



# SYNTHESIS OF OXIDE CATALYSTS FOR COMPLETE OXIDATION OF METHANE

**Sagidullayeva Kamshat Izturgankyzy**

*Student, Faculty of Natural Sciences and Geography, Abai Kazakh National Pedagogical University,  
Scientific Supervisor: Z.T. Zheksenbayeva, Almaty, Kazakhstan*

Received: 10<sup>th</sup> Dec, 2025 / Accepted: 15<sup>th</sup> Jan, 2026 / Published: 18<sup>th</sup> Feb, 2026

**Abstract:** This article examines the importance of complete methane oxidation and the role of oxide catalysts in this process. Methane, as one of the most stable greenhouse gases, presents a significant ecological challenge, making its complete oxidation an important environmental objective. The chemical stability and high activity of oxide catalysts make them indispensable tools for methane neutralization. The article discusses the primary methods of synthesizing catalysts, highlighting their advantages and unique characteristics. Additionally, it analyzes the broad application scope of these catalysts in ecological systems, industry, and the energy sector. Proposals for improving oxide catalysts, enhancing their applicability, and identifying future innovative directions are presented. This study is considered a vital step towards minimizing the environmental impact of methane by advancing its complete oxidation processes.

**Keywords:** Methane, oxidation, catalysts, oxides, ecology, climate, industry, energy efficiency, synthesis, innovation.



This is an open-access article under the CC–BY 4.0 license

## Введение.

Метан – қоршаған ортаға айтарлықтай әсер ететін парниктік газдардың бірі. Оның атмосфераға бөлінуі климаттың өзгеруіне және жаһандық жылыну процесінің жылдамдауына алып келеді. Сондықтан метанның тиімді тотығу әдістерін табу – бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі. Метанды толық тотықтыру барысында оксидті катализаторлар ерекше рөл атқарады. Бұл катализаторлар метанның химиялық реакцияларға түсуін жылдамдатып, оны көмірқышқыл газы мен суға ыдырату арқылы экологиялық әсерді төмендетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл әдіс өнеркәсіптік процестерде де жоғары тиімділік көрсетуде. Осы себепті, метанды толық тотықтыруда қолданылатын катализаторлардың синтезі мен олардың ерекшеліктерін зерттеу аса маңызды. Бұл мақалада метанның толық тотығуының маңыздылығы, катализаторларды синтездеу әдістері және олардың мүмкіндіктері қарастырылады.

Метанның толық тотықтыруы – экологиялық және өнеркәсіптік тұрғыда маңызды химиялық процесс. Бұл процесс метанды көмірқышқыл газы мен суға дейін ыдыратуды көздейді, бұл оның парниктік әсерін азайтып, қоршаған ортаға зиянын төмендетуге мүмкіндік береді. Атмосфераға бөлінген метанның әсері көмірқышқыл газына қарағанда 25 есе жоғары, сондықтан оның толық

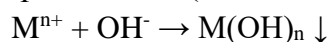
тотығуы климаттың өзгеруін тежеуде үлкен маңызға ие. Экологиялық маңыздылығынан бөлек, метанды толық тотықтыру өнеркәсіптік мақсаттарда да кеңінен қолданылады. Бұл әдіс энергияны тиімді өндіруде және өнеркәсіптік қалдықтарды залалсыздандыруда маңызды рөл атқарады. Мысалы, мұнай-газ саласында немесе тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу кезінде метанның толық тотығуы қоршаған ортаға зиян келтірмей, қалдық газдарды қауіпсіз энергия көзіне айналдыруға мүмкіндік береді [1]. Дегенмен, метанды толық тотықтыру оңай процесс емес. Метанның химиялық құрылымы тұрақты болғандықтан, оның тотығу реакциясын бастау үшін жоғары температура мен белсенді катализаторлар қажет. Осы себепті, тиімді катализаторларды әзірлеу бұл процестің негізгі кілті болып табылады. Бұл катализаторлар реакцияның жылдамдығын арттырып қана қоймай, процесті экономикалық тұрғыдан да тиімді етеді.

Метанды толық тотықтыру процесінде оксидті катализаторлар негізгі құрал ретінде кеңінен қолданылады. Олар химиялық реакцияларды жеделдетіп, төмен температурада да метанның толық тотығуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Оксидті катализаторлардың артықшылығы олардың жоғары термиялық және химиялық тұрақтылығында, сондай-ақ экологиялық тұрғыда қауіпсіз болуында жатыр. Оксидті катализаторлардың негізгі түрлері – металдардың оксидтеріне негізделген катализаторлар. Олардың ішінде алюминий, кремний, магний, титан және цирконий оксидтері жиі қолданылады. Бұл материалдар реакция кезінде тұрақтылық көрсетіп, белсенді ортаның пайда болуына ықпал етеді. Сонымен қатар, платина, палладий және родий секілді асыл металдармен модификацияланған оксидтер жоғары каталитикалық белсенділікке ие. Алайда, олардың құны жоғары болғандықтан, зерттеушілер арзанырақ және қолжетімді баламаларды іздестіруде [2].

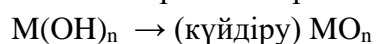
Оксидті катализаторлардың жұмыс істеу механизмі олардың бетінде өтетін химиялық реакцияларға негізделген. Олар метан молекулаларын адсорбциялап, оттегімен әрекеттесуге жағдай жасайды. Бұл процесс барысында катализаторлар реакцияға қатыспай, оны бірнеше рет қайталай алады, яғни катализаторлардың өздері жұмсалмайды. Соңғы жылдары катализаторларды жетілдіру бағытында айтарлықтай жаңалықтар енгізілуде. Нанотехнологияларды қолдану арқылы катализаторлардың беткі қабатының ауданы ұлғайтылып, олардың белсенділігі мен тиімділігі арттырылуда. Сонымен қатар, көпкомпонентті катализаторлар (мысалы, бірнеше оксидтердің комбинациясы) метанды толық тотықтырудың тиімді әдісі ретінде танылып келеді.

Оксидті катализаторларды синтездеу – олардың тиімділігі мен тұрақтылығын анықтайтын маңызды кезең. Қазіргі таңда катализаторларды алу үшін бірнеше әдіс қолданылады. Әрбір әдіс өз ерекшеліктерімен сипатталады және алынған катализаторлардың құрылымына, қасиеттеріне, сонымен қатар олардың каталитикалық белсенділігіне әсер етеді [3].

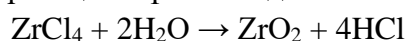
Ко-преципитация әдісі катализаторды синтездеуде ең жиі қолданылатын тәсілдердің бірі болып табылады. Оның негізінде металдардың тұздарын бірлесіп ерітіндіден тұнбаға түсіру процесі жатыр. Әдетте, металл иондары (мысалы,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ) тұздар түрінде ерітіндіге қосылады. Содан кейін тұнба түзетін агент (мысалы, аммиак немесе натрий гидроксиді) енгізіліп, келесі реакция жүреді:



Алынған тұнба жоғары температурада кептіріліп, қажетті құрылымды алу үшін күйдіріледі:

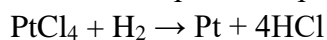


Гидротермальды синтез әдісі жоғары қысым мен температура жағдайында металдардың оксидтерін кристалды түрде алу үшін қолданылады. Ерітіндідегі бастапқы реагенттер арнайы автоклавта өңделеді. Мысалы, цирконий оксидін ( $ZrO_2$ ) алу үшін цирконийдің тұздары қолданылып, келесі реакция жүзеге асады:



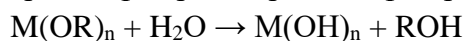
Бұл әдіс алынған катализаторлардың жоғары дисперстігін және тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Импregnация әдісінде катализатор негізінің бетіне металдардың тұздары сіңіріледі. Бұл әдіс әсіресе асыл металдармен модификациялау үшін қолданылады. Мысалы, алюминий оксидінің  $Al_2O_3$  бетіне платина хлоридінің ерітіндісін сіңіру кезінде келесі реакция жүреді:

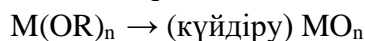


Кептірілгеннен кейін катализатор жоғары температурада өңделеді, нәтижесінде металдың белсенді фазасы катализатор бетінде қалыптасады.

Сол-Гель әдісі металл иондарын ерітіндіден гель түрінде алу процесіне негізделген. Алдымен металдардың тұздары гидролизге ұшырайды, содан кейін гель күйіне өтеді:

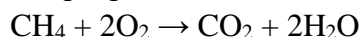


Гель кептірілгеннен кейін оксидке айналады:



Бұл әдіс арқылы алынған катализаторлар жоғары дисперсиялы және белсенді болады. Әрбір синтез әдісінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Мысалы, ко-преципитация әдісі қарапайым және қолжетімді болса, гидротермальды әдіс жоғары кристалды құрылым береді. Импregnация және сол-гель әдістері катализатордың беттік қасиеттерін жақсартуда тиімді. Қолданылатын әдіс катализатордың қолдану саласына және қажетті қасиеттеріне байланысты таңдалады [4].

Метанды толық тотықтыруға арналған оксидті катализаторлар қазіргі таңда әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Олардың экологиялық және өнеркәсіптік маңыздылығы жоғары, себебі бұл катализаторлар метанның зиянды әсерін азайтып, тиімді және қауіпсіз технологияларды дамытуға мүмкіндік береді. Метанның толық тотығуы парниктік газдардың атмосфераға бөлінуін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл катализаторлар тұрмыстық және өнеркәсіптік қалдықтардан шығатын метанның ыдырауын жеделдету үшін ауа тазарту жүйелерінде қолданылады. Мысалы, қатты тұрмыстық қалдықтарды өңдеу зауыттарында және шөгінді газдарды бейтараптандыру қондырғыларында оксидті катализаторлар метанды зиянсыз көмірқышқыл газы мен суға айналдырады:



Метанды толық тотықтыру энергетикада, әсіресе табиғи газды электр энергиясына айналдыру процестерінде қолданылады. Катализаторлар табиғи газдың жану тиімділігін арттырып, оның көмірқышқыл газына дейін толық ыдырауын қамтамасыз етеді. Бұл әдіс экологиялық таза энергия өндіруде және парниктік газдардың бөлінуін азайтуда маңызды рөл атқарады [5].

Метан мұнай-газ және химия өнеркәсібінде жиі кездесетін қосылыс. Катализаторлар өнеркәсіптік қондырғыларда метанның зиянды әсерін бейтараптандыру үшін қолданылады. Сонымен қатар, метан негізінде жаңа материалдар мен қосылыстар алу процестерінде катализаторлардың көмегімен жанама реакцияларды болдырмауға болады. Бұл өнеркәсіптік процестердің тиімділігін арттырып, өнім сапасын жақсартады.

Метанның биологиялық ыдырауы және оның қоршаған ортаға әсері биология және медицина саласындағы зерттеулерде үлкен қызығушылық тудырады. Катализаторлар метанның биологиялық жолмен ыдырауын модельдеу үшін зертханалық тәжірибелерде қолданылады. Бұл зерттеулер қоршаған ортаны қорғау және биотехнология саласындағы жаңа шешімдерді дамытуға ықпал етеді.

Ғарыштық зерттеулерде метанның толық тотығуы ерекше маңызға ие. Мысалы, Марс атмосферасында метан бар екендігі анықталған. Оксидті катализаторлар метанның ыдырау процестерін зерттеу арқылы болашақта ғарыштық колонияларда энергия өндіру үшін қолданылуы мүмкін.

Қорытындылай келе, метанды толық тотықтыру – экология мен технология саласындағы маңызды мәселе. Бұл процесс парниктік газдардың атмосфераға әсерін азайтып қана қоймай, өнеркәсіптік және энергетикалық жүйелердің тиімділігін арттырады. Оксидті катализаторлардың осы процестегі рөлі ерекше, себебі олар реакцияның жылдамдығын арттырып, төмен температурада жоғары тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Катализаторларды синтездеу әдістері олардың қасиеттерін және қолдану аясын анықтайды. Ко-преципитация, гидротермальды синтез, импрегнация және сол-гель әдістері арқылы алынған катализаторлар құрылымдық тұрақтылық пен жоғары каталитикалық белсенділік көрсетеді. Болашақта оксидті катализаторларды жетілдіру, олардың тиімділігін арттыру және қолжетімділігін қамтамасыз ету бағытында зерттеулер жүргізу маңызды. Нанотехнологияларды пайдалану, көпкомпонентті катализаторларды жасау және олардың өндірістік масштабта қолданылуын дамыту метанды толық тотықтырудың жаңа деңгейіне көтерілуге мүмкіндік береді. Осылайша, оксидті катализаторларды қолдану метанның зиянды әсерін азайту және оны экологиялық қауіпсіз ресурстарға айналдыруда шешуші рөл атқарады. Бұл бағыттағы зерттеулер ғылым мен өнеркәсіп үшін жаңа мүмкіндіктер ашып, экологияны жақсарту жолында маңызды үлес қосатыны сөзсіз.

### Список литературы.

1. Гришина Мария Александровна, Мардашев Юрий Сергеевич, Горячева Валентина Николаевна Каталитические системы на основе металлических катализаторов в реакции окисления метана // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. №6 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kataliticheskie-sistemy-na-osnove-metallicheskih-katalizatorov-v-reaktsii-okisleniya-metana> (дата обращения: 07.12.2024).
2. Тимонова О.А. (Соколова О.А.), Каменев А.В., Казиев Г.З., Мардашев Ю.С. Повышение эффективности процесса мягкого каталитического окисления метана. Нефтехимия, 2008, т. 48, № 4, с. 322 — 323.
3. Rostrup-Nielsen J.R., Hansen J.-H.B. CO<sub>2</sub>-Reforming of Methane over Transition Metals. J. Catal., 1993, vol. 144, p. 38.
4. Leen van Rij, Louis Winnubst, Le Jun, Joop Schoonman. Analysis of the preparation of In-doped CaZrO<sub>3</sub> using a proxy-oxalate complexation method Chemical. J. Mater. Chem., 2000, vol. 10. pp. 2515 — 2521.
5. Qin D., Lapszewicz J. Study of mixed steam and CO<sub>2</sub> reforming of CH<sub>4</sub> to syngas on MgO-supported metals. Catal. today, 1994, vol. 21, (2-3), ph. 551 — 560.