторларды синтездеу және сынау.....	118
Сасыкова Л.Р., Калыкбердиев М.К., Башева Ж.Т., Масенова А.Т. Бензин фракцияларын жоғары қысымда сұйық күйде гидрлеу.....	126
Сасыкова Л.Р., Нурахметова М.С., Гильмундинов Ш.А., Жумаканова А.С., Рахметова К.С., Калыкбердиев М.К., Башева Ж.Т., Масенова А.Т. Присадкалар мен экологиялық таза жанармайлардың катализдік синтезі.....	135
Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Паримбек П., Мамырбекова А. Сулы-диметилсульфоксидті электролит ерітінділерден мыс ұнтақтарын алу.....	144
Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Паримбек П., Мамырбекова А. Электролиттегі металл иондарының күйіне байланысты оның электротұндыру кезіндегі тазалығы.....	152
Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Жексенбаева З.Т., Абдухалыков Д.Б., Жумабек М., Касымхан К., Сарсенова Р. Жеңіл алкандардың сутек пен сутекті қоспаға тотығуы.....	157
Бектұрғанова Н.Е., Керімқұлова М.Ж., Тлеуова А.Б., Шарипова А.А., Айдарова С.Б. Алматы қаласы Өуезов ауданының ағын (коммуналды) суын табиғи отандық адсорбенттермен тазалау.....	168
Сасыкова Л.Р., Налибаева А.М., Богданова И.О. Азот оксидін көмірсутектердің көмегімен тотықсыздандыруға арналған металл блоқты тасымалдаушылар негізіндегі цеолит-құрамдас каталитикалық жүйелер.....	177
Сасыкова Л.Р., Налибаева А. Көмірсутектерді тотықтыруға және азот оксидін тотықсыздандыруға арналған металл блоқтық тасымалдауыштардағы каталитикалық жүйелердің зерттемелері.....	186
Стацюк В.Н., Султанбек У., Фогель Л.А. Сульфат ерітінділеріндегі фосфатталған темірге гидроксилминнің әсері.....	194
Сейлханова Г.А., Курбатов А.П., Березовский А.В., Усипбекова Е.Ж., Наурызбаев М.К. Таллий(III) оксидінің электрохимиялық тұну және еру ерекшеліктері.....	200
Қасенова Ш.Б., Мұқышева Г.К., Байсаров Ф.М., Қасенов Б.Қ., Сағынтаева Ж.И., Әдекенов С.М., Хасенова Р.Ж. Флавоноид туындылары цирсилинеол, артемизетиннің термодинамикалық қасиеттері.....	206
Кусанова Ш.К., Кустов Л.В., Итқулова Ш.С., Тумабаева А.И., Бөлеубаев Е.А., Шаповалов А.А. Құрамында Со бар биметалды катализаторлардағы CO ₂ –нің гидрленуі.....	211

СОДЕРЖАНИЕ

Нурмаканов Е.Е., McCue A.J., Anderson J.A., Иткуллова Ш.С., Кусанова Ш.К. Конверсия метана диоксидом углерода или CO ₂ -H ₂ O на Co-содержащих нанесенных катализаторах.....	5
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Пузикова Д.С., Немкаева Р.Р., Яскевич В.И., Мить К.А. Влияние ПАВ на электроосаждение тонких пленок CdSe.....	12
Мансуров З.А., Тулепов М.И., Казаков Ю.В., Габдрашова Ш.Е., Байсейтов Д.А., Турсынбек С., Дальтон Алан Б. Пиротехнический замедлительный состав на основе модифицированных компонентов.....	21
Бишимбаева Г.К., Жумабаева Д.С. Технологические методы получения новых компонентов катодных материалов прямым осернением промышленных полимеров.....	28
Жармагамбетова А.К., Ауезханова А.С., Джумекеева А.И., Тумабаев Н.Ж. Каталитические свойства ПВПД-модифицированных биметаллических катализаторов окисления н-октана в мягких условиях.....	39
Туктин Б. Т., Жандаров Е.К., Шаповалова Л.Б., Тенизбаева А.С. Гидропереработка различных нефтяных фракций на модифицированных алюмооксидных катализаторах.....	46
Налибаева А.М., Сасыкова Л.Р., Котова Г.Н., Богданова И.О. Синтез и испытание стабильных к ядам цеолитсодержащих катализаторов на металлических блоках для восстановления оксида азота углеводородами.....	55
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Уразов К.А. Исследование электроосаждения меди из электролитов на основе серной и сульфосалициловой кислот методами кварцевого микробаланса и вольтамперометрии.....	65
Сагинтаева Ж.И., Касенова Ш.Б., Исабаева М.А., Касенов Б.К., Куанышбеков Е.Е. Теплоемкость и термодинамические функции ферро-хромоманганита NdNaFeCrMnO _{6,5}	74
Ахметкаримова Ж.С., Мулдахметов З.М., Ордабаева А.Т., Байкенов М.И., Богжанова Ж.К., Ескендиоров Т.Р. Равновесно-кинетический анализ полиароматической смеси антрацена и бензотиофена.....	79
Алимжанова М.Б. Скрининг летучих органических загрязнителей в воде Алматинского водоотстойника методом ТФМЭ-ГХ-МС.....	85
Баешов А.Б., Егеубаева С.С., Кадирбаева А.С., Баешова А.Қ. Электрохимическое поведение никелевого электрода при поляризации анодным импульсным током в растворе фосфорной кислоты.....	93
Бектенов Н.А., Самойлов Н.А., Садыков К.А., Байдуллаева А.К., Абдралиева Г. Е. Сорбция ионов Cu (II) и Fe (II) новым фосфор-содержащим ионообменником на основе эпоксиакрилатов и мазута.....	99
Закарин Н.А., Акурпекова А.К., Далелханулы О. Стабильность Pt-катализаторов, нанесенных на алюминиевый столбчатый монтмориллонит, в изомеризации Н-гексана.....	104
Рахметова К.С., Сасыкова Л.Р., Гильмундинов Ш.А., Нурахметова М.С., Бердибекова М.А., Калыкбердиев М.К., Масенова А.Т., Башева Ж.Т. Катализаторы на блочных металлических носителях для нейтрализации токсичных выбросов автотранспорта и печей подогрева нефти.....	111
Сасыкова Л.Р., Налибаева А., Гильмундинов Ш.А. Синтез и испытания катализаторов на металлических блоках для очистки выхлопных газов в реальных условиях эксплуатации.....	118
Сасыкова Л.Р., Калыкбердиев М.К., Башева Ж. Т., Масенова А.Т. Жидкофазная гидрогенизация бензиновых фракций при повышенном давлении.....	126
Сасыкова Л.Р., Нурахметова М.С., Гильмундинов Ш.А., Жумаканова А.С., Рахметова К.С., Калыкбердиев М.К., Башева Ж.Т., Масенова А.Т. Каталитический синтез присадок и экологически чистого топлива.....	135
Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Паримбек П., Мамырбекова А. Получение медных порошков из водно-диметилсульфоксидных растворов электролитов.....	144
Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Паримбек П., Мамырбекова А. Чистота электроосаждаемого металла в зависимости от состояния его ионов в электролите.....	152
Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Жексенбаева З.Т., Абдухалыков Д.Б., Жумабек М., Касымхан К., Сарсенова Р. Окисление легких алканов в водород и водородсодержащую смесь.....	157
Бектурганова Н.Е., Керимкулова М.Ж., Тлеуова А.Б., Шарипова А.А., Айдарова С.Б. Очистка сточных (коммунальных) вод Ауэзовского района г.Алматы отечественными адсорбентами.....	168
Сасыкова Л.Р., Налибаева А.М., Богданова И.О. Цеолитсодержащие каталитические системы на металлических блочных носителях для восстановления оксида азота углеводородами.....	177
Сасыкова Л.Р., Налибаева А.М. Разработка каталитических систем на металлических блочных носителях для окисления углеводородов и восстановления оксида азота.....	186
Стацюк В.Н., Султанбек У., Фогель Л.А. Влияние гидроксилamina на фосфатирование железа в сульфатных растворах.....	194
Сейлханова Г.А., Курбатов А.П., Березовский А.В., Усипбекова Е.Ж., Наурызбаев М.К. Особенности электрохимического осаждения и растворения оксида таллия(III).....	200
Касенова Ш.Б., Мукушева Г.К., Байсаров Г.М., Касенов Б.К., Сагинтаева Ж.И., Адекенов С.М., Хасенова Р.Ж. Термодинамические свойства производных флавоноидов цирсилинеола, артемизетина.....	206
Кусанова Ш.К., Кустов Л.М., Иткуллова Ш.С., Тумабаева А.И., Болеубаев Е.А., Шаповалов А.А. Гидрирование СО ₂ на биметаллических Co-Mo/Al ₂ O ₃ катализаторах.....	211

CONTENTS

<i>Nurmakanov Y.Y., McCue A.J., Anderson J.A., Itkulova S.S., Kussanova S.K.</i> Methane reforming by CO ₂ or CO ₂ -H ₂ O over Co-containing supported catalysts.....	5
<i>Dergacheva M.B., Khussurova G.M., Puzikova D.S., Nemkaeva R.R., Yaskevich V.I., Mit'K.A.</i> The influence of SAS on CdSe thin films electrodeposition.....	12
<i>Mansurov Z.A., Tulepov M.I., Kazakov Y.V., Gabdrashova Sh.E., Baiseitov D.A., Tursynbek S., Dalton Alan B.</i> Pyrotechnic delay composition based on modified components.....	21
<i>Bishimbayeva G.K., Zhumabayeva D.S.</i> Technological methods of receiving new components of cathodic materials by direct sulphuration of industrial polymers.....	28
<i>Zharmagambetova A.K., Auyezkhanova A.S., Jumekeyeva A.I., Tumabayev N.Zh.</i> The catalytic properties of the bimetallic PVPD-modified catalysts of n-octane oxidation under mild conditions.....	39
<i>Tuktin B.T., Zhandarov E.K., Shapovalova L.B., Tenizbaeva A.S.</i> The hydroprocessing of different oil fractions on modified alumina catalysts.....	46
<i>Nalibayeva A., Sassykova L.R., Kotova G.N., Bogdanova I.O.</i> Synthesis and testing of the stable to poisons zeolite-containing catalysts on the metal blocks for reduction of nitrogen oxide by hydrocarbons.....	55
<i>Dergacheva M.B., Khussurova G.M., Urazov K.A.</i> The investigation of copper electrodeposition from electrolytes on base sulfur and sulfosalicylic acids by quartz microgravimetry and voltametry methods.....	65
<i>Sagintaeva Zh.I., Kasenova Sh.B., Issabayeva M.A., Kasenov B.K., Kuamyshbekov E.E.</i> Heat capacity and thermodynamic functionsferro-chrome-manganite NdNaFeCrMn _{6,5}	74
<i>Akhmetkarimova Zh.S., Muldakhmetov Z.M., Ordabaeva A.T., Baikenov M.I., Bogzhanova Zh.K., Eskendyyrov T.R.</i> Equilibrium kinetic analysis of poly aromatic mixture anthracene and benzothiophene.....	79
<i>Alimzhanova M.B.</i> Screening of volatile organic pollutants in water of Almaty Lake-settler by SPME-GC-MS.....	85
<i>Bayeshov A.B., Yegeubayeva S.S., Kadirbayeva A.S., Bayeshova A.K.</i> Electrochemical behavior of the nickel electrode during polarization of the anodic pulse current in the phosphoric acid solution.....	93
<i>Bektenov N.A., Samoilov N.A., Sadykov K.A., Baidullaeva A.K., Abdraliyeva G.E.</i> Sorption Cu (II) and Fe (II) IONS new phosphorus-containing ion exchanger based on fuel oil and epoxyacrylates.....	99
<i>Zakarina N.A., Akurpekova A.K., Dalelkhanuly O.</i> Stability of Pt-catalyst applied on aluminium pillared montmorillonite in N-hexane isomerization.....	104
<i>Rakhmetova K.S., Sassykova L.R., Gil'mundinov Sh.A., Nurakhmetova M.S., Berdibekova M.A., Kalykberdiyev M.K., Massenova A.T., Basheva Zh.T.</i> Catalysts on block metal carriers for neutralization of toxic emissions of motor transport and furnaces of oil heating.....	111
<i>Sassykova L.R., Nalibayeva A., Gil'mundinov Sh.A.</i> Synthesis and tests of catalysts on metal blocks for cleaning of exhaust gases in real service conditions.....	118
<i>Sassykova L.R., Kalykberdiyev M.K., Basheva Zh.T., Massenova A.T.</i> Liquid phase hydrogenation of gasoline fractions at elevated pressure.....	126
<i>Sassykova L.R., Nurakhmetova M.S., Gil'mundinov Sh.A., Zhumakanova A.S., Rakhmetova K.S., Kalykberdiyev M.K., Basheva Zh.T., Massenova A.T.</i> Catalytic synthesis of additives and ecologically pure fuel.....	135
<i>Mamyrbekova A., Mamitova A., Tukibayeva A., Parimbek P., Mamyrbekova A.</i> Production of copper powders from water-dimethylsulphoxide electrolytes.....	144
<i>Mamyrbekova A., Mamitova A., Tukibayeva A., Parimbek P., Mamyrbekova A.</i> Purity of electrolytic reduction in metal depending on the state of its ions in the electrolyte.....	152
<i>Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Zheksenbaeva Z.T., Abdikhalykov D.B., Zhumabek M., Kassymkan K., Sarsenova R.</i> Oxidation of Light Alkanes into Hydrogen and Hydrogen-containing Mixture.....	157
<i>Bekturganova N., Kerimkulova M., Tleuova A., Sharipova A., Aidarova S.</i> Purification of waste water in Auezov district, Almaty, with the help of the Kazakhstan adsorbents.....	168
<i>Sassykova L.R., Nalibayeva A., Bogdanova I.O.</i> Zeolite-containing catalytic systems on the metal block carriers for reduction of nitrogen oxide by hydrocarbons.....	177
<i>Sassykova L.R., Nalibayeva A.</i> Development of catalytic systems on metal block carriers for oxidation of hydrocarbons and reduction of nitrogen oxide.....	186
<i>Statsjuk V.N., Sultanbek U., Fogel L.A.</i> Effect of hydroxylamine on phosphating iron in sulphate solution.....	194
<i>Seilkhanova G.A., Kurbatov A.P., Berezovski A.V., Ussipbekova E.Zh., Nauryzbayev M.K.</i> Features of the electrochemical deposition and dissolution of thallium oxide (III).....	200
<i>Kasenova S.B., Mukusheva G.K., Baysarov G.M., Kasenov B.K., Sagintaeva J.I., Adekenov S.M., Hasenova R.Zh.</i> Thermodynamic properties derivatives of flavonoids cirsilineol, artemisetine.....	206
<i>Kussanova S.K., Kustov L.M., Itkulova S.S., Tumabayeva A.I., Boleubayev Y.A., Shapovalov A.A.</i> CO ₂ hydrogenation over bimetallic Co-Mo/Al ₂ O ₃ catalysts.....	211

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.chemistry-technology.kz/index.php/ru/>

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

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев, Д.С. Аленов*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 15.10.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.