

ISSN 1561-8323 (Print)

ISSN 2524-2431 (Online)

УДК 547.721/729

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-702-707>

Поступило в редакцию 21.07.2021

Received 21.07.2021

Ф. С. Пашковский, Д. И. Корнеев, академик Ф. А. Лахвич*Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ТРАНСФОРМАЦИИ ФОРМИЛЬНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ
3,7-ИНТЕРФЕНИЛЕНОВЫХ 11-ДЕЗОКСИПРОСТАНОИДОВ В КИСЛОЙ СРЕДЕ**

Аннотация. Показано, что формильные предшественники 3,7-интерфениленовых 11-дезоксипростаноидов, образующиеся при кислотном гидролизе соответствующих ацеталей, в кислой среде могут претерпевать изомеризацию (диспропорционирование) с образованием 2-(арилалкил)-3-(гидроксиметил)циклопент-2-ен-1-онов – синтонов для простаноидов и фитопростанов серии В. При наличии же электронодонорного алкоксильного заместителя в положении 3' ароматического фрагмента α -цепи ацетальных предшественников 3,7-интерфениленовых 11-дезоксипростагландинов образующиеся на их основе формилпроизводные в аналогичных условиях спонтанно циклизуются с образованием 2,3,4,9-тетрагидро-1*H*-циклопента[*b*]нафтален-1-онов.

Ключевые слова: 2-(арилалкил)-3-оксоциклопентан-1-карбальдегиды, изомеризация, диспропорционирование, 2-(арилалкил)-3-(гидроксиметил)циклопент-2-ен-1-оны, 2,3,4,9-тетрагидро-1*H*-циклопента[*b*]нафтален-1-оны

Для цитирования. Пашковский, Ф. С. Трансформации формильных предшественников 3,7-интерфениленовых 11-дезоксипростаноидов в кислой среде / Ф. С. Пашковский, Д. И. Корнеев, Ф. А. Лахвич // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 6. – С. 702–707. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-702-707>

Felix S. Pashkovsky, Dmitry I. Korneev, Academician Fedor A. Lakhvich*Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***TRANSFORMATIONS OF 3,7-INTERPHENYLENE 11-DEOXYPROSTANOID
FORMYL PRECURSORS IN THE ACIDIC MEDIUM**

Abstract. It has been shown that the formyl precursors of 3,7-interphenylene 11-deoxyprostanoids, formed during acidic hydrolysis of the corresponding acetals, can undergo isomerization (disproportionation) in the acidic medium to give 2-(arylalkyl)-3-(hydroxymethyl)cyclopent-2-ene-1-ones – the synthons for prostanoids and phytoprostanes of the series B. Acetal precursors of 3,7-interphenylene 11-deoxyprostaglandin analogues with electron-donating alkoxy substituent in position 3' of the aromatic fragment in the α -chain under similar conditions hydrolyze with the formation of formyl derivatives that spontaneously cyclize to produce 2,3,4,9-tetrahydro-1*H*-cyclopenta[*b*]naphthalene-1-ones.

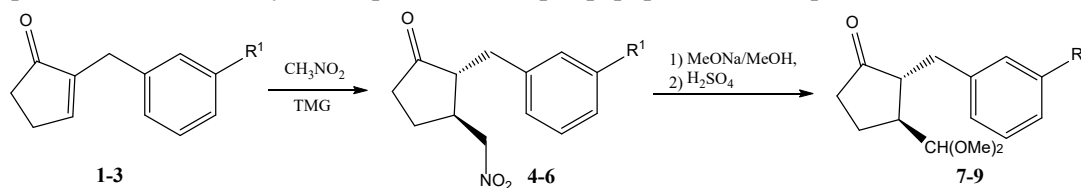
Keywords: 2-(arylalkyl)-3-oxocyclopentane-1-carbaldehydes, isomerization, disproportionation, 2-(arylalkyl)-3-(hydroxymethyl)cyclopent-2-en-1-ones, 2,3,4,9-tetrahydro-1*H*-cyclopenta[*b*]naphthalene-1-ones

For citation. Pashkovsky F. S., Korneev D. I., Lakhvich F. A. Transformations of 3,7-interphenylene 11-deoxyprostanoid formyl precursors in the acidic medium. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2021, vol. 65, no. 6, pp. 702–707 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-6-702-707>

Введение. Модифицированные ароматическим фрагментом аналоги простагландинов (ПГ) и простаглицина нашли широкое применение в медицинской практике. Их используют в гинекологии (сульпростон) [1], в качестве эффективных лекарственных средств для лечения язвы желудка (энпростил) [1], легочно-артериальной гипертензии и болезней периферических артерий (трепростинил [2], берапрост [1; 3]), открытоугольной глаукомы (латанопрост, травопрост, биматопрост, тафлупрост [4–6]). В ветеринарии препараты клопростенол, флупростенол, фенпростален применяют в качестве лютеолитических агентов [1; 7].

Среди синтетических биоактивных простаноидов большой интерес представляют 3,7-интерфениленовые аналоги [7; 8], поскольку они обладают повышенной метаболической стабильностью за счет устойчивости интерфениленового фрагмента к β -окислению α -цепи – одному из основных направлений метаболического распада ПГ в организме [7].

В [9] нами описана схема синтеза циклопентеноновых синтонов для 11-дезоксидеокси-3-окса-3,7-интер-*m*-фениленовых аналогов простагландинов. По указанной схеме нами была синтезирована серия циклопентеноновых предшественников структурно родственных интерфениленовых простаноидов. Как показано на схеме ниже на примере соединений (1–3), полученные циклопентеноны были переведены в соответствующие нитрометилпроизводные (4–6), нитрометильная группа которых с использованием модифицированной методики [10] была трансформирована по Нефу в диметоксиметильную группировку с образованием ацеталей (7–9). Последние являются удобными устойчивыми предшественниками соответствующих формилпроизводных, альдегидную группу которых используют в классической схеме построения природных, а также модифицированных ω -цепей, содержащих характерную для ПГ функциональность в положениях 13, 14 и 15 простаноидной молекулы, с применением фосфорорганических реагентов.



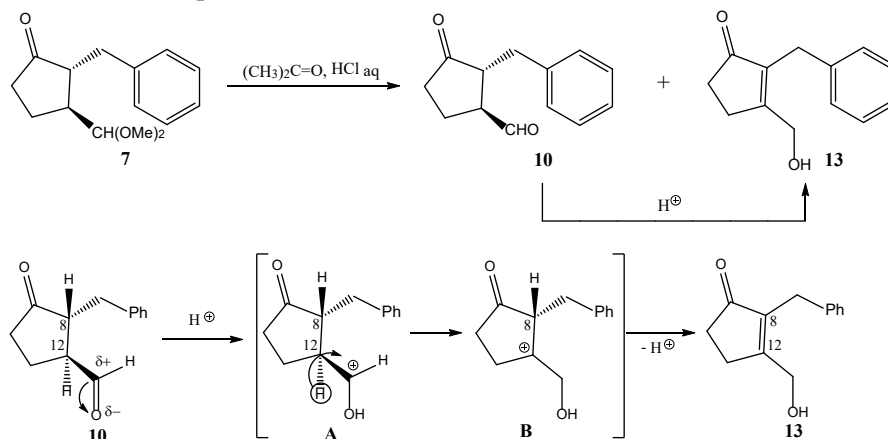
$R^1 = \text{H}$ (1,4,7), $\text{OCH}_2\text{CO}_2\text{Me}$ (2,5,8), $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (3,6,9).

В настоящей работе описаны обнаруженные нами особенности поведения образующихся при кислотном гидролизе ацеталей (7–9) 2-(арилалкил)-3-оксоциклопентан-1-карбальдегидов (10–12) в кислой среде.

Результаты и их обсуждение. С целью получения формильных синтонов (10–12) для дальнейшего наращивания в них ω -простаноидной цепи классическими методами снятие ацетальной защиты в соединениях (7–9) проводили обработкой последних соляной кислотой в смеси «ацетон–вода» по методу [10]. По этому методу из ацетала (7) с выходом 68 % получено формилпроизводное (10). При этом в реакционной смеси также был обнаружен структурно изомерный этому соединению 3-(гидроксиметил)циклопентенон (13) (выход 27 %). На данном примере и на других примерах, которые будут описаны в последующей полной публикации, нами показано, что выход циклопентенонов увеличивается с увеличением времени кислотной обработки ацеталей. Это свидетельствует в пользу того, что источником соединений типа (13) служат соответствующие β -кетоальдегиды.

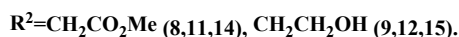
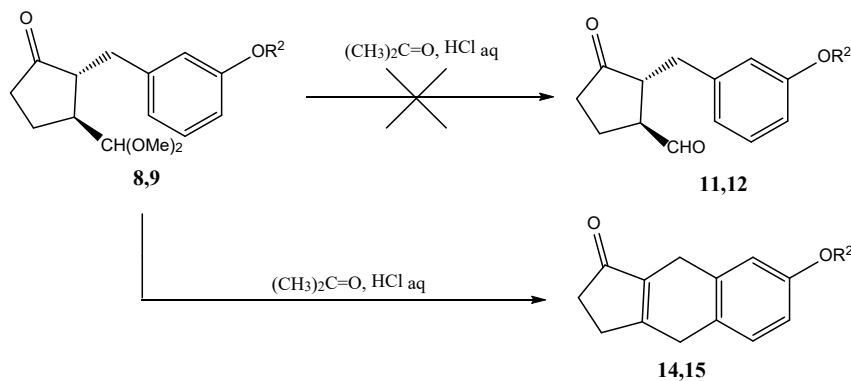
Изомеризация β -кетоальдегида (10) в 3-(гидроксиметил)циклопентенон (13) может быть объяснена протонированием формильной группы соединения (10) в кислой среде с последующей миграцией протона при атоме углерода C^{12} (по номенклатуре ПГ) в образующемся при этом карбокатионе (A) и образованием более стабильного третичного карбокатиона (B). Отрыв протона при атоме углерода C^8 (по номенклатуре ПГ) в интермедиате (B) и приводит к циклопентенону (13).

Обнаруженная структурная изомеризация представляет собой кислотно-катализируемую окислительно-восстановительную реакцию (реакцию диспропорционирования), в которой за счет восстановления альдегидной функциональности до первичного спирта идет окисление одинарной 8,12-связи до сопряженной двойной связи.

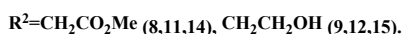
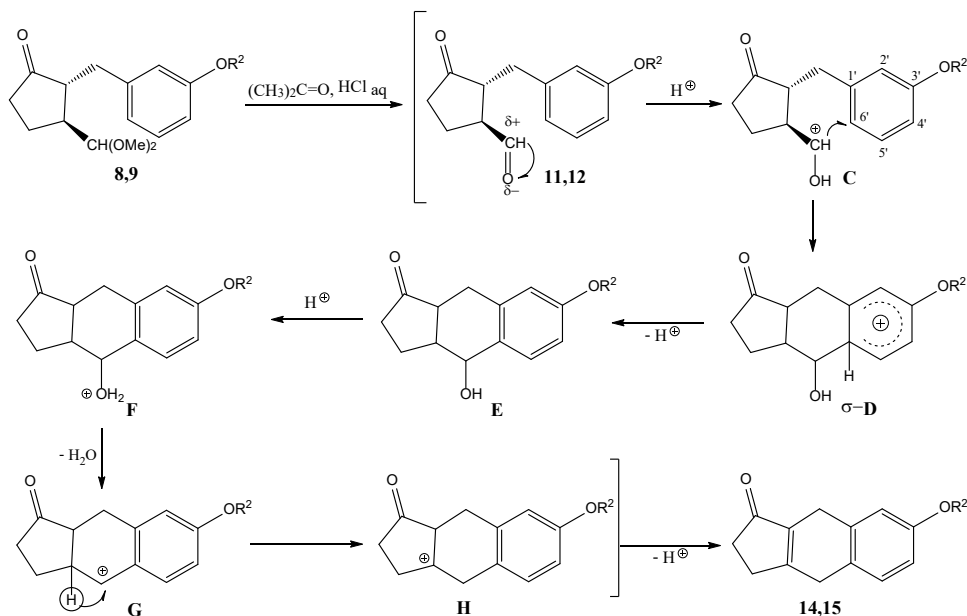


Вероятно, низкая устойчивость циклических β -кетоальдегидов в качестве ключевых предшественников ПГ и их аналогов, констатируемая в ряде литературных источников, связана с их диспропорционированием в кислой среде либо в присутствии примесей кислотных агентов. Вместе с тем указанное превращение представляет большой практический интерес, поскольку оно может быть использовано в качестве промежуточной стадии в экономичной схеме синтеза гидроксиметильных синтонов типа (13) для прогестероидов и фитопрогестероидов серии В на основе легкодоступных 3-(нитрометил)циклопентан-1-онов.

В случае же ацеталей (8, 9) с *m*-алкоксильным заместителем в ароматическом фрагменте α -цепи вместо ожидаемых альдегидов (11, 12) в качестве единственных продуктов реакции были выделены ранее неизвестные 2,3,4,9-тетрагидро-1*H*-циклопента[*b*]нафтален-1-оны (14, 15).



Образование трициклических продуктов реакции (14, 15) из ацеталей (8, 9) можно объяснить следующим образом. На первом этапе кислотный гидролиз соединений (8, 9) приводит к альдегидам (11, 12). При протонировании их формильной группы генерируются аналогичные катионам (А) карбокатионы (С). Последние сразу же вступают в реакцию электрофильного замещения по положению b' ароматического кольца α -цепи.



Ключевым фактором, способствующим этому процессу, является согласованная ориентация электрофильного центра в интермедиатах (С) по положению b' ароматического цикла метиленовой группой (положение 1') и электронодонорной алкоксигруппой в положении 3' ароматической системы боковой цепи (электронный фактор). Нами установлено, что при гидролизе ацеталей, в которых алкоксильная группировка находится в положении 4' ароматического кольца 3,7-ин-

терфениленовой α -цепи (отсутствует согласованная ориентация заместителей), как и в случае соединения (7) образуются только соответствующие альдегиды и 3-(гидроксиметил)циклопентеноны. Другой не менее важной причиной образования структур (14, 15) является стерический фактор, связанный с пространственной сближенностью электрофильного центра карбокатионов (С) с благоприятным местом атаки, в результате которой формируется новый шестичленный цикл. Отщепление протона от образующихся при этом σ -аддуктов (D) приводит к трициклическим кетоспиртам (E). Протонирование гидроксильной группы интермедиатов (E) с последующим отщеплением молекулы воды от образующихся при этом оксониевых ионов (F) дает карбокатионы (G). Трансформация интермедиатов (G) в соединения (14, 15) аналогична трансформации карбокатиона (A) в продукт реакции (13).

Заключение. Таким образом, нами обнаружено кислотно-катализируемое диспропорционирование циклических β -кетальдегидов в структурно изомерные 3-(гидроксиметил)циклопентеноны – удобные предшественники протаноидов и фитопростанов серии В. Показано, что при наличии электронодонорного алкоксильного заместителя в положении 3' ароматического фрагмента α -цепи диметоксиметильных предшественников 3,7-интерфениленовых протаноидов образующиеся на их основе формилпроизводные в кислой среде спонтанно циклизуются с образованием не описанных 2,3,4,9-тетрагидро-1H-циклопента[b]нафтален-1-онов.

Экспериментальная часть. Температуры плавления полученных соединений измерены на блоке Voëtius. ИК спектры соединений (14, 15) сняты на приборе FT-IR PerkinElmer Spectrum 100 для образцов в таблетках KBr. Спектры ЯМР ^1H (500 МГц) и ^{13}C (125,7 МГц) синтезированных веществ записаны в растворе дейтерохлороформа на спектрометре Bruker Avance-500 с использованием остаточного сигнала растворителя в качестве внутреннего стандарта (7,26 м. д. для ядер ^1H , 77,0 м. д. для ядер ^{13}C). Различение сигналов первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в спектре ^{13}C синтезированных веществ проводилось на основании результатов эксперимента DEPT (Distortionless Enhancement by Polarization Transfer). Масс-спектры полученных соединений зарегистрированы на комплексе ВЭЖХ Agilent 1200 с масс-спектрометром типа тройной квадруполь Agilent 6410 в режиме ионизации ESI (электроспрей) с детектированием положительных ионов. Контроль протекания реакций и чистоты всех полученных соединений проводили методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254. Для хроматографии использовали силикагель Kieselgel 60 HF254 TLC-стандарт (Merck) и Kieselgel 60 (Fluka).

Гидролиз ацеталей (7–9) проводили по методу [10]. К раствору 0,4 ммоль ацеталей (7–9) в смеси ацетон–вода добавили 4–5 капель концентрированной соляной кислоты. Реакционную смесь перемешивали до исчезновения исходных веществ на хроматограмме. Ацетон упаривали в вакууме, остаток растворили в 10 мл хлороформа. Органическую фазу промыли насыщенным водным раствором гидрокарбоната натрия (2 \times 20 мл), а затем водой и сушили сульфатом натрия. После упаривания растворителя в вакууме продукты реакции разделяли и очищали методом колоночной хроматографии на силикагеле.

2-Бензил-3-оксоциклопентан-1-карбальдегид (10). Маслообразное вещество. Выход 68 %. Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 1,87–1,94 м (1H), 2,07–2,18 м (2H), 2,39–2,45 м (1H), 2,73–2,77 м (1H), 2,79–2,85 м (2H, $\text{CH}_\alpha\text{H}_\beta\text{Ph}$ + 1H), 3,10 д. д (1H, $\text{CH}_\alpha\text{H}_\beta\text{Ph}$, 2J 14,0, 3J 5,0 Гц), 7,12 уш. д (2H, $\text{H}^{\text{аром}}$ + $\text{H}^{\text{аром}}$, 3J 7,5 Гц), 7,20 т (1H, $\text{H}^{\text{аром}}$, 3J 7,5 Гц), 7,27 т (2H, $\text{H}^{\text{аром}}$ + $\text{H}^{\text{аром}}$, 3J 7,5 Гц), 9,39 д (1H, CHO, 3J 2,5 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (δ , м. д.): 21,3 (CH_2), 34,4 (CH_2), 37,0 (CH_2), 51,6 (CH), 53,0 (CH), 126,8 ($\text{CH}_{\text{аром}}$), 128,7 (2 $\text{CH}_{\text{аром}}$), 129,2 (2 $\text{CH}_{\text{аром}}$), 138,2 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 200,8 (CHO), 216,2 (C=O).

2-Бензил-3-(гидроксиметил)циклопент-2-ен-1-он (13). Маслообразное вещество. Выход 27 %. Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 1,57–1,85 широк. сигнал (1H, OH), 2,43–2,45 м (2H, CH_2 цикла), 2,66–2,68 м (2H, CH_2 цикла), 3,57 с (2H, CH_2Ph), 4,54 с (2H, CH_2OH), 7,16–7,18 м (3 $\text{H}_{\text{аром}}$), 7,23–7,26 м (2 $\text{H}_{\text{аром}}$). Спектр ЯМР ^{13}C (δ , м. д.): 27,1 (CH_2), 28,8 (CH_2), 33,9 (CH_2), 61,0 (CH_2OH), 126,2 ($\text{CH}_{\text{аром}}$), 128,4 (2 $\text{CH}_{\text{аром}}$), 128,6 (2 $\text{CH}_{\text{аром}}$ + C), 139,2 (C), 171,5 (C), 209,1 (C=O). Масс-спектр, m/z : 185 [$\text{M} - \text{H}_2\text{O} + \text{H}$] $^+$ (16 %), 203 [$\text{M} + \text{H}$] $^+$ (23,5 %), 225 [$\text{M} + \text{Na}$] $^+$ (100 %).

Метил-2-[(3-оксо-2,3,4,9-тетрагидро-1H-циклопента[b]нафтален-6-ил)окси]ацетат (14). Выход 74 %. Т. пл. 110–112 °С. ИК спектр (ν , см^{-1}): 1763 (C=O сл. эфира, макс.), 1742, 1700, 1670, 1616, 1221 (макс.). Спектр ЯМР ^1H (δ , м. д.): 2,50–2,52 м (2H, CH_2 пятичлен. цикла), 2,62–2,67 м

(2H, CH₂ пятичлен. цикла), 3,47–3,52 м (2H, CH₂ шестичлен. цикла), 3,68 т (2H, CH₂ шестичлен. цикла, J 5,0 Гц), 3,81 с (3H, CO₂CH₃), 4,63 с (2H, OCH₂), 6,76 д (1H_{аром}, 4J 2,5 Гц), 6,79 д. д (1H_{аром}, 3J 8,5, 4J 2,5 Гц), 7,12 д (1H_{аром}, 3J 8,5 Гц). Спектр ЯМР ¹³C (δ, м. д.): 25,8 (CH₂), 29,5 (CH₂), 32,8 (CH₂), 34,7 (CH₂), 52,3 (CO₂CH₃), 65,3 (OCH₂), 113,4 (CH_{аром}), 114,8 (CH_{аром}), 125,2 (C), 129,6 (CH_{аром}), 134,4 (C), 136,3 (C), 156,4 (C), 169,3 (CO₂CH₃), 170,4 (C), 207,9 (C=O). Масс-спектр, m/z : 213 [M – CO₂CH₃]⁺ (42 %), 273 [M + H]⁺ (100 %), 295 [M + Na]⁺ (27 %).

7-(2-Гидроксиэтокси)-2,3,4,9-тетрагидро-1H-циклопента[b]нафтален-1-он (15). Выход 68 %. ИК спектр (ν , см⁻¹): 1737, 1687, 1653 (макс.), 1611, 1242 (макс.). Спектр ЯМР ¹H (δ, м. д.): 2,08 с (1H, OH), 2,50–2,52 м (2H, CH₂ пятичлен. цикла), 2,62–2,67 м (2H, CH₂ пятичлен. цикла), 3,46–3,51 м (2H, CH₂ шестичлен. цикла), 3,68 т (2H, CH₂ шестичлен. цикла, J 5,0 Гц), 3,96 т (2H, CH₂OH, 3J 4,5 Гц), 4,07 т (2H, OCH₂, 3J 4,5 Гц), 6,78 д (1H_{аром}, 4J 2,5 Гц), 6,80 д. д (1H_{аром}, 3J 8,5, 4J 2,5 Гц), 7,11 д (1H_{аром}, 3J 8,5 Гц). Спектр ЯМР ¹³C (δ, м. д.): 25,8 (CH₂), 29,5 (CH₂), 32,8 (CH₂), 34,8 (CH₂), 61,4 (CH₂OH), 69,2 (OCH₂), 113,5 (CH_{аром}), 114,6 (CH_{аром}), 124,4 (C), 129,5 (CH_{аром}), 134,2 (C), 136,4 (C), 157,3 (C), 170,7 (C), 208,1 (C=O). Масс-спектр, m/z : 201 [M – 43]⁺ (18 %), 245 [M + H]⁺ (100 %), 267 [M + Na]⁺ (16 %).

Список использованных источников

- Collins, P. W. Synthesis of Therapeutically Useful Prostaglandin and Prostacyclin Analogs / P. W. Collins, S. W. Djuric // *Chem. Rev.* – 1993. – Vol. 93, N 4. – P. 1533–1564. <https://doi.org/10.1021/cr00020a007>
- Budev, M. M. Overview of treprostinil sodium for the treatment of pulmonary arterial hypertension / M. M. Budev, O. A. Minai, A. C. Arroliga // *Drugs Today (Barc)*. – 2004. – Vol. 40, N 3. – P. 225–234. <https://doi.org/10.1358/dot.2004.40.3.820086>
- Melian, E. B. Beraprost: a review of its pharmacology and therapeutic efficacy in the treatment of peripheral arterial disease and pulmonary arterial hypertension / E. B. Melian, K. L. Goa // *Drugs*. – 2002. – Vol. 62, N 1. – P. 107–133. <https://doi.org/10.2165/00003495-200262010-00005>
- Analytic review of bimatoprost, latanoprost and travoprost in primary open angle glaucoma / S. Holmstrom [et al.] // *Curr. Med. Res. Opin.* – 2005. – Vol. 21, N 11. – P. 1875–1883. <https://doi.org/10.1185/030079905x65600>
- Curran, M. P. Bimatoprost: a review of its use in open-angle glaucoma and ocular hypertension / M. P. Curran // *Drugs Aging*. – 2009. – Vol. 26, N 12. – P. 1049–1071. <https://doi.org/10.2165/11203210-000000000-00000>
- Tafuprost for glaucoma / M. Papadia [et al.] // *Expert. Opin. Pharmacother.* – 2011. – Vol. 12, N 15. – P. 2393–2401. <https://doi.org/10.1517/14656566.2011.606810>
- Простагландины и их аналоги в репродукции животных и человека / Г. А. Толстиков [и др.] – Уфа, 1989. – 400 с.
- Простаноиды. XI. Синтез некоторых *o*-интерфениленоксааналогов 11-дезоксипростагландина E₁ / Г. А. Толстиков [и др.] // *ЖОРХ*. – 1984. – Т. 20, вып. 11. – С. 2285–2295.
- Пашковский, Ф. С. Синтоны для новых 11-дезоксидеокси-3-окса-3,7-интер-*m*-фениленовых аналогов простагландинов / Ф. С. Пашковский, Д. И. Корнеев, Ф. А. Лахвич // *Докл. Нац. акад. наук Беларуси*. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 291–297. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-291-297>
- Синтез этилового эфира (±)-(13,15-дидезокси)-16-метил-9-оксопроста-13(*E,Z*),15(*E*) дисеновой кислоты / Н. С. Востриков [и др.] // *ЖОРХ*. – 2010. – Т. 46, вып. 9. – С. 1303–1306.

References

- Collins P. W., Djuric S. W. Synthesis of Therapeutically Useful Prostaglandin and Prostacyclin Analogs. *Chemical Reviews*, 1993, vol. 93, no. 4, pp. 1533–1564. <https://doi.org/10.1021/cr00020a007>
- Budev M. M., Minai O. A., Arroliga A. C. Overview of treprostinil sodium for the treatment of pulmonary arterial hypertension. *Drugs of Today (Barc)*, 2004, vol. 40, no. 3, pp. 225–234. <https://doi.org/10.1358/dot.2004.40.3.820086>
- Melian E. B., Goa K. L. Beraprost: a review of its pharmacology and therapeutic efficacy in the treatment of peripheral arterial disease and pulmonary arterial hypertension. *Drugs*, 2002, vol. 62, no. 1, pp. 107–133. <https://doi.org/10.2165/00003495-200262010-00005>
- Holmstrom S., Buchholz P., Walt J., Wickstrøm J., Aagren M. Analytic review of bimatoprost, latanoprost and travoprost in primary open angle glaucoma. *Current Medical Research and Opinion*, 2005, vol. 21, no. 11, pp. 1875–1883. <https://doi.org/10.1185/030079905x65600>
- Curran M. P. Bimatoprost: a review of its use in open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Drugs and Aging*, 2009, vol. 26, no. 12, pp. 1049–1071. <https://doi.org/10.2165/11203210-000000000-00000>
- Papadia M., Bagnis A., Scotto R., Traverso C. E. Tafuprost for glaucoma. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 2011, vol. 12, no. 15, pp. 2393–2401. <https://doi.org/10.1517/14656566.2011.606810>
- Tolstikov G. A., Miftakhov M. S., Lazareva D. N., Pomoinetskii V. D., Sidorov N. N. *Prostaglandins and their analogues in reproduction of animals and humans*. Ufa, 1989. 400 p. (in Russian).
- Tolstikov G. A., Miftakhov M. S., Adler M. E., Sidorov N. N. Prostanoids. XI. Synthesis of some *o*-interphenylene-oxa-analogues of 11-deoxyprostaglandin E₁. *Zhurnal Organicheskoi Khimii = Russian Journal of Organic Chemistry*, 1984, vol. 20, no. 11, pp. 2285–2295 (in Russian).

9. Pashkovsky F. S., Korneev D. I., Lakhvich F. A. Synthons for new 11-deoxy-3-oxa-3,7-inter-*m*-phenylene prostaglandin analogues. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2019, vol. 63, no. 3, pp. 291–297 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-291-297>

10. Vostrikov N. S., Loza V. V., Ivanova N. A., Miftakhov M. S. Synthesis of Ethyl (\pm)-(13,15-dideoxy)-16-methyl-9-oxoprostano-13(*E,Z*),15(*E*)-dienoate. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2010, vol. 46, no. 9, pp. 1301–1304. <https://doi.org/10.1134/s107042801009006x>

Информация об авторах

Пашковский Феликс Сигизмундович – канд. хим. наук, заведующий лабораторией. Институт биоорганической химии НАН Беларуси (ул. Купревича, 5/2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pashkovsky61@mail.ru.

Корнеев Дмитрий Игоревич – магистр хим. наук, мл. науч. сотрудник. Институт биоорганической химии НАН Беларуси (ул. Купревича, 5/2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nocterumm@gmail.com.

Лажвич Федор Адамович – академик, д-р хим. наук, профессор, гл. науч. сотрудник. Институт биоорганической химии НАН Беларуси (ул. Купревича, 5/2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lakhvich@iboch.by.

Information about the authors

Pashkovsky Felix S. – Ph. D. (Chemistry), Head of the Laboratory. Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pashkovsky61@mail.ru.

Korneev Dmitry I. – Master of Chemistry, Junior researcher. Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nocterumm@gmail.com.

Lakhvich Fedor A. – Academician, D. Sc. (Chemistry), Professor, Chief researcher. Institute of Bioorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (5/2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lakhvich@iboch.by.