

Вестник Башкирского института социальных технологий). 2026. № 1(70). С. 172–178
Vestnik BIST (Bashkir Institute of Social Technologies). 2026;1(70):172–178

ЦЕНТР UNEVOC В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НА БАЗЕ БИСТ (ФИЛИАЛА) ОУП ВО «АТИСО»

Научная статья
УДК 547.426.251+547.426.21
doi: 10.47598/2078-9025-2026-1-70-172-178

ПОЛУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

Сироджиддин Икром Раджабзода

Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни, Душанбе,
Республика Таджикистан, ikromovich80@mail.ru

Аннотация. В соответствии с решениями междисциплинарных задач устойчивого развития экономики, рост производства биотоплива приведет к накоплению глицерина в количествах, значительно превышающих его потребность. Назревает проблема поиска вариантов квалифицированного использования глицерина. Одним из вариантов использования глицерина может служить синтез на его основе сложных эфиров. В соответствии с требованиями получения более качественных и новых продуктов для региональной экономики в работе представлен синтез и свойства новых органических соединений на основе синтеза ди- и триэфиров глицерина и аминокислот ароматического ряда, имеющих широкий спектр востребованных применений в разных отраслях производства.

Ключевые слова: концепция устойчивого развития, устойчивые модели производства, новые химические соединения, новые свойства, полифункциональные ароматические соединения, глицерин, аминокислоты ароматического ряда, фенилаланин, тирозин, диэфиры глицерина, триэфиры глицерина, биологически активные соединения

Благодарности: автор выражает большую благодарность и свою признательность за ценные советы при выполнении исследований и их обсуждении заведующему кафедрой общей химии Уфимского государственного нефтяного технического университета С. С. Злотскому, доктору химических наук, профессору, член-корреспонденту Академии наук Республики Башкортостан.

Для цитирования: Раджабзода С. И. Получение химических продуктов с новыми свойствами в целях устойчивого развития экономики // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). 2026. № 1 (70). С. 172–178. <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2026-1-70-172-178>.

BASHKIR INSTITUTE OF SOCIAL TECHNOLOGIES (BRANCH) EDUCATIONAL INSTITUTION
OF THE TRADE UNIONS OF HIGHER EDUCATION
"ACADEMY OF LABOR AND SOCIAL RELATIONS" UNEVOC CENTER

Research article

OBTAINING CHEMICAL PRODUCTS WITH NEW PROPERTIES FOR SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

Sirojiddin I. Rajabzoda

S. Aini Tajik State Pedagogical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan, ikromovich80@mail.ru

Abstract. In accordance with the solutions to interdisciplinary challenges of sustainable economic development, the growth in biofuel production will lead to the accumulation of glycerol in quantities significantly exceeding its demand. The problem of finding options for the qualified utilization of glycerol is emerging. One such option for glycerol utilization could be the synthesis of esters based on it. In accordance with the

requirements for obtaining higher quality and novel products for the regional economy, this work presents the synthesis and properties of new organic compounds based on the synthesis of di- and triesters of glycerol and aromatic amino acids, which have a wide range of in-demand applications in various industries.

Keywords: concept of sustainable development, sustainable production models, new chemical compounds, new properties, polyfunctional aromatic compounds, glycerol, aromatic amino acids, phenylalanine, tyrosine, diglycerol esters, triglycerol esters, biologically active compounds

Acknowledgments: The author expresses his deep gratitude and appreciation for valuable advice during the research and its discussion to the Head of the Department of General Chemistry of the Ufa State Petroleum Technical University S. S. Zlotsky, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan.

For citation: Rajabzoda S. I. Obtaining chemical products with new properties for sustainable economic development. *Vestnik BIST (Bashkirskogo instituta social`ny`x texnologij) = Vestnik BIST (Bashkir Institute of Social Technologies)*. 2026;(1(70)):172–178. (In Russ.). <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2026-1-70-172-178>.

Концепция устойчивого развития, провозглашенная ООН, обусловила основные приоритеты развития экономики во всем мире. Сегодня понятие «устойчивое развитие» уверенно вошло в мировую и отечественную науку. Будущее науки лежит в развитии прорывных технологий и решении междисциплинарных задач устойчивого развития [1].

Так, технология производства биотоплива в промышленных масштабах освоена в Дании, Голландии, Германии. В ближайшее время аналогичные заводы начнут функционировать в Испании и Бельгии [2].

Масштабный рост во всем мире производства биотоплива уже в скором времени приведет к накоплению глицерина в количествах, значительно превышающих его потребность. Назревает проблема поиска вариантов квалифицированного использования глицерина. Одним из вариантов использования глицерина может служить синтез на его основе сложных эфиров с различной степенью замещения гидроксильных групп и длиной кислотного остатка от 1 до 4 [3].

Существует множество исследований, направленных на обнаружение эффективного использования глицерина для производства химической продукции с добавленной стоимостью для обеспечения устойчивых моделей потребления и производства [4–5].

Глицерин является потенциальным материалом биологического происхождения, позволяющим получить биологически активные вещества на основе его низко токсичных продуктов. Превращение глицерина в простые эфиры глицерина является хорошим способом и одной из наиболее перспективных областей его применения [6–8].

Кроме того, моноэфир глицерина (МЭГ) используется в фармацевтической области [9], в производстве косметических средств и дезодорантов [10], а также смазочных материалов и топливных присадок [11–12].

Аминокислоты обеспечивают биологическую жизнедеятельность и выполняют множество особых физиологических функций, играя роль в синтезе белка, метаболизме, развитии организма, стабильности осмотического давления и нейротрансмиссии. Помимо этих функций, аминокислоты также широко используются в пищевой промышленности.

Структуры аминокислот просты и разнообразны, а их фармакологическая активность обширна. Эти особенности обычно используются при синтезе лекарств и структурной модификации [13–14].

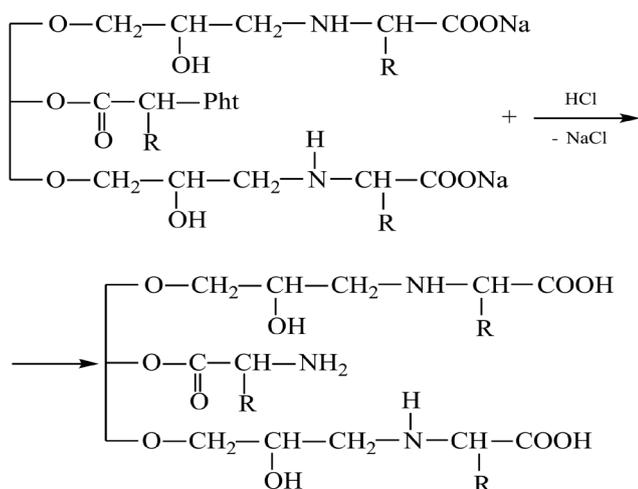
Целью настоящего исследования является синтез ди- и триэфиров глицерина на основе аминокислот ароматического ряда.

Для синтеза получаемых веществ в качестве первичных реагентов использовались: α и γ -аминомасляная кислота торговой марки «х.ч.», 3-хлор-1,2-эпоксипропан (99,8%), α -монохлоргидрин глицерина, α, γ -дихлоргидрин глицерина, диметилформамид, хлороформ, бензол и 1,4-диоксан с маркой «ч.д.а.».

Спектр ядерного магнитного резонанса (ЯМР) выполнен на оборудовании «Varian Mercury 400» на частоте 400 МГц (в ДМСO-d6), внутреннем стандарте гексаметилдисилоксане и Tesla BS-487C (100 МГц) с рабочей частотой 80 МГц. Химическое сродство к GMDS принято в качестве внутреннего стандарта. Концентрация испытанных образцов составила 5%.

В результате установлено, что прохождение реакции и выход продукта зависят от строения аминокислот L-фенилаланина и L-тирозина. Реакция проводится в течение 4–4,5 часов при температуре 50–55 °С.

На следующем этапе провели гидролиз пропан-2-фталлилфенилаланин-1,2 с соляной кислотой и получили триэфиры глицерина. Реакция проводится по следующей схеме:



Эксперимент показал, что последняя стадия реакции проводится при более высоких температурах 60–70 °С и быстрее протекает в бензоле, чем в хлороформе. Продолжительность реакции составила 3,5–4 часа.

Таким образом было показано, что триэфиры глицерина можно получить из аминокислот алифатического ряда: фенилаланин, тирозин. Для подтверждения полученных нами веществ триэфиров глицерина, молекула которых содержит остатки аминокислот фенилаланина и тирозина мы использовали инфракрасный спектр, Масс-спектр, ядерно-магнитный резонанс и элементный анализ.

Анализ инфракрасного спектра показал, что триэфиры глицерина наблюдаются в полосе поглощения, характерной для первого вещества в областях от 730 см⁻¹ связи С–Cl, и в областях 2865–2910 см⁻¹ связи COO–CH₂–.

Валентные колебания (ОН) обнаружены в областях 3205–3390 см⁻¹, которые свидетельствуют о реакции 1,2-диэпоксипропан-2-фталлилфенилаланила с натриевой солью аминокислот L-фенилаланина и L-тирозина (рисунок 1).

Полученные данные ядерно-магнитного резонанса (ЯМР)¹³С показали, что в областях δ = 7,90 м.д. (С₆Н₅ группа), в области δ = 7,35–7,43 м.д. (τ) и в области δ = 7,26 м.д., 7,28 м.д., 7,31 м.д. (τ) в CDCl₃ появляются химические изменения. Соединение в этих областях приводит к соотношению 1 : 2 : 2 : 1.

В спектре ЯМР ¹³С-1,2-дифенилаланилпропан-2-фенилаланила: в области δ = 30,49 м.д.,

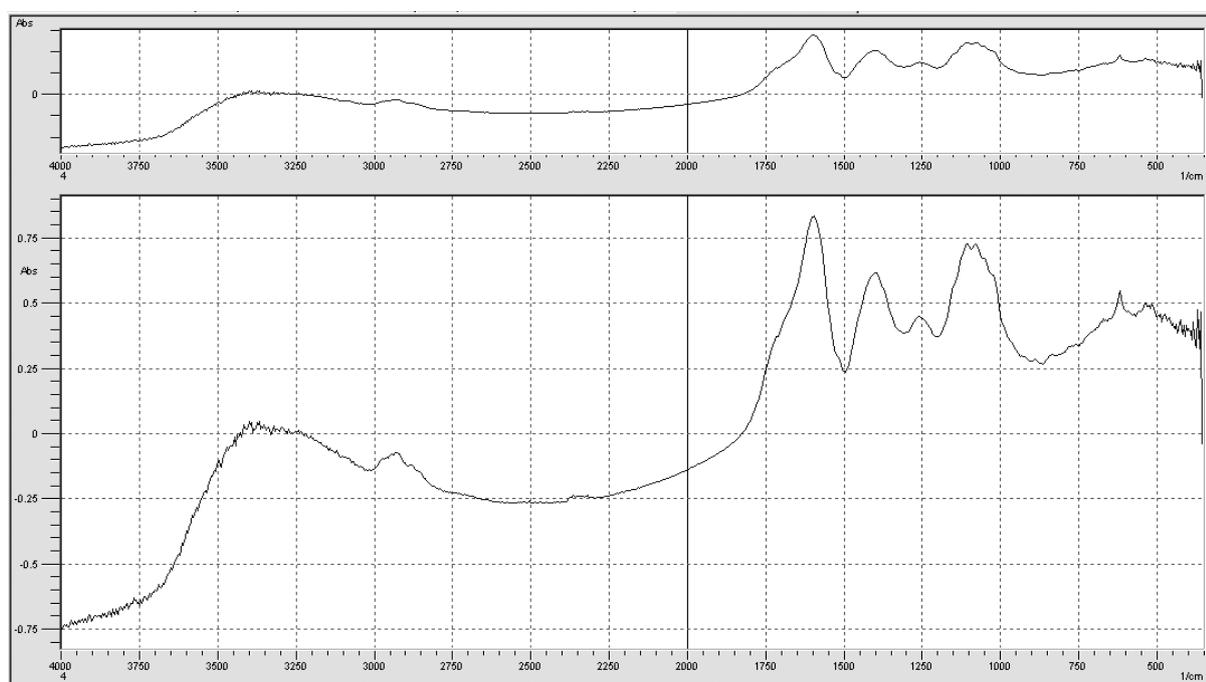


Рисунок 1. ИК-спектр 1,2-диэпоксипропан-2-фталлилфенилаланила
Figure 1. IR spectrum of 1,2-diepoxypropane-2-phthalylphenylalanyl

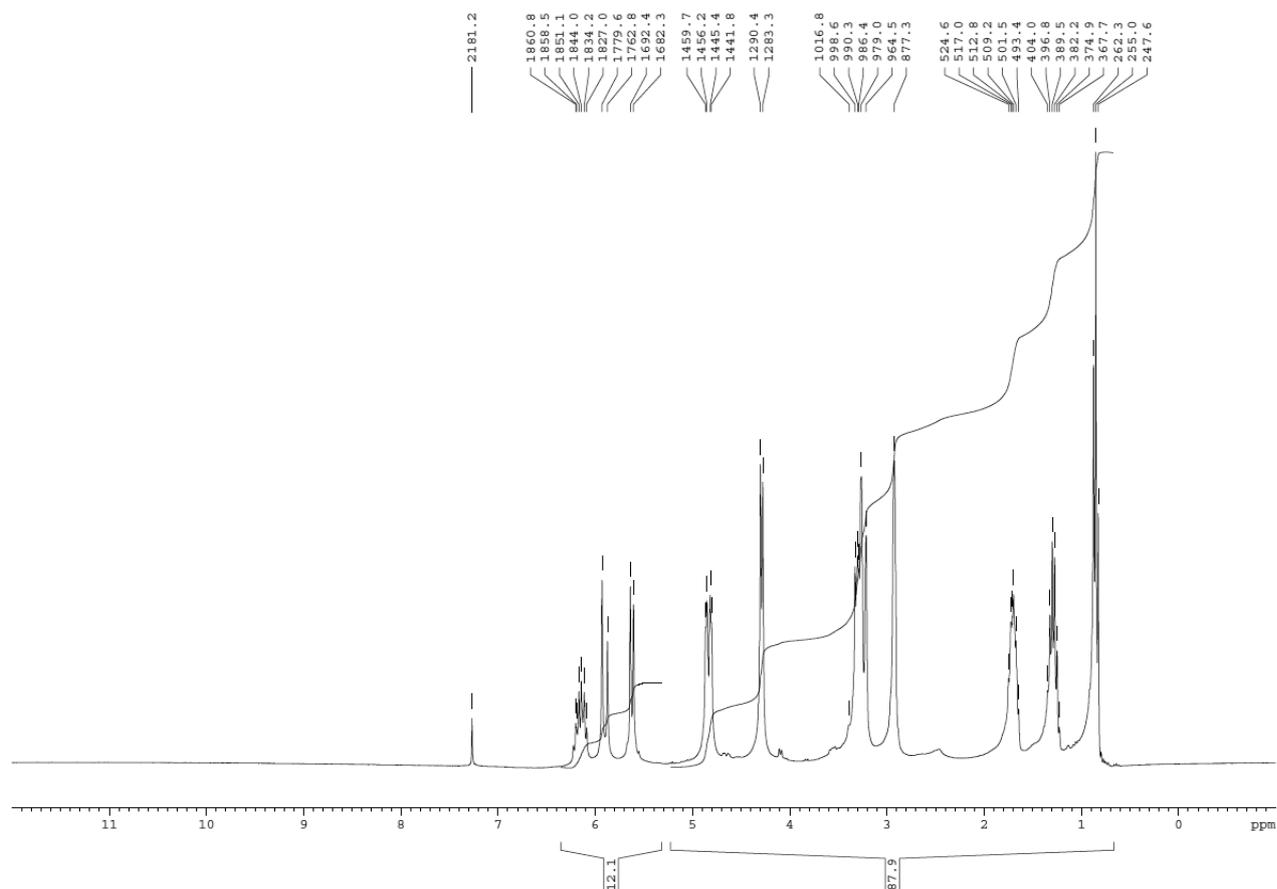


Рисунок 2. ЯМР спектр ^{13}C 1,2-диэпоксипропан-2-фталилфенилаланила
Figure 2. NMR spectrum of ^{13}C 1,2-diepoxypropane-2-phthalylphenylalanyl

37,29 м.д., 61,98 м.д., 66,13 м.д., 54,18 м.д., 66,65 м.д., 66,69 м.д. растворитель CDCl_3 обладает химической склонностью (рисунок 2).

В молекуле эпихлоргидрина имеются два реакционноспособных центра (эпоксидная группа и группа $\text{C}-\text{Cl}$), в молекуле глицерина имеется три центра реакционной способности (три группы $-\text{OH}$), которые участвуют в химических реакциях и способствуют образованию многочисленных органических веществ с большой биологической и физиологической активностью.

Исследования автора направлены на совершенствование способов получения новых ароматических ди- и триэфиров глицерина на основе фенилаланина и тирозина. Полученные продукты можно рассматривать как полупродукты для получения важных продуктов

органического синтеза для разных отраслей экономики.

На основе целенаправленного синтеза новых классов органических соединений с изучением связи между их структурой и биологическими свойствами могут быть созданы новые эффективные лекарственные средства и другие необходимые продукты.

Рост производства биотоплива во всем мире, в целях устойчивого развития и «зеленой» экономики, уже в скором времени приведет к накоплению глицерина в количествах, значительно превышающих его потребность. Одним из вариантов использования глицерина может служить синтез на его основе сложных эфиров, что способствует решению очень важной задачи развития безотходных производств.

Таблица 2. Важнейшие физико-химические константы и синтезирование вещества

Номер вещества	R _f [*]			Выход в %	T _{пл.} , °C	С % Найд. Вычис.	Н % Найд. Вычис.	N % Найд. Вычис.	Брутто-формула
	А	Б	В						
1	0,89	0,91	0,94	84,00	амморф	52,39 52,46	31,29 31,36	25,45 25,65	C ₁₅ H ₂₀ NO ₅
2	0,86	0,90	0,92	83,00	амморф	51,31 51,36	34,21 34,26	22,58 22,88	C ₁₅ H ₂₀ NO ₅
3	0,84	0,88	0,93	83,00	амморф	51,40 51,36	34,30 34,26	21,31 21,61	C ₁₅ H ₂₀ NO ₅
4	0,88	0,93	0,94	83,30	амморф	46,48 46,54	33,38 33,44	23,62 23,82	C ₁₅ H ₁₆ NO ₅
5	0,95	0,89	0,94	82,30	амморф	40,57 40,64	35,67 35,74	22,57 22,87	C ₁₅ H ₁₆ NO ₅
6	0,90	0,88	0,85	82,20	амморф	54,22 54,36	31,32 31,46	23,42 23,72	C ₁₅ H ₁₆ NO ₅
7	0,92	0,89	0,87	81,20	амморф	54,22 54,36	31,32 31,46	23,42 23,72	C ₁₅ H ₁₆ NO ₅

Список источников

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года : Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года // Министерство иностранных дел Российской Федерации : официальный сайт. URL: <https://www.mid.ru/upload/archive/59cc2d203768087f4432b40010d0acd1.pdf> (дата обращения: 15.02.2026).
2. Gerpen J. V. Biodiesel processing and production // Fuel Processing Technology. 2005. Volume 86, Issue 1086. P. 1097–1107. DOI: 10/1016/J.FUPROC.2024.11.005.
3. Вейганд-Хильгетаг. Методы эксперимента в органической химии. Москва : Химия. 1968. 944 с.
4. Раджабов С. И., Юсупов Т. Ю., Каримов М. Б. Изучение фармакологической активности производных эпихлоргидрина, моно- и дихлоргидрина глицерина с остатками аминокислотами и пептидами // Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений материалы Республиканской научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора химических наук, профессора Азизкулова Онаджон Азизкуловны. Душанбе, 2011. С. 194–195.
5. Синтез и физиологическая активность производных эпихлоргидрина на основе эфиров аминокислот / С. Х. Одинаев, С. И. Раджабов, М. Б. Каримов, Т. Ю. Юсупов // Вестник Дангаринского государственного университета. 2015. № 2 (2). С. 15–18.
6. Одинаев С. Х., Юсупов Т. Ю. Синтез и ростостимулирующая активность производных глицерина с аминокислотами // Вестник Таджикского национального университета. 2014. № 1/1(126). С. 124–126.
7. Физиологическая активность производных эпихлоргидрина на основе эфиров аминокислот / С. И. Раджабов, С. Х. Одинаев, А. Б. Кимсанов, З. Ашурова // Вестник Таджикского национального университета. 2014. № 1/4(153). С. 199–203.
8. Химия биологически активных соединений : учебное пособие / И. Л. Филимонова, Г. А. Жолобова, А. С. Галактионова, М. С. Юсубов. 2-е изд., стереотипное. Томск : СибГМУ, 2012. 162 с.
9. Glyceryl ester surfactants: Promising excipients to enhance the cell permeating properties of SEDDS / F. Zahir-Jouzdani, N. Lupo, M. Hermann [at al.] // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2018. Volume 129. P. 154–161.
10. Kandeel E. M. Synthesis and performance of glycerol ester-based nonionic surfactants // Der Chemica Sinica. 2011. Volume 2, No. 3, P. 88–98.
11. Glycerol valorization as biofuel additives by employing a carbon-based solid acid catalyst derived from glycerol / Ch. Ummadisetti, B. N. Rachapudi, L. A. Bethala, D. Prabhavathi // Ind. Eng. Chem. Res. 2014. Volume 53. P. 16164–16169.

12. Review on the catalytic acetalization of bio-renewable glycerol to fuel additives / K. A. Talebian, N. A. Amin, N. S. Najaafi, S. A. Tarighi // *Frontiers in Chemistry*. 2018. Volume 6. P. 1–25.
13. Кимсанов Б. Х. Биологически активные производные глицерина. Москва : Химия, 2003. 96 с.
14. Исmoilзода С. С. Синтез и изучение 1,3-алкилбензиловых триэфиров глицерина // *Вестник Таджикского национального университета*. 2022. № 1. С. 275–287.

References

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development: Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation: official website. (In Russ.). Available from: <https://www.mid.ru/upload/archive/59cc2d203768087f4432b40010d0acd1.pdf> (date of access: February 15, 2026).
2. Gerpen J. V. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*. 2005;86(1086):1097–1107. DOI: 10/1016/J.FUPROC.2024.11.005.
3. Weigand-Hilgetag. *Experimental Methods in Organic Chemistry*. Moscow: Chemistry; 1968. 944 p. (In Russ.).
4. Radjabov S. I., Yusupov T. Yu., Karimov M. B. Study of pharmacological activity of derivatives of epichlorohydrin, mono- and dichlorohydrin of glycerol with amino acid and peptide residues. *Perspektivy` razvitiya issledovanij v oblasti ximii koordinacionny`x soedinenij materialy` respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj 70-letiyu doktora ximicheskix nauk, professora Azizkulova Onadzhon Azizkulovny` = Prospects for the development of research in the field of chemistry of coordination compounds Proceedings of the Republican scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of Doctor of Chemical Sciences, Professor Onadzhon Azizkulovna Azizkulov*. Dushanbe; 2011. P. 194–195. (In Russ.).
5. Synthesis and physiological activity of epichlorohydrin derivatives based on amino acid esters / S. Kh. Odinaev, S. I. Radjabov, M. B. Karimov, T. Yu. Yusupov. *Vestnik Dangarinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Dangara State University*. 2015;(2(2)):15–18. (In Russ.).
6. Odinaev S. Kh., Yusupov T. Yu. Synthesis and growth-promoting activity of glycerol derivatives with amino acids. *Vestnik Tadjikskogo nacional`nogo universiteta = Bulletin of the Tajik National University*. 2014;(1/1(126)):124–126. (In Russ.).
7. Physiological activity of epichlorohydrin derivatives based on amino acid esters / S. I. Radjabov, S. Kh. Odinaev, A. B. Kimsanov, Z. Ashurova. *Vestnik Tadjikskogo nacional`nogo universiteta = Bulletin of the Tajik National University*. 2014;(1/4(153)):199–203. (In Russ.).
8. Chemistry of biologically active compounds: a textbook / I. L. Filimonova, G. A. Zholobova, A. S. Galaktionova, M. S. Yusubov. 2nd ed., stereotyped. Tomsk: Siberian State Medical University; 2012. 162 p. (In Russ.).
9. Glyceryl ester surfactants: Promising excipients to enhance the cell permeating properties of SEDDS / F. Zahir-Jouzani, N. Lupo, M. Hermann [at al.]. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 2018;129:154–161.
10. Kandeel E. M. Synthesis and performance of glycerol ester-based nonionic surfactants. *Der Chemica Sinica*. 2011;2(3):88–98.
11. Glycerol valorization as biofuel additives by employing a carbon-based solid acid catalyst derived from glycerol / Ch. Ummadisetti, B. N. Rachapudi, L. A. Bethala, D. Prabhavathi. *Ind. Eng. Chem. Res*. 2014;53:16164–16169.
12. Review on the catalytic acetalization of biorenewable glycerol to fuel additives / K. A. Talebian, N. A. Amin, N. S. Najaafi, S. A. Tarighi. *Frontiers in Chemistry*. 2018;6:1–25.
13. Kimsanov B. Kh. Biologically active derivatives of glycerol. Moscow: Chemistry; 2003. 96 p. (In Russ.).
14. Ismoilzoda S. S. Synthesis and study of 1,3-alkylbenzyl triesters of glycerol. *Vestnik Tadjikskogo nacional`nogo universiteta = Bulletin of the Tajik National University*. 2022;(1):275–287. (In Russ.).

Информация об авторе

С. И. Раджабзода — доктор химических наук, профессор, проректор по научной работе.

Information about the author

S. I. Rajabzoda — Doctor of Science (Chemical), Professor, and Vice-Rector for Research.

Статья поступила в редакцию 27.02.2025; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 24.03.2026.

The article was submitted 27.02.2025; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 24.03.2026.