

- 21 Yoshida H. Kinetics on the carbonylation of cyclohexene in a methanol solution catalyzed by palladium (II) Chloride-tri-phenylphosphine / H. Yoshida, Sugita N., Kudo K., Takezaki Y. // Bulletin of the Chemical Society of Japan. — 1976. — Vol. 49, No. 8. — P. 2245–2249. <https://doi.org/10.1246/bcsj.49.2245>
- 22 Taqui Khan M.M. Allylic and vinylic carbonylation of cyclohexene catalysed by $[Ru^{II}(EDTA-H)(CO)]$ / M.M. Taqui Khan, S.B. Halligudi, S.H.R. Abdi, S. Shukla // Journal of Molecular Catalysis. — 1990. — Vol. 60. — P. 275–281. [https://doi.org/10.1016/0304-5102\(90\)85251-C](https://doi.org/10.1016/0304-5102(90)85251-C)
- 23 Cabrera A. Hydroformylation versus hydrocarboxylation of cyclohexene under homogeneous WGSR conditions: The study of CO_2 (CO)₈diphos/THF-H₂O system / A. Cabrera, P. Sharma, J.L. Garcia, L. Velasco, F.J. Perez, J.L. Arias, N. Rosas // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. — 1997. — Vol. 118. — P. 167–171. [https://doi.org/10.1016/S1381-1169\(96\)00395-0](https://doi.org/10.1016/S1381-1169(96)00395-0)
- 24 Nifantev I.E. Kinetic aspects of the influence of concentrations of methanol and the trans-2,3-bis(diphenylphosphinomethyl)norbornane promoting additive on the hydrocarbomethoxylation of cyclohexene catalyzed by the Pd(OAc)₂/p-toluenesulfonic acid system / I.E. Nifantev, N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.A. Vorobiev, A.N. Tavtorkin // Reaction kinetics, mechanisms and catalysis. — 2015. — Vol. 116. — P. 63–77. <https://doi.org/10.1007/s11144-015-0888-2>
- 25 Nifantev I.E. The concentration effects of reactants and components in the Pd(OAc)₂/p-toluenesulfonic acid/trans-2,3-bis(diphenylphosphinomethyl)-norbornane catalytic system on the rate of cyclohexene hydrocarbomethoxylation / I.E. Nifantev, N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.A. Vorobiev, A.N. Tavtorkin // Applied Catalysis A: General. — 2012. — Vol. 449. — P. 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2012.09.020>
- 26 Kumar K. Palladium (II) complexes bearing mixed N^NX (X = O and S) tridentate ligands as pre-catalysts for the methoxycarbonylation of selected 1-alkenes / K. Kumar, J. Darkwa // Polyhedron. — 2017. — Vol. 138. — P. 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2017.09.046>
- 27 Sevostyanova N.T. Hydrocarbomethoxylation of Cyclohexene Catalyzed by Pd(OAc)₂-PPh₃-p-Toluenesulfonic Acid. Some Aspects of Reaction Kinetics and Thermodynamics of Ligand Exchange between Palladium Complexes / N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.S. Rodionova // Russian Journal of Physical Chemistry. — 2019. — Vol. 13, No. 2. — P. 245–252. <https://doi.org/10.1134/S1990793119020076>
- 28 Sevostyanova N.T. Kinetic equations and models of cyclohexene hydrocarbonylation catalyzed by the RuCl₃ and RuCl₃/NaCl system / N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev // Reaction Kinetics Mechanisms and Catalysis. — 2018. — Vol. 125, No. 2. — P. 505–520. <https://doi.org/10.1007/s11172-019-2451-1>
- 29 Vavasori A. Supported palladium metal as heterogeneous catalyst precursor for the methoxycarbonylation of cyclohexene / A. Vavasori, S. Bravo, F. Pasinato, N. Kudaibergenov, L. Pietrobon // Molecular Catalysis. — 2020. — Vol. 484. — P. 110742. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2019.110742>
- 30 Bauer K. Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses/ K. Bauer, D. Garbe. — Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1985. <https://doi.org/10.1007/BF02908142>
- 31 Nikitakis I.M. (Editor). CFTA Cosmetic ingredient Handbook, First Edition. Washington, DC: The Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association, Inc., 1988.

Н.Ж. Құдайбергенов, К.М. Шалмагамбетов, А. Вавасори, Г.Ж. Жаксылыкова,
Ф.М. Канапиева, П. Алматқызы, Д.Б. Мамырхан, М. Булыбаев

Циклогексенді гидроэтоксикарбонилдеу реакциясының Pd-комплекті каталитикалық жүйесінде AlCl₃ Льюис қышқылын промотор ретінде қолдану

Мақалада көміртек оксидінің төмен қысымында (2,5 МПа) циклогексенді гидроэтоксикарбонилдеу реакциясында үш компонентті PdCl₂(PPh₃)₂-PPh₃-AlCl₃ каталитикалық жүйесінің промоторы ретінде AlCl₃ Льюис қышқылын пайдалану мүмкіндігінің зерттеу нәтижелері келтірілген. Нәтижесінде үш компонентті жүйенің жоғары каталитикалық белсенділігі және реакция региоселективті циклогексанкарбон қышқылының этил эфирін түзе отырып жүретіндігі анықталды. Процестің оңтайлы шарттары табылып (бастапқы реагенттердің моль қатынасы [Циклогексен]:[Этанол] = 1:1; каталитикалық жүйе компоненттерінің молярлық қатынасы = [PdCl₂(PPh₃)₂]:[PPh₃]:[AlCl₃] = 1:6:9; P_{CO} көміртегі тотығының қысымы = 2,5 МПа; процесс температурасы T = 120 °C және реакция уақыты τ = 5 сағ), онда мақсатты өнімнің шығымы 80,7 % жетті. Алынған циклогексанкарбон қышқылының этил эфирін анықтау үшін газохроматографиялық талдау жүргізіліп, масс- және ИҚ-спектрлері түсірілді. Алынған мәліметтер негізінде үш компонентті PdCl₂(PPh₃)₂-PPh₃-AlCl₃ жүйесінің қатысуымен циклогексеннің көміртек оксиді және этанолмен карбонилдеу реакциясының мүмкін болатын механизмі ұсынылды және талқыланды.

Кілт сөздер: циклогексен, көміртек монооксиді, Pd-комплекті катализаторлар, фосфинді лигандтар, алюминий (III) хлориді, гидроалкоксикарбонилдеу, циклогексанкарбон қышқылының этил эфирі, «гидридтік» механизм.