

УДК 66.094.942+66.095.83+544.478

doi:10.20998/2413-4295.2022.04.10

## ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРІВ НА РЕАКЦІЇ МІЖ ТРИ- І ДІЕТАНОЛАМІНАМИ ТА ЕТИЛОЛЕАТОМ

Р. В. ДАНИЛЮК, С. Р. МЕЛЬНИК\*

кафедра технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, УКРАЇНА  
\*e-mail: stepar.r.melnyk@lpnu.ua

**АНОТАЦІЯ** Алканоламіди та естераміни є вихідними матеріалами для одержання поверхнево-активних речовин, миючих та косметичних засобів, фармацевтичних препаратів, барвників. Досліджено закономірності взаємодії етилолеату та суміші три- та діетаноламінів (вміст діетаноламіну – 21 мас.%) у присутності каталізаторів Бренстеда та Льюїса. Як каталізатори застосовували катіоніт КУ-2-8, аніоніт АВ-17-8 та гідроксид калію, оксалат нікелю, катіоніт КУ-2-8 з іммобілізованими іонами  $Ni^{2+}$  та цей іоніт, додатково оброблений 0,1 М розчином лугу протягом 1 год, а також *p*-толуенсульфонат олова (II). Для зміщення рівноваги реакції трансестерифікації процес вели в нестационарних умовах з відгонкою з реакційної суміші утвореного етанолу. Встановлено що досліджені каталізатори за незначним винятком характеризуються відносно низькою швидкістю перетворення реагентів. Показано, що ефективність дії катіоніту КУ-2-8 в *H*-формі дуже залежить від температури та, більшою мірою, від мольного співвідношення етилолеату і три- та діетаноламінів. Дослідження впливу співвідношення реагентів дало змогу зробити припущення, що процеси масообміну суттєво позначаються на показниках реакції між етилолеатом і етаноламінами. Показано, що за однакових умов близьку до катіоніту КУ-2-8 каталітичну активність виявляють аніоніт АВ-17-8 та *p*-толуенсульфонат олова (II). Модифікація катіоніту КУ-2-8 іммобілізацією іонів нікелю децю покращує його каталітичні властивості, а подальша обробка одержаного каталізатора розчином лугу навіть децю зменшує конверсію етилолеату. Встановлено, що найвищу активність як каталізатор реакції між етилолеатом та три- і діетаноламінами виявляє оксалат нікелю. Такий ефект можна пояснити високими електроноакцепторними властивостями оксалат-аніону, який зменшує електронну густину на катіоні  $Ni^{2+}$ . Як наслідок у присутності цього каталізатора конверсія естеру становить 21,9%. Отримані результати дали змогу зробити висновок про потенційну перспективність застосування катіоніту КУ-2-8 у *H*-формі та оксалату нікелю як каталізаторів реакції між етилолеатом і три- та діетаноламінами.

**Ключові слова:** триетаноламін; діетаноламін; етилацетат; каталіз; трансестерифікація; аміноліз

## THE CATALYSTS IMPACT ON THE TRI- AND DIETHANOLAMINE AND ETHYL OLEATE INTERACTION

R. DANYLIUK, S. MELNYK

Department of Organic Products Technology, Lviv Polytechnic National University, Lviv, UKRAINE

**ABSTRACT** Alkanolamides and ester amines are raw materials for manufacturing surfactants, detergents and cosmetics, pharmaceuticals, and dyes. We investigated the regularities of the interaction between ethyl oleate and a mixture of tri- and diethanolamines (diethanolamine content was 21 wt.%) in the presence of Brønsted and Lewis catalysts. The cation exchange resin KU-2-8, anion exchange resin AB-17-8, potassium hydroxide, nickel oxalate, cation exchange resin KU-2-8 with immobilized  $Ni^{2+}$  ions, cation exchange resin KU-2-8 with immobilized  $Ni^{2+}$  ions treated with a 0.1 M alkali solution within 1 hour, and tin (II) *p*-toluenesulfonate were used as catalysts. The reaction was carried out in non-stationary conditions with the formed ethanol distillation from the reaction mixture to shift the transesterification reaction equilibrium. It was established that the studied catalysts, with a few exceptions, are characterized by a relatively low rate of reagent conversion. It is shown that the effectiveness of cation exchange resin KU-2-8 in the *H*-form depends significantly on the temperature and, to a greater extent, on the ethyl oleate and tri- and diethanolamines molar ratio. The study of the reagent ratio influence made it possible to assume that mass transfer processes significantly affect the parameters of ethyl oleate and ethanolamines interaction. It is shown that, under the same conditions, catalytic activity similar to cation exchange resin KU-2-8 is exhibited by anion exchange resin AB-17-8 and tin (II) *p*-toluenesulfonate. Modifying cation exchange resin KU-2-8 by immobilized nickel ions improves its catalytic properties, and subsequent treatment of the obtained catalyst with an alkali solution even slightly reduces the conversion of ethyl oleate. It was established that nickel oxalate exhibits the highest activity as a catalyst for the reaction between ethyl oleate and tri- and diethanolamines. This effect can be explained by the high electron-accepting properties of the oxalate anion, which reduces the electron density of the  $Ni^{2+}$  cation. As a result, in the presence of this catalyst, the ester conversion is 21.9%. The obtained results made it possible to conclude the potential prospects of using cation exchange resin KU-2-8 in *H*-form and nickel oxalate as catalysts for ethyl oleate and tri- and diethanolamines interaction.

**Keywords:** triethanolamine; diethanolamine; ethyl acetate; catalysis; transesterification; aminolysis

### Вступ

Алканоламіди та естераміни застосовують для одержання неіоногенних поверхнево-активних речовин, миючих та косметичних засобів,

фармацевтичних препаратів, барвників. Основним способом їх одержання є взаємодія аміноспиртів з карбоновими кислотами та їх естерами [1,2].

Для інтенсифікації взаємодії естерів з етаноламінами застосовують гетерогенні та гомогенні катализатори. Як гомогенні катализатори використовують кислоти Льюїса та Бренстеда, зокрема трибромід бору та хлоридну, фосфатну, сульфатну, *n*-толуенсульфонову кислоти, а як гетерогенні – основному солі лужних металів, комплекси металів, цеоліти тощо [3].

Основні катализатори виявляють вищу активність, є доступнішими і поширенішими ніж кислотні, тому більшість промислових процесів надають перевагу таким катализаторам як алкоксиди лужних металів, гідроксиди та карбонати калію [4].

Використання алкохолів лужних металів та гідроксидів у реакціях метилових естерів вищих жирних кислот з етаноламінами забезпечує високий вихід і чистоту алкіламіду. Реакцію проводили за температури 90–150 °С протягом 1–6 год за мольного співвідношення етаноламін : естер – 1 : 1,3 [5].

У роботі [6] наведені результати використання метоксиду натрію як катализатора амінолізу метилліонеату моно- і діетаноламінами за температури 30 °С. За 1,5 год реакції вихід аміду становив 97,2 %. Автори стверджують, що реакція амінолізу є домінуючою над реакцію трансестерифікації. Щоб зменшити вплив трансестерифікації і повніше провести аміноліз з отриманням цінних амідів, пропонують оптимізацію реакції щодо впливу розчинника, температури і складу суміші реагентів.

У роботі [7] наведені результати взаємодії етаноламіну з метиловим естером пальмітинової кислоти в присутності катализатора цеоліту H-Beta-22. За температури 180 °С та 3 год реакції конверсія естеру становила 17%. Для порівняння при взаємодії етаноламіну з кислотою було досягнуто конверсії кислоти 87 %.

Використання немодифікованого оксиду заліза (III) на різних носіях забезпечує за 1 год реакції моноетаноламіну зі стеариновою кислотою за температури 120 °С конверсію кислоти 17 %. Водночас, у присутності модифікованого Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на носії Ferrierite-20-SSIE за температури 140 °С та 1 год реакції досягається 98 % селективності за амідом за конверсії стеаринової кислоти 61 % [8].

Хлорид холіну каталізує взаємодію моноетаноламіну з метиловими естерами таких кислот, як пальмітинової, міристинової, стеаринової, лакринової без розчинника в атмосфері азоту. Протягом 1 год за температури від 90 °С до 110 °С за мольного співвідношення метиловий естер лауринової кислоти : моноетаноламін – 1 : 1,5 досягаються конверсія кислоти 98 % та селективність за амідом 100 % [9].

Широкого застосування набуває використання ферментативних катализаторів взаємодії аміноспиртів та естерів. Зокрема ліпаза є представником зелених катализаторів. У роботі [10] повідомляють про каталіз ферментним препаратом Lipozyme 435 взаємодії

етаноламіну з етиловим естером ейкозапентаїнової кислоти. Встановлено, що за температури 40–70 °С та часу реакції 1–2 год, співвідношенні естер : аміноспирт – 2 : 3, вихід етаноламіду становить 62,3 %. Однак основним недоліком є малий час життя самого катализатора та його висока вартість.

У роботі розглянуто використання MgAl-шаруватого подвійного гідроксиду (MgAl-LDH), який містить велику кількість центрів Бренстеда як катализатора реакції між аміноспиртами та естерами. Загальна формула катализатора  $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]^{x+}[A^{n-}]^{x/n} \cdot yH_2O$ , де  $M^{2+}$  та  $M^{3+}$  – іони двовалентного та тривалентного металів, а  $A^{n-}$  – інтеркальований аніон. MgAl-шаруватий подвійний гідроксид каталізує реакцію між метилстеарату та етаноламіну. За температури 393 К конверсія метилстеарату становила 87 %, збільшення температури до 413 К, призвело до незначного збільшення конверсії естеру [11].

У роботі [12] для прямого перетворення естерів на амід за відсутності розчинників пропонують застосовувати катализатора нітрат амонію. Цей катализатор забезпечує вихід цільових продуктів в межах 85–99 %. Автори також вказують про ефективність застосування катализаторів комплексів металів Sb(OEt)<sub>3</sub>, Zr(Ot-Bu)<sub>4</sub>HOAt, AlMe<sub>3</sub>, NaOMe, KOt-Bu, DABAL-Me<sub>3</sub>, MgX<sub>2</sub>, InI<sub>3</sub>, цинкового пилу, N-гетероциклічного карбіну, діазабіциклоундецену, триазабіцикло[4.4.0]дек-5-ен, і 1,2,4-тріазол-діазабіциклоундецену для реалізації таких процесів.

Отже, катализатори відіграють важливу роль під час взаємодії етаноламінів та естерів. Їх використання забезпечує як вищу інтенсивність перетворення реагентів, так і кращі технологічні показники процесу – конверсію реагентів та вихід цільових продуктів, зокрема. Насамперед це стосується реакцій між моноалканоламінами та естерами та меншою мірою – реакцій за участю три- та діетаноламінів [13].

Водночас, проблемою використання гомогенних катализаторів є складність їх виділення з продуктів реакції, а гетерогенні катализатори забезпечують нижчу конверсію. Тому пошук та розроблення ефективних катализаторів взаємодії етаноламінів та естерів залишається актуальною проблемою технології органічних речовин.

### Мета роботи

Метою роботи було дослідити закономірності взаємодії етилолеату з сумішшю три- і діетаноламінів у присутності різних катализаторів.

### Виклад основного матеріалу

Як реагенти використовували триетаноламін марки В (вміст діетаноламіну 21 мас. %); етилолеат, синтезований з відповідної кислоти і спирту, з домішкою олеїнової кислоти (КЧ = 3,6 мг КОН/г). Як

каталізатори використовували основи і кислоти Бренстеда та Льюїса, такі як катіоніт КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74), аніоніт АВ-17-8 (ГОСТ 20301-74) та гідроксид калію (марка ч.), оксалат нікелю (марка ч.), катіоніт КУ-2-8 з іммобілізованими іонами  $Ni^{2+}$  та цей іоніт, додатково оброблений 0,1 М розчином лугу протягом 1 год, а також *n*-толуенсульфонат олова (II).

Визначене кондуктометричним методом аміне число триетаноламіну, а фактично суміші етаноламінів (ЕА), становило 259,7 мг HCl/г, що відповідало їхній середній молекулярній масі 140,6.

Етилолеат (ЕО) синтезували з олеїнової кислоти та надлишку етилового спирту до конверсії кислоти 96 %. Після нейтралізації непрореагованої олеїнової кислоти обробкою реакційної суміші аніонітом АВ-17-8 в ОН-формі і промивання дистильованою водою вміст олеїнової кислоти в ньому становив 1,8 мас. %. Наявність олеїнової кислоти не вважали перешкодою для проведення процесу, адже вона здатна утворювати з три- та діетаноламінами ті самі продукти, що й етилолеат.

Закономірності взаємодії етилолеату з етаноламінами досліджували в нестационарних умовах з відгонкою утвореного етанолу. Реакцію проводили в установці, яка складалася з термостатованої на бані з силіконовою оливою круглодонної колби-реактора, пастки Діна-Старка та зворотного холодильника. Реакційне середовище, яке знаходилося за умови кипіння, додатково перемішували магнітною мішалкою з частотою обертання 400 об·хв<sup>-1</sup>.

Інтенсивність перебігу реакції визначали за накопиченням в реакційній суміші та в дистилаті в пастці етанолу, вміст якого визначали хроматографічно. Хроматографічний аналіз виконували за допомогою хроматографа ЛХМ-80 з детектором за теплопровідністю. Вміст спирту визначали в сталевій колонці завдовжки 1 м і діаметром 3 мм, заповненій нерухомою фазою 5 % Silicone SE30 на Chromaton N-AW із розміром частинок 0,125–0,160 мм.

Вплив мольного співвідношення реагентів досліджено в межах ЕО : ЕА – (2,9–1,1) : 1 в присутності катіоніту КУ-2-8 як каталізатора за середньої температури реакції – 131–148 °С. Вміст каталізатора становив 1 мас. %. За час реакції 180–300 хв була досягнута конверсія етилолеату від 5,1 до 51,3 % (табл. 1).

Результати дослідження реакції між етилолеатом та етаноламінами в присутності вказаних вище каталізаторів наведені в табл. 2. Очевидно, що за 300 хв реакції для мольного співвідношення ЕО : ЕА – (2,9–3,1) : 1 найвища конверсія етилолеату досягається в присутності оксалату нікелю, а найнижча – за умови каталізу реакції *n*-толуенсульфонатом олова (II).

Таблиця 1 – Вплив мольного співвідношення на технологічні показники реакції між етилолеатом та етаноламінами в присутності КУ-2-8.  $\omega(KU-2-8)$  – 1,0 мас. %

ЕО : ЕА (мол.)	Середня т-ра р-ії, °С	Час, хв	К(ЕО), %
1,1	131	180	24,8
2,1	140	205	51,3
2,9	148	300	5,1

Таблиця 2 – Технологічні показники процесу взаємодії етилолеату і етаноламінів у присутності різних каталізаторів. Час – 300 хв, середня температура реакції – 150±2 °С

Каталізатор	$\omega(\text{кат})$ , мас. %	ЕО : ЕА (мол.)	К(ЕО), %
КУ-2-8	1,1	2,9	5,1
КУ-2-8- $Ni^{2+}$	1,0	2,9	11,6
КУ-2-8- $Ni^{2+}OH^-$	1,1	3,1	10,5
$NiC_2O_4$	0,9	3,1	21,9
$Sn(CH_3C_6H_5SO_3)_2$	1,7	2,9	4,9
АВ-17-8	1,1	3,1	6,3
КОН	0,3	1,5	19,2

Застосування як каталізатора гідроксиду калію, який, на відміну від інших досліджених гетерогенних каталізаторів за вмісту 0,3 мас. % розчиняється в реакційній суміші, забезпечує конверсію етилолеату 19,2 %. Водночас, такий результат досягається за вдвічі меншого надлишку естеру (табл. 2).

### Обговорення результатів

Вищевказані каталізатори, які використовували в дослідженнях, виявляють досить високу активність у реакціях трансестерифікації тригліцеридів нижчими аліфатичними спиртами [14,15]. Оскільки саме це перетворення є основним під час взаємодії етилолеату і три- та діетаноламінів, це виправдовувало доцільність виконаних експериментів. Аналогічного типу каталізатори були досліджені в реакціях між три- та діетаноламінами та такими естерами як бутилпропіонат, бутилацетат, бутилолеат і, частково, етилалеат [16]. Саме для етилолеату було отримано кращі результати, що зумовило інтерес для продовження досліджень нових каталізаторів для його взаємодії з етаноламінами.

Водночас, встановлено що досліджені каталізатори за незначним винятком характеризуються відносно низькою швидкістю перетворення реагентів.

Зокрема ефективність дії катіоніту КУ-2-8 в Н-формі дуже залежить від температури та, більшою мірою, від мольного співвідношення етилолеату і три-

та діетаноламінів. Так, за умови мольного надлишку естеру 2,9 : 1 і максимальних середньої температури реакції конверсія етилолеату за 300 хв досягає всього 5,1 % (табл. 1). Зменшення надлишку естеру навіть при зниженні температури реакції забезпечує значно вищий ступінь перетворення етилолеату, який за 205 хв реакції за мольного надлишку естеру 2,1 : 1 і за температури 140 °C становить 51,3 %. Такий вплив параметрів на перебіг процесу можна пояснити впливом масообміну. Зокрема, етилолеат і етаноламіни є практично взаємно нерозчинними, тому реакція на початкових стадіях є гетерофазною, а висока в'язкість обох компонентів реакційної суміші додатково погіршує контакт між реагентами.

Модифікація катіоніту КУ-2-8 іммобілізацією іонів нікелю дещо покращує його каталітичні властивості, проте конверсія етилолеату становить лише 11,6 % (табл. 2). Водночас, обробка такого каталізатора розчином лугу, яка покращувала його активність в реакціях трансестерифікації тригліцеридів [15], навіть дещо зменшує конверсію етилолеату до 10,5 %. У присутності каталізатора аніоніту АВ-17-8 конверсія становить всього 6,3 %.

Оксалат нікелю виявляє найвищу активність як каталізатор реакції між етилолеатом та три- і діетаноламінами. У його присутності конверсія естеру становить 21,9 %. Такий ефект можна пояснити зменшенням електронної густини на катіоні  $Ni^{2+}$  внаслідок високих електрооакцепторних властивостей оксалат-аніону. Водночас іон  $Sn^{2+}$ , який є ефективним каталізатором процесу естерифікації та трансестерифікації, в поєднанні з *n*-толуенсульфонат-аніоном виявляє активність на рівні катіоніту КУ-2-8 та аніоніту АВ-17-8.

Загалом досліджені гетерогенні каталізатори, окрім оксалату нікелю, виявляють нижчу активність порівняно з гомогенним каталізатором гідроксидом калію, який забезпечує конверсію естеру 19,2 % за співвідношення ЕО : ЕА – 1,5 : 1 (табл. 2).

### Висновок

Отже, отримані результати дають змогу зробити висновок про потенційну перспективність застосування катіоніту КУ-2-8 у Н-формі та оксалату нікелю як каталізаторів реакції між етилолеатом і три- та діетаноламінами.

### Список літератури

- Dinesh K., Amjad A. Direct synthesis of fatty acid alkanolamides and fatty acid alkyl esters from high free fatty acid containing triglycerides as lubricity improvers using heterogeneous catalyst. *Fuel*. 2015. № 159. P. 845-853. doi: 10.1016/j.fuel.2015.07.046.
- Wang X., Wang T., Wang X. An Improved Method for Synthesis of N-stearoyl and N-palmitoylethanolamine. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 2012. № 89. P. 1305-1313. doi: 10.1007/s11746w-012-2017-y.

- Chintareddy V. R., Ho H., Sadow A. D., Verkade J. G. Polymer-mounted  $N_3=P(MeNCH_2CH_2)_3N$ : a green, efficient and recyclable catalyst for room-temperature transesterifications and amidations of unactivated esters. *Tetrahedron Lett.* 2011. № 52. P. 6523–6529 doi: 10.1016/j.tetlet.2011.09.102.
- Freedman B., Butterfield R. O., Pryde E. H. Transesterification Kinetics of Soybean Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1986. № 63. P. 1375. doi: 10.1007/BF02679606.
- Ohshima Y., Imoto H., Fujii A. Process for the production of high purity alkanolamide (Verfahren zur Herstellung von hochreinem Alkanolamid). Patent German No DE19648513. 1997.
- Wang X., Chen Y., Jin Q., Huang J., Wang X. Synthesis of Linoleoyl Ethanolamide. *J. Oleo Sci.* 2013. № 62(6). P. 427-433. doi: 10.5650/jos.62.427.
- Tkacheva A., Dosmagambetova I., Chapellier Y. Pharmaceuticals and Surfactants from Alga-Derived Feedstock: Amidation of Fatty Acids and Their Derivatives with Amino Alcohols. *ChemSusChem*. 2015. № 8(16). P. 2670–2680. doi: 10.1002/cssc.201500526.
- Mäki-Arvela P., Zhu J., Kumar N., Eränen K., Aho A., Linden J., Salonen J., Peurla M., Mazur A., Matveev V., Murzin D. Yu., Solvent-free “green” amidation of stearic acid for synthesis of biologically active alkylamides over iron supported heterogeneous catalysts. *Appl. Cat. A, General*. 2017. № 542. P. 350-358. doi: 10.1016/j.apcata.2017.06.006.
- Patil P., Pratap A. Choline Chloride Catalyzed Amidation of Fatty Acid Ester to Monoethanolamide: A Green Approach. *J. Oleo Sci.* 2016. № 65(1). P. 75-79. doi: 10.5650/jos.ess15070.
- Wang X., Chen Y., Ma Y., Jin Q., Wang X. Lipozyme 435-catalyzed synthesis of eicosapentaenoyl ethanolamide in a solvent-free system. *J. Molec. Cat. B: Enzym.* 2015. № 122. P. 233-239. doi: 10.1016/j.molcatb.2015.09.016.
- Xiaodong L., Wei L., Qing P., Haiyan L., Tao C., Sailong X., Fazhi Z. Activated MgAl-layered double hydroxide as solid base catalysts for the conversion of fatty acid methyl esters to monoethanolamides. *Appl. Cat. A: General*. 2011. № 399. P. 87–92. doi: 10.1016/j.apcata.2011.03.042.
- Ramesh P., Fadnavis N. W. Ammonium Nitrate: A Biodegradable and Efficient Catalyst for the Direct Amidation of Esters under Solvent-free Conditions. *Chem. Lett.* 2015. № 44. P. 138–140. doi: 10.1246/cl.140846.
- Fearheller S. H., Bistline Jr. R. G., Bilyk A., Dudley R. L., Kozempel M. F., Haas M. J. A Novel Technique for the Preparation of Secondary Fatty Amides. III. Alkanolamides, Diamides and Aralkylamides. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1994. № 71(8). P. 863-866.
- Melnyk Yu., Melnyk S., Palyukh Z., Dzinyak B. Research into transesterification of triglycerides by aliphatic alcohols C2–C4 in the presence of ionites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. №1/6(94). P. 10–16. doi: 10.15587/1729-4061.2018.122938.
- Мельник Ю. Р., Мельник С. Р., Магорівська Г. Я. Трансестерифікація тригліцеридів рослинних олій головною фракцією етилового спирту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2021. № 1(7). С. 72–79. doi: 10.20998/2413-4295.2021.01.11.
- Данилюк Р. В., Комарецька А. А., Мельник Ю. Р., Мельник С. Р. Закономірності взаємодії естерів аліфатичних карбонових кислот і етаноламінів. *Наукові вісті Далівського університету*. 2021. № 21. doi: 10.33216/2222-3428-2021-21-8.

### References (transliterated)

1. Dinesh K., Amjad A. Direct synthesis of fatty acid alkanolamides and fatty acid alkyl esters from high free fatty acid containing triglycerides as lubricity improvers using heterogeneous catalyst. *Fuel*, 2015, Vol. 159, pp. 845-853, doi: 10.1016/j.fuel.2015.07.046.
2. Wang X., Wang T., Wang X. An Improved Method for Synthesis of N-stearoyl and N-palmitoylethanolamine. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2012, Vol. 89, pp. 1305-1313, doi: 10.1007/s11746-012-2017-y.
3. Chintareddy V. R., Ho H., Sadow A. D., Verkade J. G. Polymer-mounted  $N_3=P(MeNCH_2CH_2)_3N$ : a green, efficient and recyclable catalyst for room-temperature transesterifications and amidations of unactivated esters. *Tetrahedron Lett.*, 2011, Vol. 52, pp. 6523–6529, doi: 10.1016/j.tetlet.2011.09.102.
4. Freedman B., Butterfield R. O., Pryde E. H. Transesterification Kinetics of Soybean Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1986, Vol. 63, pp. 1375, doi: 10.1007/BF02679606.
5. Ohshima Y., Imoto H., Fujiu A. Process for the production of high purity alkanolamide (Verfahren zur Herstellung von hochreinem Alkanolamid). Patent German No DE19648513. 1997.
6. Wang X., Chen Y., Jin Q., Huang J., Wang X. Synthesis of Linoleoyl Ethanolamide. *J. Oleo Sci.*, 2013, Vol. 62, no. 6, pp. 427-433, doi: 10.5650/jos.62.427.
7. Tkacheva A., Dosmagambetova I., Chapellier Y. Pharmaceuticals and Surfactants from Alga-Derived Feedstock: Amidation of Fatty Acids and Their Derivatives with Amino Alcohols. *ChemSusChem.*, 2015, Vol. 8, no. 16, pp. 2670–2680, doi: 10.1002/cssc.201500526.
8. Mäki-Arvela P., Zhu J., Kumar N., Eränen K., Aho A., Linden J., Salonen J., Peurla M., Mazur A., Matveev V., Murzin D. Yu., Solvent-free “green” amidation of stearic acid for synthesis of biologically active alkylamides over iron supported heterogeneous catalysts. *Appl. Cat. A, General*, 2017, Vol. 542, pp. 350-358, doi: 10.1016/j.apcata.2017.06.006.
9. Patil P., Pratap A. Choline Chloride Catalyzed Amidation of Fatty Acid Ester to Monoethanolamide: A Green Approach. *J. Oleo Sci.*, 2016, Vol. 65, no. 1, pp. 75-79, doi: 10.5650/jos.ess15070.
10. Wang X., Chen Y., Ma Y., Jin Q., Wang X. Lipozyme 435-catalyzed synthesis of eicosapentaenoyl ethanolamide in a solvent-free system. *J. Molec. Cat. B: Enzym*, 2015, Vol. 122, pp. 233-239 doi: 10.1016/j.molcatb.2015.09.016.
11. Xiaodong L., Wei L., Qing P., Haiyan L., Tao C., Sailong X., Fazhi Z. Activated MgAl-layered double hydroxide as solid base catalysts for the conversion of fatty acid methyl esters to monoethanolamides. *Appl. Cat. A: General*, 2011, Vol. 399, pp. 87–92, doi: 10.1016/j.apcata.2011.03.042.
12. Ramesh P., Fadnavis N. W. Ammonium Nitrate: A Biodegradable and Efficient Catalyst for the Direct Amidation of Esters under Solvent-free Conditions. *Chem. Lett.*, 2015, Vol. 44, pp. 138–140, doi: 10.1246/cl.140846.
13. Fearheller S. H., Bistline Jr. R. G., Bilyk A., Dudley R. L., Kozempel M. F., Haas M. J. A Novel Technique for the Preparation of Secondary Fatty Amides. III. Alkanolamides, Diamides and Aralkylamides. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1994, Vol. 71, no. 8, pp. 863-866.
14. Melnyk Yu., Melnyk S., Palyukh Z., Dzinyak B. Research into transesterification of triglycerides by aliphatic alcohols C2–C4 in the presence of ionites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, Vol. 1/6, no 94, pp. 10–16, doi: 10.15587/1729-4061.2018.122938.
15. Melnyk Yu., Melnyk S., Mahorivska H. Transesterification of vegetable oils' triglycerides with the head fraction of ethyl alcohol. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2021, no. 1 (7), pp. 72-79, doi:10.20998/2413-4295.2021.01.11.
16. Danyliuk R. V., Komaretska A. A., Melnyk Yu. R., Melnyk S. R. Zakonomirnosti vzaiemodii esteriv alifatychnykh karbonovykh kyslot i etanolaminiv. *Naukovi visti Dalivskoho universytetu*, 2021, Vol. 21, doi: 10.33216/2222-3428-2021-21-8.

### Відомості про авторів (About authors)

**Данилюк Роман Володимирович** – аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», аспірант кафедри технології органічних продуктів; тел.: (068) 241-71-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7222-6602>, e-mail: roman.v.danyliuk@lpnu.ua.

**Danyliuk Roman** – PhD Student, Lviv Polytechnic National University, PhD Student at the Department of Organic Products Technology; tel:(068) 241-71-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7222-6602>, e-mail: roman.v.danyliuk@lpnu.ua.

**Мельник Степан Романович** – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри технології органічних продуктів; тел.: (067) 391-29-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-9723>, e-mail: stepan.r.melnyk@lpnu.ua.

**Melnyk Stepan** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Lviv Polytechnic National University, Professor at the Department of Organic Products Technology; tel.: (067) 391-29-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-9723>, e-mail: stepan.r.melnyk@lpnu.ua.

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

Данилюк Р. В., Мельник С. Р. Вплив каталізаторів на реакції між три- і діетаноламінами та етилолеатом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 4 (14). С. 65-69. doi:10.20998/2413-4295.2022.04.10.

*Please cite this article as:*

Danyliuk R., Melnyk S. The catalysts impact on the tri- and diethanolamine and ethyl oleate interaction. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 4(14), pp. 65–69, doi:10.20998/2413-4295.2022.04.10.

*Надійшла (received) 29.11.2022*