

ISSN 1561-8331 (Print)
ISSN 2524-2342 (Online)

АРГАНІЧНАЯ ХІМІЯ
ORGANIC CHEMISTRY

УДК 547.556.3+ 547.826.1+ 681.7.064.844
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2025-61-4-315-326>

Поступила в редакцию 07.02.2024
Received 07.02.2024

**Е. А. Дикусар¹, Л. Н. Филиппович^{1, 2}, Н. В. Богданова³, Е. Е. Скидан³,
А. А. Муравский², Е. А. Акишина¹, С. Н. Шахаб^{1, 3}, В. И. Поткин¹**

¹Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

²Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

³Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь

**АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ
И ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК
НА ОСНОВЕ ПИРИДИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-АМИНОАЗОБЕНЗОЛА**

Аннотация. Конденсацией сложных эфиров никотиновой/изоникотиновой кислот с 4-аминоазобензолом в метаноле синтезированы различные (*E,E*)-азоазометины. Кватернизацией альдегидэфиров и (*E,E*)-азоазометин в растворе дихлорметана в присутствии избытка иодметана получены соответствующие иодиды *N*-метильных производных. Установлены оптические характеристики пленок из поливинилового спирта (ПВС) на основе синтезированных пиридиновых производных 4-аминоазобензола. Проведена оценка антибактериальной активности в отношении *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* методом диффузии в агар.

Ключевые слова: азометины, 4-аминоазобензол, никотиновая кислота, изоникотиновая кислота, гидроксibenзальдегиды, антибактериальные пленки, поливиниловый спирт, поляризаторы

Для цитирования. Антибактериальная активность и оптические характеристики пленок на основе пиридиновых производных 4-аминоазобензола / Е. А. Дикусар, Л. Н. Филиппович, Н. В. Богданова [и др.] // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2025. – Т. 61, № 4. – С. 315–326. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2025-61-4-315-326>

**E. A. Dikusar¹, L. N. Filippovich^{1, 2}, N. V. Bogdanova³, E. E. Skidan³, A. A. Muravsky²,
E. A. Akishina¹, S. N. Shahab^{1, 3}, V. I. Potkin¹**

¹Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

³International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus

**ANTIBACTERIAL ACTIVITY AND OPTICAL CHARACTERISTICS OF FILMS BASED
ON 4-AMINOAZOBENZENE PYRIDINE DERIVATIVES**

Abstract. Various (*E,E*)-azoazomethines were synthesized by condensation of nicotinic/isonicotinic acid esters with 4-aminoazobenzene in methanol. The corresponding iodomethylates were obtained by quaternization of aldehyde esters and (*E,E*)-azoazomethines in di-chloromethane in the presence of excess iodomethane. The optical characteristics of polyvinyl alcohol (PVA) films based on synthe-sized pyridine derivatives of 4-aminoazobenzene have been studied. Antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* was assessed using the agar diffusion method.

Keywords: azomethines, 4-aminoazobenzene, nicotinic acid, isonicotinic acid, hydroxybenzaldehydes, antibacterial films, polyvinyl alcohol, polarizers

For citations. Dikusar E. A., Filippovich L. N., Bogdanova N. V., Skidan E. E., Muravsky A. A., Akishina E. A., Shahab S. N., Potkin V. I. Antibacterial activity and optical characteristics of films based on 4-aminoazobenzene pyridine derivatives. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2025, vol. 61, no. 4, pp. 315–326 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2025-61-4-315-326>

Введение. Поиск экологичных пленочных материалов с бактерицидными свойствами для создания перевязочных средств, а также упаковки пищевых продуктов является актуальным направлением в области создания новых композиционных полимерных материалов [1, 2]. Одним из самых удачных и широко используемых для создания перевязочных средств полимерных материалов является поливиниловый спирт (ПВС) благодаря его биосовместимости, биоинертности, а также возможности обеспечивать стабилизацию иммобилизованных биоактивных молекул и пролонгированное лечебное действие [3–5]. Кроме того, поиск пленочных поляризаторов с расширенным спектральным диапазоном, высокой свето- и термостойкостью на основе ПВС и новых дихроичных красителей является актуальной задачей [6–8], что обуславливает необходимость направленного органического синтеза широкого ассортимента красителей.

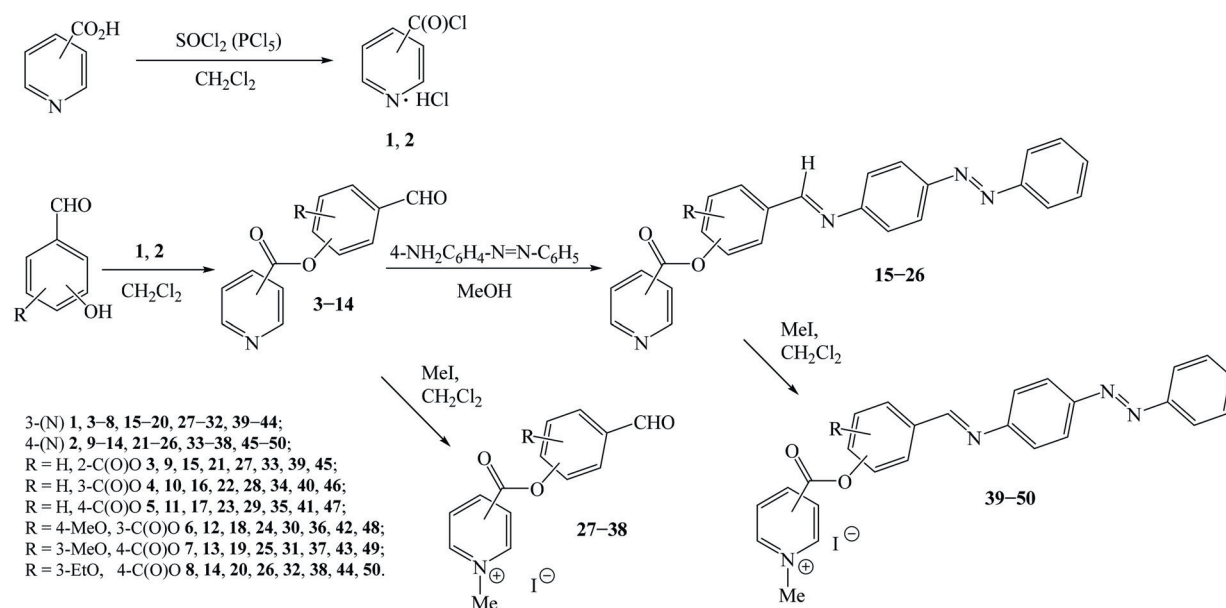
Производные азобензола давно зарекомендовали себя в качестве красителей и фоточувствительных материалов [9–12]. Благодаря своим уникальным свойствам производные азобензола привлекают внимание ученых для создания пролекарств и систем доставки нового поколения для направленной противоопухолевой терапии и лечения других заболеваний [13–15]. Производные азобензола интенсивно изучаются в качестве новых антибактериальных агентов как в индивидуальном виде, так и в составе полимерной матрицы [16, 17]. Применение ПВС как носителя антибактериальных препаратов может повысить их терапевтический эффект [17].

Цель настоящей работы состояла в получении новых пиридиновых производных аминоазобензола и исследовании антибактериальных свойств и оптических характеристик ПВС-пленок, полученных на их основе.

Результаты и их обсуждение. В настоящей работе представлены результаты синтеза производных *l*-аминоазобензола с фрагментами никотиновой и изоникотиновой кислот. Ацилированием хлорангидридами **1** и **2** замещенных гидроксibenзальдегидов в среде дихлорметана в присутствии триэтиламина были синтезированы сложные эфиры **3–14** с выходом 81–88 % [18]. Гидрохлориды хлорангидридов никотиновой кислоты **1** и изоникотиновой **2** кислот получены взаимодействием соответствующих кислот с хлористым тионилем или пентахлоридом фосфора в среде дихлорметана.

Альдегидоэфиры **3–14** являются реакционноспособными соединениями и при их конденсации с 4-аминоазобензолом в среде метанола образуют азометины **15–26** с выходами 70–82 % (схема 1). Синтезированным азометинам приписана (*E,E*)-конфигурация (соединения **15–26**) на основании сравнения их спектров со спектрами ранее синтезированных родственных соединений [19, 20].

Схема 1



Альдегидозфирь 3–14 и (E,E)-азометинь 15–26 при взаимодействии с избытком иодметана в растворе дихлорметана при температуре 20–23 °С образуют иодметилаты 27–50 с выходом 75–85 %. Известно, что соли пиридиния подавляют рост различных микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы и грибы, причем они обычно проявляют более высокую активность, чем исходные амины. Кватернизация также позволяет повысить растворимость соединений в воде, что важно для выбора наиболее рациональных путей введения лекарственного препарата в организм [21, 22].

Известно, что молекулы эффективных дихроичных красителей для поляризаторов содержат достаточно длинную цепочку из сопряженных двойных ($-N=N-$, $>C=C<$, $-N=C<$) связей, направленную вдоль длинной молекулярной оси. От длины цепи сопряжения и наличия ауксохромных групп ($-OH$, $-OAlk$, $-NH_2$, $-NO_2$, $-COOH$ и др.), оказывающих поляризующее влияние на единую π -электронную систему, зависит энергия возбуждения молекулы и, как результат, интенсивность и положение полосы длинноволнового поглощения [23, 24]. Значительное влияние на поглощение света органическими соединениями оказывает пространственное расположение функциональных групп в их молекулах. Если молекула расположена в одной плоскости (копланарно), то происходит перекрывание облаков π -электронов, облегчается их смещение по цепочке сопряженных двойных связей [25]. Из табл. 1 видно, что все пленки обладают высокой поляризующей способностью (90,0–96,0 %) в ближней УФ- и видимой областях спектра (390,0–459,0 нм). В табл. 1 представлены оптические характеристики анизотропных пленок на основе ПВС, окрашенного соединениями 17, 20, 21, 25.

Таблица 1. Оптические характеристики ПВС-пленок, содержащих соединения 17, 20, 21, 25 (толщина пленок 40–45 мкм)

Table 1. Optical characteristics of PVA films containing compounds 17, 20, 21, 25 (film thickness 40–45 μm)

Номер образца	λ , нм	T_{max}	T_{min}	ПС*	ПС, % (λ , нм)
17	440,0	24,6	0,53	96,0	90–96 (412–459)
20	428,0	28,1	0,81	94,0	90–94 (398–449)
21	421,0	44,3	1,16	95,0	90–95 (390–445)
25	418,0	39,8	1,05	95,0	90–95 (390–445)

* Поляризующая способность ПС = $\{(T_{max} - T_{min}) / (T_{max} + T_{min})\} \cdot 100$ %, где T_{max} и T_{min} – светопропускание пленки в перпендикулярном и параллельном направлениях оси растяжения) анизотропной окрашенной пленки [26, 27].

В качестве примера на рис. 1 представлены спектры пропускания для ПВС-пленки, содержащей соединение 21.

Проведена предварительная оценка антибактериальной активности азоазометинь 15–17, 20, 21, 25, ПВС-пленок на их основе, а также иодметилатов 41, 45, 49 методом диффузии в агар на тест-штаммах микроорганизмов *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*. Установлено, что тестируемые соединения проявляют антибактериальную активность в отношении данных патогенных тест-штаммов в различной степени (табл. 2). Умеренно выраженную активность показали азоазометинь 15 и иодметилат 49 в отношении *E. coli* и *St. aureus* соответственно. Слабую активность проявили азоазометинь 16, 17 в отношении *E. coli*, а также азоазометинь 20, 25 в составе ПВС-пленок в отношении обоих тест-штаммов. В то же время концентрация активного вещества в полимер-

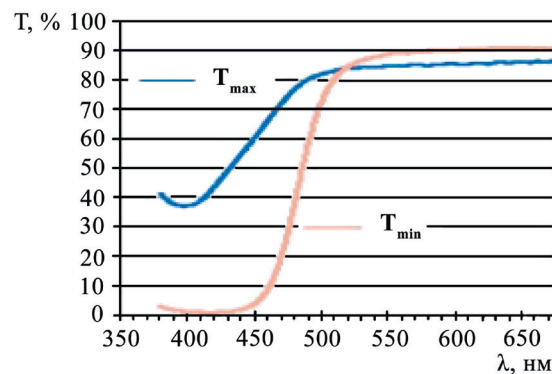


Рис. 1. Спектры пропускания ПВС-пленки, содержащей соединение 21

Fig. 1. Transmission spectra of PVA film containing compound 21

ной матрице была значительно ниже, чем в эксперименте с индивидуальными соединениями. По отношению к остальным образцам данные тест-штаммы микроорганизмов оказались не чувствительны.

Т а б л и ц а 2. Среднее значение зон подавления роста (мм) стандартных тест-культур микроорганизмов

Table 2. Average value of growth inhibition zones (mm) for microorganisms standard test cultures

Шифр образца	Азозометины		ПВС-пленки		Иодиды <i>N</i> -метильных производных 41, 45, 49	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
15	—	18 ± 0,2	—	—		
16	—	12 ± 0,2	—	—		
17	—	13 ± 0,1	—	—		
20	8 ± 0,2	—	12 ±	—		
21	—	—	—	7 ±	7 ±	8 ±
25	9 ± 0,1	—	14 ±	10 ±	20 ±	—
Цефотаксим	24 ± 0,1	21 ± 0,1	24 ± 0,1	21 ± 0,1	24 ± 0,1	21 ± 0,1

Экспериментальная часть. Методика проведения микробиологических исследований. Оценка антимикробной активности образцов проводилась методом диффузии в агар. Вещества (примерно 25 мг) взвешивали в пробирке Эппендорфа и растворяли в 1 мл дистиллированной воды при нагревании до 80 °С с использованием ультразвука на ультразвуковой бане. Полученный коллоидный раствор наносили на диск, предварительно сделанный из фильтровальной бумаги марки «Красная лента».

Все манипуляции с бактериальными клетками выполняли со строгим соблюдением правил стерильности. Исследуемую чистую культуру *St. aureus*, *E. coli* выращивали 18–20 ч на мясопептонном агаре (МПА) при 35 °С. Из полученной культуры готовили смесь плотностью в 10 ЕД оптического стандарта на изотоническом растворе (РУП «Белмедпрепараты», Беларусь), после чего наносили на чашку Петри с заранее приготовленной средой Мюллера–Хилтона 30 мкл бактериальной суспензии и с помощью шпателя Дрегалевского равномерно распределяли бактериальную суспензию по чашке, потом на предварительно расчерченные сегменты клали диски с антибиотиком (цефотаксим) и исследуемым веществом, а также диск контроля без нанесенных на него веществ. Инкубировали в термостате при 34 °С в течение 24 ч.

Антимикробная активность образца оценивалась по диаметру зон задержки роста тест-штаммов (мм) вокруг диска, включая диаметр самого диска: отсутствие зоны задержки роста (испытываемая культура не чувствительна к данной концентрации образца); диаметр зон задержки роста меньше 10 мм и сплошной рост в чашке (оценивали, как отсутствие антибактериальной активности); диаметр зон задержки роста 10–15 мм (слабая активность), диаметр зон задержки роста 15–20 мм (умеренно выраженная активность); диаметр зон задержки роста свыше 20 мм (выраженная активность). Для сравнительной характеристики антимикробной активности использовали диски с антибиотиком (цефотаксим).

Приготовление полимерной композиции. Для изготовления пленок использовался ПВС марки Mowiol 28-99 (Германия). Пленки формировали из полимерных растворов, в которых оптимальное соотношение компонентов составляло (мас.%): {9–10 ПВС, 4,0–4,5 ДМСО, 5,0–7,5 C₂H₅ОН, 0,05–0,10 Н₃ВО₃, 2,8–3,0 глицерин, 0,04 краситель и до 100 % Н₂О}. Ориентацию пленок осуществляли путем их одноосной механической вытяжки в растворе борной кислоты [26].

Спектры пропускания пленок в области 200–700 нм в поляризованном свете регистрировали на UV-NIR Spectrophotometer HR400 (Ocean optics, США).

Спектральные характеристики и методики синтеза пиридиновых производных. ИК-спектры соединений записаны на Фурье-спектрофотометре Protege-460 фирмы Nicolet с приготовлением образцов в виде таблеток с КВг. Спектры ЯМР ¹H- и ¹³C-соединений сняты на спектрометре Avance-500 Bruker в ДМСО-*d*₆) относительно остаточных сигналов растворителя [ДМСО-*d*₆, δH 2,5, δC 40,1 м. д.; CDCl₃, δH 7,26, δC 77,2 м. д.]. Исследования методом ВЭЖХ-МС (жидкостной

хромато-масс-спектрометрии) были выполнены с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200 с масс-селективным детектором Agilent 6410 Triple Quad в режиме Positive ESI MS2 Scan. Колонка ZORBAX Eclipse XDB-C18 (4,6 × 50 мм; 1,8 мкм). Мобильная фаза: вода, содержащая 0,05 % (v/v) муравьиной кислоты – ацетонитрил (от 40 до 90 % за 10 мин). Скорость элюирования 0,5 мл/мин. Элементный анализ C, H, N, S-содержащих соединений выполнялся на CHNS-анализаторе Vario MICRO cube V1.9.7.

(E,E)-Азометины 15–26 (общая методика). Смесь 2,2 ммоль альдегида **3–14**, 0,5 г (2,5 ммоль) 4-аминоазобензола в 35 мл абсолютного метанола (обезвоженного путем кипячения и перегонки над Mg) и 1 капли ледяной уксусной кислоты кипятили при перемешивании 3 ч. После охлаждения реакционной смеси при 5 °С в течение 24 ч осадок азометинов **15–26** отделяли фильтрованием на стеклянном пористом фильтре Шотта, промывали небольшим количеством охлажденного метанола (3 × 5 мл) и сушили на воздухе при 40 °С 5–6 ч.

2-(E,E)-(4-Фенилдиазенилфенилиминометил)фенилникотинат 15. Выход 70 %, т. пл. 104–105 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 059, 3 040, 2 955, 2 921, 2 854, 1 728 (C=O), 1 619 (C=N), 1 610, 1 588, 1 572, 1 494, 1 483, 1 454, 1 418, 1 170, 1 130, 1 277, 1 240, 1 230, 1 194, 1 181, 1 166, 1 155, 1 122, 1 097, 1 083, 1 070, 1 022, 1 000, 970, 930, 875, 842, 766, 732, 697, 688, 620, 605, 580, 559. Найдено, %: C 74,13; H 4,54; N 13,47. C₂₅H₁₈N₄O₂. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

3-(E,E)-(4-Фенилдиазенилфенилиминометил)фенилникотинат 16. Выход 72 %, т. пл. 110–111 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 080, 3 058, 3 050, 3 040, 3 010, 2 990, 2 885, 2 860, 2 845, 1 732 (C=O), 1 623 (C=N), 1 590, 1 574, 1 490, 1 485, 1 475, 1 440, 1 428, 1 350, 1 330, 1 311, 1 284, 1 256, 1 225, 1 198, 1 160, 1 150, 1 089, 1 075, 1 022, 999, 950, 920, 883, 875, 851, 840, 793, 760, 731, 600, 684, 520, 510, 490, 475, 546. Найдено, %: C 74,26; H 4,50; N 13,53. C₂₅H₁₈N₄O₂. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

4-(E,E)-(4-Фенилдиазенилфенилиминометил)фенилникотинат 17. Выход 81 %, т. пл. 183–184 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 090, 3 080, 3 065, 3 055, 3 040, 3 025, 3 005, 2 985, 2 924, 2 878, 2 840, 1 732 (C=O), 1 622 (C=N), 1 590, 1 579, 1 506, 1 480, 1 460, 1 440, 1 425, 1 415, 1 355, 1 286, 1 213, 1 191, 1 162, 1 142, 1 125, 1 098, 1 077, 1 023, 970, 920, 885, 878, 842, 819, 802, 762, 731, 700, 685, 563, 540. Найдено, %: C 74,26; H 4,58; N 13,50. C₂₅H₁₈N₄O₂. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

(E,E)-[2-Метокси-5-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилникотинат 18. Выход 80 %, т. пл. 143–144 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 090, 3 064, 3 050, 3 015, 2 990, 2 950, 2 937, 2 917, 2 890, 2 868, 2 843, 1 743 (C=O), 1 620 (C=N), 1 610, 1 585, 1 570, 1 512, 1 470, 1 460, 1 450, 1 434, 1 420, 1 317, 1 275, 1 230, 1 219, 1 195, 1 154, 1 129, 1 120, 1 081, 1 020, 1 013, 970, 930, 902, 852, 830, 815, 770, 729, 700, 690, 620, 610, 597, 570, 552, 530. Найдено, %: C 71,83; H 4,72; N 12,52. C₂₆H₂₀N₄O₃. Вычислено, %: C 71,55; H 4,62; N 12,84.

(E,E)-[2-Метокси-4-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилникотинат 19. Выход 82 %, т. пл. 142–143 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 110, 3 060, 3 030, 3 010, 2 975, 2 940, 2 916, 2 880, 2 840, 2 830, 1 739 (C=O), 1 624 (C=N), 1 590, 1 582, 1 574, 1 512, 1 490, 1 462, 1 435, 1 422, 1 413, 1 355, 1 315, 1 300, 1 288, 1 261, 1 224, 1 214, 1 196, 1 156, 1 113, 1 072, 1 033, 1 022, 1 000, 975, 869, 846, 822, 800, 760, 734, 702, 682, 660, 614, 602, 550, 530. Найдено, %: C 71,85; H 4,78; N 12,55. C₂₆H₂₀N₄O₃. Вычислено, %: C 71,55; H 4,62; N 12,84.

(E,E)-[2-Этокси-4-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилникотинат 20. Выход 77 %, т. пл. 133–134 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 090, 3 070, 3 061, 3 040, 2 995, 2 978, 2 960, 2 928, 2 879, 2 855, 1 732 (C=O), 1 625 (C=N), 1 600, 1 587, 1 505, 1 490, 1 470, 1 460, 1 445, 1 430, 1 420, 1 390, 1 380, 1 373, 1 283, 1 259, 1 230, 1 220, 1 189, 1 161, 1 155, 1 120, 1 090, 1 080, 1 040, 1 022, 1 000, 980, 970, 906, 875, 845, 830, 820, 800, 770, 760, 732, 700, 688, 619, 599, 571, 552, 530, 520. Найдено, %: C 72,36; H 5,02; N 12,08. C₂₇H₂₂N₄O₃. Вычислено, %: C 71,99; H 4,92; N 12,44.

2-(E,E)-(4-Фенилдиазенилфенилиминометил)фенилизоникотинат 21. Выход 72 %, т. пл. 75–76 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 111, 3 059, 3 030, 3 010, 2 980, 2 926, 2 840, 2 822, 1 742 (C=O), 1 602, 1 588, 1 568, 1 521, 1 500, 1 488, 1 480, 1 456, 1 431, 1 409, 1 365, 1 357, 1 325, 1 309, 1 263, 1 212, 1 189, 1 155, 1 135, 1 104, 1 056, 1 020, 1 000, 980, 957, 910, 850, 832, 767, 749, 740, 725, 686, 660, 645, 630, 612, 549. Найдено, %: C 74,09; H 4,55; N 13,40. C₂₅H₁₈N₄O₂. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

3-(E,E)-(4-Фенилдиазенилфенилиминометил)фенилизоникотинат 22. Выход 74 %, т. пл. 172–173 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 090, 3 065, 3 045, 3 034, 2 990, 2 960, 2 924, 2 889, 2 854,

1 744 (C=O), 1 621 (C=N), 1 575, 1 550, 1 492, 1 480, 1 470, 1 440, 1 408, 1 358, 1 325, 1 300, 1 274, 1 246, 1 225, 1 200, 1 170, 1 144, 1 095, 1 084, 1 063, 1 000, 985, 975, 940, 930, 897, 869, 847, 820, 790, 781, 775, 751, 740, 692, 682, 660, 610, 585, 565, 555, 525, 505. Найдено, %: C 74,20; H 4,51; N 13,34. $C_{25}H_{18}N_4O_2$. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

3-(E,E)-(4-Фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилизоникотинат 23. Выход 82 %, т. пл. 186–187 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 080, 3 060, 3 055, 3 040, 2 924, 2 882, 2 854, 1 737 (C=O), 1 622 (C=N), 1 601, 1 590, 1 577, 1 552, 1 506, 1 490, 1 470, 1 455, 1 435, 1 409, 1 354, 1 329, 1 290, 1 220, 1 207, 1 190, 1 162, 1 141, 1 100, 1 066, 1 012, 990, 970, 940, 920, 881, 852, 840, 820, 760, 752, 699, 686, 652, 590, 563, 535. Найдено, %: C 74,00; H 4,63; N 13,44. $C_{25}H_{18}N_4O_2$. Вычислено, %: C 73,88; H 4,46; N 13,78.

(E,E)-[2-Метокси-5-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилизоникотинат 24. Выход 80 %, т. пл. 158–159 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 097, 3 080, 3 064, 3 055, 3 034, 3 006, 2 980, 2 960, 2 920, 2 896, 2 860, 2 841, 1 749 (C=O), 1 612 (C=N), 1 585, 1 570, 1 564, 1 510, 1 501, 1 470, 1 435, 1 408, 1 370, 1 323, 1 269, 1 220, 1 194, 1 150, 1 126, 1 087, 1 080, 1 060, 1 027, 990, 974, 925, 906, 865, 842, 808, 766, 751, 699, 686, 670, 596, 560, 555, 548, 535. Найдено, %: C 71,92; H 4,70; N 12,54. $C_{26}H_{20}N_4O_3$. Вычислено, %: C 71,55; H 4,62; N 12,84.

(E,E)-[2-Метокси-4-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилизоникотинат 25 [28]. Выход 81 %, т. пл. 182–183 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 101, 3 085, 3 075, 3 065, 3 045, 3 020, 2 980, 2 945, 2 930, 2 870, 2 855, 1 746 (C=O), 1 629 (C=N), 1 587, 1 565, 1 555, 1 505, 1 490, 1 465, 1 460, 1 417, 1 411, 1 367, 1 325, 1 272, 1 253, 1 218, 1 199, 1 151, 1 140, 1 092, 1 083, 1 059, 1 030, 990, 968, 935, 871, 860, 848, 820, 801, 792, 779, 754, 730, 697, 681, 660, 619, 553. Найдено, %: C 71,87; H 4,80; N 12,58. $C_{26}H_{20}N_4O_3$. Вычислено, %: C 71,55; H 4,62; N 12,84.

(E,E)-[2-Этокс-4-(4-фенилдиазенил)фенилиминометил]фенилизоникотинат 26. Выход 72 %, т. пл. 146–147 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 065, 3 056, 3 034, 2 982, 2 960, 2 925, 2 876, 1 740 (C=O), 1 626 (C=N), 1 587, 1 556, 1 506, 1 492, 1 478, 1 460, 1 431, 1 406, 1 390, 1 370, 1 355, 1 320, 1 280, 1 258, 1 225, 1 217, 1 189, 1 161, 1 135, 1 122, 1 096, 1 090, 1 065, 1 041, 905, 880, 848, 830, 801, 764, 754, 701, 686, 655, 619, 599, 570, 549. Спектр ЯМР 1H (500 МГц, $DMCO-d_6$), δ , м. д.: 1,24 т (3H, OCH_2CH_3 , J 7,0 Гц), 4,16 к (2H, OCH_2CH_3 , J 7,0 Гц), 7,45–7,50 м (3H_{Ar}), 7,55–7,66 м (4H_{Ar}), 7,79 д (1H_{Ar}, J 1,7 Гц), 7,88–7,93 м (2H_{Ar}), 7,96–8,00 м (2H_{Ar}), 8,02 дд (2H_{Py}, J 6,0, 1,7 Гц), 8,73 с (1H, CH=N), 8,91 дд (2H_{Py}, J 6,0, 1,7 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C (125 МГц, $DMCO-d_6$), δ С, м. д.: 15,01 (OCH_2CH_3), 64,90 (OCH_2CH_3), 113,35 (1CH_{Ar}), 122,72 (2CH_{Ar}), 123,08 (2CH_{Ar}), 123,17 (1CH_{Ar}), 123,51 (2CH_{Ar}), 123,91 (1CH_{Ar}), 124,46 (2CH_{Py}), 130,05 (2CH_{Ar}), 131,96 (1CH_{Ar}), 151,67 (1CH_{Py}), 161,71 (CH=N), 135,76, 136,38, 142,76, 150,56, 150,91, 152,61, 154,52, 163,46 (8 C_{четв}). Найдено, %: C 72,30; H 5,05; N 12,10. $C_{27}H_{22}N_4O_3$. Вычислено, %: C 71,99; H 4,92; N 12,44.

Иодметилаты 27–50 (общая методика). Раствор 1 ммоль соединения **3–26** в смеси, полученной из 5 мл иодметана и 15 мл дихлорметана, выдерживали при 20–23 °С в течение 10 сут. Осадок иодметилатов **27–50** отделяли фильтрованием на стеклянном пористом фильтре Шотта, промывали небольшим количеством охлажденного дихлорметана (3 × 5 мл) и сушили в вакууме при 40 °С 1 ч.

3-(2-Формилфеноксикарбонил-1-метилпиридин-1-иум) иодид 27. Выход 75 %, т. пл. 160–161 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 210, 3 150, 3 140, 3 094, 3 070, 3 060, 3 040, 3 010, 2 981, 2 960, 2 930, 2 910, 2 864, 2 835, 2 767, 1 749 (C=O), 1 702 (C=O), 1 640 (C=N⁺), 1 605, 1 576, 1 498, 1 482, 1 460, 1 440, 1 405, 1 327, 1 284, 1 259, 1 200, 1 189, 1 176, 1 150, 1 135, 1 119, 1 090, 1 078, 1 055, 1 030, 1 010, 990, 970, 918, 890, 864, 826, 812, 777, 759, 687, 665, 654, 590, 540, 530, 486, 462. Найдено, %: C 45,82; H 3,36; I 33,88; N 3,41. $[M-I]^+$ 242. $C_{14}H_{12}INO_3$. Вычислено, %: C 45,55; H 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

3-(3-Формилфеноксикарбонил-1-метилпиридин-1-иум) иодид 28. Выход 77 %, т. пл. 142–143 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 180, 3 134, 3 088, 3 055, 3 031, 2 983, 2 924, 2 853, 2 821, 1 751 (C=O), 1 712, 1 686 (C=O), 1 630 (C=N⁺), 1 581, 1 499, 1 475, 1 466, 1 445, 1 405, 1 387, 1 315, 1 308, 1 292, 1 268, 1 238, 1 223, 1 200, 1 161, 1 137, 1 090, 1 079, 1 030, 1 022, 999, 980, 945, 930, 915, 897, 825, 785, 759, 730, 677, 664, 640, 467, 440, 435. Найдено, %: C 45,79; H 3,37; I 33,95; N 3,49. $[M-I]^+$ 242. $C_{14}H_{12}INO_3$. Вычислено, %: C 45,55; H 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

3-(4-Формилфенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 29. Выход 85 %, т. пл. 184–185 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 190, 3 160, 3 140, 3 108, 3 095, 3 080, 3 040, 3 010, 2 924, 2 865, 2 810, 1 747 ($\text{C}=\text{O}$), 1 697 ($\text{C}=\text{O}$), 1 637 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 597, 1 580, 1 498, 1 472, 1 430, 1 410, 1 391, 1 300, 1 311, 1 299, 1 283, 1 212, 1 195, 1 169, 1 159, 1 114, 1 009, 995, 980, 950, 919, 880, 855, 839, 830, 817, 773, 733, 693, 666, 645, 610, 545, 520, 493, 466. Найдено, %: С 45,70; Н 3,32; I 33,99; N 3,62. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 242. $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{INO}_3$. Вычислено, %: С 45,55; Н 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

3-(5-Формил-2-метоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 30. Выход 80 %, т. пл. 203–204 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 190, 3 145, 3 078, 3 065, 3 030, 3 013, 2 996, 2 955, 2 922, 2 839, 2 750, 1 753 ($\text{C}=\text{O}$), 1 679 ($\text{C}=\text{O}$), 1 641 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 605, 1 578, 1 513, 1 469, 1 436, 1 392, 1 332, 1 284, 1 260, 1 216, 1 177, 1 131, 1 011, 960, 928, 836, 824, 745, 739, 725, 690, 667, 639, 581. Найдено, %: С 45,72; Н 3,66; I 31,18; N 3,23. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 272. $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{INO}_4$. Вычислено, %: С 45,13; Н 3,54; I 31,79; N 3,51. M 399,18.

3-(4-Формил-2-метоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 31. Выход 81 %, т. пл. 182–183 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 140, 3 120, 3 100, 3 070, 3 035, 3 000, 2 980, 2 940, 2 924, 2 850, 2 840, 2 735, 1 753 ($\text{C}=\text{O}$), 1 697, 1 682 ($\text{C}=\text{O}$), 1 637 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 602, 1 589, 1 503, 1 485, 1 471, 1 423, 1 395, 1 320, 1 289, 1 273, 1 260, 1 199, 1 180, 1 160, 1 146, 1 120, 1 094, 1 031, 1 022, 990, 950, 946, 918, 870, 850, 810, 800, 790, 780, 733, 690, 664, 635, 583, 550, 535, 460. Найдено, %: С 45,52; Н 3,60; I 31,44; N 3,28. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 272. $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{INO}_4$. Вычислено, %: С 45,13; Н 3,54; I 31,79; N 3,51. M 399,18.

3-(4-Формил-2-этоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 32. Выход 78 %, т. пл. 110–111 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 140, 3 097, 3 067, 3 030, 2 977, 2 955, 2 930, 2 900, 2 884, 2 860, 2 850, 1 757 ($\text{C}=\text{O}$), 1 682 ($\text{C}=\text{O}$), 1 635 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 602, 1 594, 1 499, 1 480, 1 465, 1 455, 1 437, 1 397, 1 370, 1 325, 1 310, 1 299, 1 286, 1 275, 1 257, 1 198, 1 187, 1 161, 1 149, 1 118, 1 090, 1 081, 1 039, 992, 970, 950, 911, 901, 874, 855, 811, 795, 747, 737, 690, 665, 636, 588, 540, 490, 475, 464. Найдено, %: С 46,84; Н 4,00; I 30,05; N 3,06. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 286. $\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{INO}_4$. Вычислено, %: С 46,51; Н 3,90; I 30,71; N 3,39. M 413,01.

4-(2-Формилфенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 33. Выход 77 %, т. пл. 67–68 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 108, 3 090, 3 060, 3 032, 2 997, 2 923, 2 853, 2 835, 2 756, 1 761 ($\text{C}=\text{O}$), 1 695 ($\text{C}=\text{O}$), 1 643 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 603, 1 576, 1 482, 1 469, 1 455, 1 434, 1 403, 1 325, 1 271, 1 262, 1 215, 1 197, 1 155, 1 113, 1 094, 1 070, 1 046, 890, 880, 860, 810, 774, 760, 710, 669, 660, 653. Найдено, %: С 45,77; Н 3,39; I 33,96; N 3,45. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 242. $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{INO}_3$. Вычислено, %: С 45,55; Н 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

4-(3-Формилфенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 34. Выход 79 %, т. пл. 60–62 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 117, 3 095, 3 068, 3 032, 3 004, 2 922, 2 852, 2 745, 1 749 ($\text{C}=\text{O}$), 1 688 ($\text{C}=\text{O}$), 1 642 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 604, 1 585, 1 579, 1 515, 1 447, 1 390, 1 320, 1 313, 1 273, 1 224, 1 210, 1 161, 1 135, 1 092, 1 048, 999, 950, 930, 920, 899, 860, 850, 814, 786, 755, 728, 701, 674, 661, 646, 630, 570, 545. Найдено, %: С 45,73; Н 3,30; I 34,02; N 3,40. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 242. $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{INO}_3$. Вычислено, %: С 45,55; Н 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

4-(4-Формилфенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 35. Выход 82 %, т. пл. 149–150 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 170, 3 120, 3 101, 3 070, 3 060, 3 030, 3 020, 3 004, 2 980, 2 944, 2 930, 2 899, 2 865, 2 848, 1 751 ($\text{C}=\text{O}$), 1 686 ($\text{C}=\text{O}$), 1 641 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 598, 1 575, 1 498, 1 470, 1 440, 1 399, 1 333, 1 300, 1 273, 1 225, 1 206, 1 187, 1 175, 1 153, 1 093, 1 053, 1 013, 980, 950, 885, 865, 852, 824, 793, 770, 756, 679, 658, 643, 626, 600, 506, 501, 460, 430. Найдено, %: С 45,91; Н 3,28; I 34,00; N 3,40. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 242. $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{INO}_3$. Вычислено, %: С 45,55; Н 3,28; I 34,38; N 3,79. M 369,15.

4-(5-Формил-2-метоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 36. Выход 85 %, т. пл. 206–207 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 155, 3 115, 3 080, 3 055, 3 039, 3 002, 2 980, 2 930, 2 839, 2 747, 1 745 ($\text{C}=\text{O}$), 1 682 ($\text{C}=\text{O}$), 1 640 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 608, 1 577, 1 508, 1 463, 1 434, 1 405, 1 320, 1 290, 1 278, 1 254, 1 210, 1 190, 1 180, 1 150, 1 122, 1 088, 1 060, 1 044, 1 023, 960, 952, 920, 860, 823, 812, 756, 751, 720, 679, 660, 645, 631, 571, 540, 490, 470, 433. Найдено, %: С 45,61; Н 3,61; I 31,25; N 3,36. $[\text{M}-\text{I}]^+$ 272. $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{INO}_4$. Вычислено, %: С 45,13; Н 3,54; I 31,79; N 3,51. M 399,18.

4-(4-Формил-2-метоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 37. Выход 82 %, т. пл. 227–228 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3 160, 3 130, 3 090, 3 055, 3 030, 2 998, 2 950, 2 925, 2 852, 2 830, 1 750 ($\text{C}=\text{O}$), 1 708, 1 683 ($\text{C}=\text{O}$), 1 640 ($\text{C}=\text{N}^+$), 1 602, 1 587, 1 575, 1 504, 1 469, 1 450, 1 418, 1 368, 1 318, 1 288, 1 260, 1 218, 1 205, 1 170, 1 155, 1 107, 1 092, 1 024, 1 003, 970, 935, 888, 870, 862,

835, 814, 775, 762, 715, 677, 660, 645, 620, 581, 550, 540, 486, 452. Найдено, %: C 45,66; H 3,64; I 31,48; N 3,30. $[M-I]^+$ 272. $C_{15}H_{14}INO_4$. Вычислено, %: C 45,13; H 3,54; I 31,79; N 3,51. M 399,18.

4-(4-Формил-2-этоксифенокси)карбонил-1-метилпиридин-1-иум иодид 38. Выход 76 %, т. пл. 204–205 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 170, 3 118, 3 095, 3 081, 3 030, 3 007, 2 971, 2 965, 2 929, 2 900, 2 883, 2 865, 2 855, 1 758 (C=O), 1 691 (C=O), 1 647 (C=N⁺), 1 601, 1 581, 1 520, 1 498, 1 477, 1 437, 1 392, 1 370, 1 337, 1 324, 1 274, 1 257, 1 227, 1 194, 1 149, 1 120, 1 095, 1 039, 1 001, 990, 950, 901, 884, 864, 832, 810, 790, 757, 745, 672, 662, 649, 620, 585, 535, 464, 430. Найдено, %: C 46,87; H 4,03; I 30,51; N 3,01. $[M-I]^+$ 286. $C_{16}H_{16}INO_4$. Вычислено, %: C 46,51; H 3,90; I 30,71; N 3,39. M 413,01.

1-Метил-3-{2-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-пиридин-1-иум иодид 39. Выход 75 %, т. пл. 46–47 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 036, 2 923, 2 854, 1 747 (C=O), 1 680, 1 630 (C=N⁺), 1 618, 1 595, 1 569, 1 537, 1 499, 1 484, 1 450, 1 404, 1 361, 1 320, 1 300, 1 279, 1 204, 1 169, 1 155, 1 140, 1 120, 1 098, 1 071, 1 030, 1 020, 980, 930, 912, 892, 848, 830, 819, 751, 735, 726, 686, 662, 633, 612, 548, 514, 460, 438. Найдено, %: C 57,19; H 4,01; I 22,88; N 9,99. $C_{26}H_{21}IN_4O_2$. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

1-Метил-3-{3-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-пиридин-1-иум иодид 40. Выход 75 %, т. пл. 62–63 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 070, 3 020, 3 006, 2 923, 2 853, 1 742 (C=O), 1 690, 1 636 (C=N⁺), 1 621, 1 595, 1 580, 1 540, 1 517, 1 500, 1 471, 1 445, 1 407, 1 364, 1 284, 1 221, 1 199, 1 169, 1 133, 1 091, 1 030, 998, 935, 890, 820, 770, 755, 729, 690, 680, 661, 643. Найдено, %: C 57,13; H 4,04; I 22,80; N 9,90. $C_{26}H_{21}IN_4O_2$. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

1-Метил-3-{4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}пиридин-1-иум иодид 41. Выход 84 %, т. пл. 252–253 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 105, 3 071, 3 045, 3 024, 2 933, 2 886, 2 850, 1 740 (C=O), 1 640 (C=N⁺), 1 622 (C=N), 1 600, 1 590, 1 573, 1 510, 1 477, 1 455, 1 435, 1 417, 1 360, 1 340, 1 320, 1 310, 1 291, 1 220, 1 202, 1 180, 1 164, 1 130, 1 120, 1 100, 1 094, 1 065, 1 022, 1 012, 900, 975, 945, 921, 880, 858, 816, 800, 778, 738, 732, 710, 690, 660, 560, 530, 490, 470, 459. Найдено, %: C 57,25; H 4,10; I 22,71; N 9,92. $C_{26}H_{21}IN_4O_2$. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

3-{2-Метоки-5-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 42. Выход 85 %, т. пл. 253–254 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 150, 3 097, 3 060, 3 050, 3 024, 3 008, 2 961, 2 940, 2 932, 2 900, 2 866, 2 838, 1 755 (C=O), 1 690, 1 647 (C=N⁺), 1 620, 1 612 (C=N), 1 585, 1 570, 1 508, 1 480, 1 462, 1 434, 1 370, 1 330, 1 310, 1 290, 1 278, 1 195, 1 180, 1 150, 1 130, 1 106, 1 080, 1 070, 1 030, 1 013, 970, 935, 915, 900, 860, 850, 830, 820, 765, 736, 725, 691, 661, 604, 571, 545, 530, 495, 465, 455. Найдено, %: C 56,47; H 4,12; I 21,66; N 9,30. $C_{27}H_{23}IN_4O_3$. Вычислено, %: C 56,07; H 4,01; I 21,94; N 9,69.

3-{2-Метоки-4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 43. Выход 81 %, т. пл. 60–61 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 2 923, 2 853, 1 746 (C=O), 1 680, 1 635 (C=N⁺), 1 622 (C=N), 1 597, 1 540, 1 502, 1 462, 1 447, 1 420, 1 368, 1 263, 1 196, 1 167, 1 113, 1 090, 1 025, 840, 825, 805, 760, 728, 686, 611. Найдено, %: C 56,30; H 4,26; I 21,60; N 9,41. $C_{27}H_{23}IN_4O_3$. Вычислено, %: C 56,07; H 4,01; I 21,94; N 9,69.

3-{2-Этоки-4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 44. Выход 80 %, т. пл. 57–58 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 194, 3 021, 2 977, 2 925, 2 855, 1 749 (C=O), 1 690, 1 640 (C=N⁺), 1 621 (C=N), 1 597, 1 540, 1 520, 1 501, 1 474, 1 445, 1 432, 1 364, 1 325, 1 280, 1 260, 1 190, 1 167, 1 160, 1 145, 1 113, 1 092, 1 030, 998, 974, 945, 920, 892, 840, 820, 767, 729, 686, 661, 638, 616, 580, 544. Найдено, %: C 57,05; H 4,27; I 21,13; N 9,08. $C_{28}H_{25}IN_4O_3$. Вычислено, %: C 56,77; H 4,25; I 21,42; N 9,46.

1-Метил-4-{2-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-пиридин-1-иум иодид 45. Выход 76 %, т. пл. 128–130 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 105, 3 098, 3 080, 3 070, 3 045, 3 030, 3 020, 2 998, 2 945, 2 924, 2 854, 2 830, 1 717 (C=O), 1 676, 1 640 (C=N⁺), 1 614 (C=N), 1 591, 1 563, 1 540, 1 510, 1 489, 1 460, 1 455, 1 440, 1 420, 1 410, 1 390, 1 363, 1 321, 1 306, 1 281, 1 207, 1 184, 1 160, 1 146, 1 120, 1 110, 1 068, 1 030, 1 018, 1 000, 969, 943, 920, 908, 880, 860, 843, 810, 785, 763, 750, 740, 720, 677, 670, 611, 563, 541. Найдено, %: C 57,25; H 3,97; I 22,93; N 9,96. $C_{26}H_{21}IN_4O_2$. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

1-Метил-4-{3-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-пиридин-1-иум иодид 46. Выход 78 %, т. пл. 237–238 °C. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 110, 3 095, 3 060, 3 055, 3 026,

2 996, 2 977, 2 937, 2 923, 2 895, 2 850, 2 835, 1 746 (C=O), 1 642 (C=N⁺), 1 622 (C=N), 1 577, 1 491, 1 471, 1 448, 1 439, 1 395, 1 365, 1 320, 1 281, 1 246, 1 219, 1 208, 1 195, 1 166, 1 144, 1 140, 1 095, 1 069, 1 048, 1 016, 1 000, 980, 970, 964, 920, 895, 857, 847, 820, 803, 773, 756, 735, 687, 680, 670, 662, 635, 605, 580, 551, 530, 497. Найдено, %: C 57,21; H 3,94; I 22,95; N 9,90. C₂₆H₂₁IN₄O₂. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

1-Метил-4-{4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-пиридин-1-иум иодид 47. Выход 78 %, т. пл. 268–269 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 120, 3 075, 3 032, 3 005, 2 985, 2 940, 2 925, 2 877, 2 845, 1 749 (C=O), 1 642 (C=N⁺), 1 626 (C=N), 1 578, 1 501, 1 470, 1 464, 1 437, 1 420, 1 360, 1 327, 1 280, 1 191, 1 157, 1 150, 1 097, 1 070, 1 050, 1 020, 1 000, 970, 930, 891, 855, 848, 810, 790, 782, 753, 740, 720, 694, 671, 630, 620, 561, 530. Найдено, %: C 57,34; H 3,97; I 22,84; N 9,85. C₂₆H₂₁IN₄O₂. Вычислено, %: C 56,95; H 3,86; I 23,14; N 10,22.

4-{2-Метоки-5-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 48. Выход 83 %, т. пл. 53–54 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 192, 3 105, 3 030, 3 003, 2 927, 2 841, 1 751 (C=O), 1 682, 1 640 (C=N⁺), 1 620 (C=N), 1 597, 1 575, 1 542, 1 507, 1 455, 1 445, 1 434, 1 403, 1 365, 1 230, 1 270, 1 206, 1 170, 1 150, 1 140, 1 116, 1 083, 1 045, 1 012, 1 070, 1 040, 1 010, 990, 940, 910, 890, 860, 840, 820, 807, 760, 751, 720, 688, 671, 660, 636, 610, 590, 560, 544, 535, 510, 489, 469. Найдено, %: C 56,43; H 4,02; I 21,56; N 9,37. C₂₇H₂₃IN₄O₃. Вычислено, %: C 56,07; H 4,01; I 21,94; N 9,69.

4-{2-Метоки-4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 49. Выход 85 %, т. пл. 222–223 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 104, 3 085, 3 030, 3 002, 2 975, 2 933, 2 870, 1 760 (C=O), 1 750 (C=O), 1 640 (C=N⁺), 1 626 (C=N), 1 600, 1 581, 1 504, 1 493, 1 463, 1 440, 1 414, 1 360, 1 319, 1 276, 1 225, 1 215, 1 204, 1 188, 1 149, 1 118, 1 094, 1 085, 1 069, 1 040, 1 026, 970, 940, 930, 880, 870, 848, 830, 810, 770, 758, 745, 730, 691, 673, 625, 612, 554. Найдено, %: C 56,40; H 4,21; I 21,50; N 9,47. C₂₇H₂₃IN₄O₃. Вычислено, %: C 56,07; H 4,01; I 21,94; N 9,69.

4-{2-Этоки-4-(E)-[4-(E)-фенилдиазенилфенилиминометилфенокси]карбонил}-1-метилпиридин-1-иум иодид 50. Выход 77 %, т. пл. 204–205 °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3 120, 3 102, 3 080, 3 060, 3 033, 3 005, 2 977, 2 931, 2 889, 2 850, 2 830, 1 762 (C=O), 1 700, 1 643 (C=N⁺), 1 624 (C=N), 1 600, 1 581, 1 506, 1 490, 1 474, 1 465, 1 445, 1 433, 1 395, 1 321, 1 285, 1 269, 1 224, 1 214, 1 192, 1 159, 1 145, 1 119, 1 110, 1 090, 1 080, 1 039, 980, 970, 955, 935, 902, 880, 872, 840, 831, 810, 775, 760, 745, 730, 694, 670, 660, 620, 610, 560, 540, 460, 440. Найдено, %: C 56,98; H 4,29; I 21,15; N 9,16. C₂₈H₂₅IN₄O₃. Вычислено, %: C 56,77; H 4,25; I 21,42; N 9,46.

Заключение. Конденсацией сложных эфиров никотиновой/изоникотиновой кислот с 4-аминоазобензолом в метаноле синтезированы различные (E,E)-азоазометины. Кватернизацией альдегидоэфиров и (E,E)-азоазометинов в растворе дихлорметана в присутствии избытка иодметана получены соответствующие иодметилаты. Установлено, что все исследуемые пленки обладают высокой поляризующей способностью, равной 90,0–96,0 %, в ближней УФ- и видимой областях спектра (390,0–459,0 нм). Умеренно выраженную активность показали азоазометин **15** и иодид N-метильного производного **49** в отношении *E. coli* и *St. aureus* соответственно.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант № X23-012.

Acknowledgments. The work was carried out with the financial support of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, grant No. X23-012

Список использованных источников

1. Progress on biodegradable films for antibacterial food packaging / G. Han, R. Guo, Z. Yu, G. Chen // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 145. – № 01036. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014501036>
2. Kamoun, E. A. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings / E. A. Kamoun, E.-R. S. Kenawy, X. Chen // Journal of Advanced Research. – 2017. – Vol. 8, № 3. – P. 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.01.005>
3. Research Progress of Polyvinyl Alcohol (PVA) Based on Hydrogel Dressings / Y. Han, Y. Xu, L. Tian [et al.] // Zhongguo yi Liao qi xie za zhi = Chinese Journal of Medical Instrumentation. – 2018. – Vol. 42, № 6. – P. 437–439. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7104.2018.06.013>

4. Николаев, А. Ф. Поливиниловый спирт и сополимеры винилового спирта в медицине / А. Ф. Николаев, Л. П. Мосягина // Пластические массы. – 2000. – № 3. – С. 34–42.
5. Юданова, Т. Н. Полимерные раневые покрытия с ферментативным и антимикробным действием : автореф. дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.06 / Юданова Татьяна Николаевна ; Моск. гос. текст. ун-т им. А. Н. Косыгина. – М., 2004. – 32 с.
6. Effect of dye structure on orientational behavior and transition dipole moments in coatable guest–host polarizers / J. B. Chang, J. W. Namgoong, S. H. Kim [et al.] // *Dyes and Pigments*. – 2015. – Vol. 121. – P. 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2015.05.007>
7. Two new dichroic dyes: Quantum chemical modeling, synthesis, optical properties and their application in polarizing films / S. Shahab, H. Yahyaee, M. Sheikhi [et al.] // *Journal of Molecular Structure*. – 2021. – Vol. 1239. – P. 130353. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130353>
8. Spectral properties of polarizing films containing mixture of dichroic dyes / H. A. Almodarresiyeh, S. N. Shahab, V. E. Agabekov, N. G. Ariko // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук*. – 2013. – № 3. – С. 55–59.
9. Патент RU 2288243C2, МПК C09B 51/00, C09B 5/10 (2006.01). Азокрасители, способ их получения и их применение при окрашивании гидрофобных волокнистых материалов или печатании на них : № 2003124070/04 : заявлено 18.01.2002 : опуб. 27.11.2006 / Пихлер И., Лаук У. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2288243C2/ru> (дата обращения: 05.01.2024).
10. Characterizing azobenzene disperse dyes in commercial mixtures and children's polyester clothing / K. E. Overdahl, D. Gooden, B. Bobay [et al.] // *Environmental Pollution*. – 2021. – Vol. 287. – P. 117299. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117299>
11. Создание фоторегулируемых биологических молекул на основе производных азобензола / Т. С. Зацепин, Л. А. Абросимова, М. В. Монахова [и др.] // *Успехи химии*. – 2013. – Т. 82, № 10. – С. 942–963.
12. Патент BY 18134, МПК C09B 31/065, G02B 5/30, C09K 19/52, C09B 31/08 (2006.01). 6-Амино-4-гидроксиз-4-[[4-((фенилазо)фенилазо)-2-нафталинсульфокислота и ее применение : № а 20111794 : заявлено 21.12.2011 : опубл. 30.04.2014 / Агабеков В. Е., Арико Н. Г., Филиппович Л. Н., Малашко П. М., Шахаб С. Н., Алмодарресие Х. А. ; заявитель Ин-т физ.-орг. химии НАН Беларуси, Ин-т химии новых материалов НАН Беларуси. – URL: <https://by.patents.su/8-18134-6-amino-4-gidroksi-3-4-fenilazofenilazo-2-naftalinsulfokislota-i-ee-primenenie.html> (дата обращения: 05.01.2024).
13. Triggered azobenzene-based prodrugs and drug delivery systems / J. Zhu, T. Guo, Z. Wang, Y. Zhao // *Journal of Controlled Release*. – 2022. – Vol. 345. – P. 475–493. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.03.041>
14. Cerón-Carrasco, J. P. Using Theory To Extend the Scope of Azobenzene Drugs in Chemotherapy: Novel Combinations for a Specific Delivery / J. P. Cerón-Carrasco, D. Jacquemin // *ChemMedChem*. – 2021. – Vol. 16, № 11. – P. 1765–1775. <https://doi.org/10.1002/cmdc.202100046>
15. An azobenzene-based heteromeric prodrug for hypoxia-activated chemotherapy by regulating subcellular localization / S. Li, X. Jiang, R. Zheng [et al.] // *Chemical Communications*. – 2018. – Vol. 54, № 57. – P. 7983–7986. <https://doi.org/10.1039/C8CC03430C>
16. Small azobenzene derivatives active against bacteria and fungi / S. Piotto, S. Concilio, L. Sessa [et al.] // *European Journal of Medicinal Chemistry*. – Vol. 68. – P. 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.07.030>
17. Azobenzene as Antimicrobial Molecules / M. Di Martino, L. Sessa, M. Di Matteo [et al.] // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27, № 17. – P. 5643. <https://doi.org/10.3390/molecules27175643>
18. Акишина, Е. А. Синтез функционально замещенных сложных эфиров никотиновой и изоникотиновой кислот / Е. А. Акишина, Д. В. Казак, Е. А. Дикусар // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук*. – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 301–310. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2020-56-3-301-310>
19. Дикусар, Е. А. Синтез (E,E)-азоазометинов на основе 4-аминоазобензола / Е. А. Дикусар, Л. Н. Филиппович, С. Н. Шахаб [и др.] // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук*. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 58–71. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2018-54-1-58-71>
20. Design of geometry, synthesis, spectroscopic (FT-IR, UV/Vis, excited state, polarization) and anisotropy (thermal conductivity and electrical) properties of new synthesized derivatives of (E,E)-azomethines in colored stretched poly (vinyl alcohol) matrix / S. Shahab, M. Sheikhi, L. Filippovich [et al.] // *Journal of Molecular Structure*. – 2018. – Vol. 1157. – P. 536–550. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.12.094>
21. Синтез и исследование антимикробной и противовирусной активности иодметилата 4-бензоилпиридина / С. Э. Ржеуский, С. Г. Степин, Е. А. Дикусар, Ю. С. Манькова // *Физико-химическая биология как основа современной медицины : тез. докл. Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения проф. Е. В. Барковского, Минск, 21 мая 2021 г. / под ред. В. В. Хрусталёва, А. Д. Тагановича, Т. А. Хрусталёвой. – Минск, 2021. – С. 238–240.*
22. Pyridinium salts: from synthesis to reactivity and applications / S. Sowmiah, J. M. S. S. Esperança, L. P. N. Rebelo, C. A. M. Afonso // *Organic Chemistry Frontiers*. – 2018. – Vol. 5, № 3. – P. 453–493. <https://doi.org/10.1039/C7QO00836H>
23. Винюкова, Г. Н. Химия красителей / Г. Н. Винюкова. – М. : Химия, 1979. – 296 с.
24. Степанов, Б. И. Введение в химию и технологию органических красителей / Б. И. Степанов. – М. : Химия, 1971. – 447 с.
25. Киприанов, А. И. Цвет красителей и пространственные помехи в их молекулах / А. И. Киприанов, Г. Г. Дядюша, Ф. А. Михайленко // *Успехи химии*. – 1966. – Т. 35, № 5. – С. 823–852.
26. Алмодарресие, Х. А. Поляризационные пленки широкого спектрального диапазона на основе поливинилового спирта, дихроичных красителей и наночастиц : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04 / Алмодарресие Алхосейни ; Ин-т физ.-органич. химии НАН Беларуси. – Мн., 2015. – 23 с.
27. Han, S. E. Modeling of the optical anisotropy of a dye polarizer / S. E. Han, I. S. Hwang // *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. – 2002. – Vol. 40, № 13. – P. 1363–1370. <https://doi.org/10.1002/polb.10198>

28. Функциональные производные 4-формил-2-метоксифенилизоникотината / В. И. Поткин, Н. А. Бумагин, Е. А. Дикусар [и др.] // Журнал органической химии. – 2019. – Т. 55, № 10. – С. 1527–1539. <https://doi.org/10.1134/S0514749219100069>

References

1. Han G., Guo R., Yu Zh., Chen G. Progress on biodegradable films for antibacterial food packaging. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 145, no. 01036. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014501036>.
2. Han Y., Xu Y., Tian L., Zhou J., Zhou X., Kamoun E.A., Kenawy E.S., Chen X. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. *Journal of Advanced Research*, 2017, vol. 8, no. 3, pp. 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.01.005>
3. Zhongguo Yi., Liao Qi., Xie Za Zhi. Research Progress of Polyvinyl Alcohol (PVA) Based on Hydrogel Dressings. *Zhongguo yi Liao qi xie za zhi = Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2018, vol. 42, no. 6, pp. 437–439 (in Chinese). <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7104.2018.06.013>
4. Nikolaev A. F., Mosyagina L. P. Polyvinyl alcohol and vinyl alcohol copolymers in medicine. *Journal of Russian Plastics*, 2000, no. 3, pp. 34–42 (in Russian).
5. Yudanov T. N. *Polymer wound dressings with enzymatic and antimicrobial action*. Moscow, 2004. 32 p. (in Russian).
6. Chang J. B., Namgoong J. W., Kim S. H., Park S. H., Hwang B. H., Kim J. P. Effect of dye structure on orientational behavior and transition dipole moments in coatable guest–host polarizers. *Dyes and Pigments*, 2015, vol. 121, pp. 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2015.05.007>
7. Shahab S., Yahyaie H., Sheikhi M., Filippovich L., Zhou H., Kaviani S., Alnajjar R., Potkin V., Dikuser E., Petkevich S., Agabekov V. Two new dichroic dyes: Quantum chemical modeling, synthesis, optical properties and their application in polarizing films. *Journal of Molecular Structure*, 2021, vol. 1239, pp. 130353. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130353>
8. Almodarresiyeh H. A., Shahab S. N., Agabekov V. E., Aliko N. G. Spectral properties of polarizing films containing mixture of dichroic dyes. *Vestsi Natsyonal'най akademii navuk Belarusi. Seriya himichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Series*, 2013, no. 3, pp. 55–59.
9. Pikhler I., Lauk U. Azo dyes, method of their preparation and their use in dyeing or printing on hydrophobic fibrous materials : patent RU2288243C2. Publ. date 27 November 2006 (in Russian).
10. Overdahl K. E., Gooden D., Bobay B., Getzinger G.J., Stapleton H. M., Ferguson P. L. Characterizing azobenzene disperse dyes in commercial mixtures and children's polyester clothing. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 287, pp. 117299. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117299>.
11. Zatselin T. S., Abrosimova L. A., Monakhova M. V., Le Thi Hien, Pingoud A., Kubareva E. A., Oretskaya T. S. Design of photocontrolled biomolecules based on azobenzene derivatives. *Russian Chemical Reviews*, 2013, vol. 82, no. 10, pp. 942–963. <https://doi.org/10.1070/RC2013v082n10ABEH004355>.
12. Agabekov V. E., Aliko N. G., Filippovich L. N., Malashko P. M., Shakhb S. N., Almodarresie Kh. *A 6-Amino-4-hydroxy-3-{{4-((phenyl)azo)phenyl}azo}-2-naphthalene sulfonic acid and its application* : patent BY18134. Publ. date 30 April 2014 (in Russian).
13. Zhu J., Guo T., Wang Zh., Zhao Y. Triggered azobenzene-based prodrugs and drug delivery systems. *Journal of Controlled Release*, 2022, vol. 345, pp. 475–493. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.03.041>.
14. Cerón-Carrasco J. P., Jacquemin D. Using Theory to Extend the Scope of Azobenzene Drugs in Chemotherapy: Novel Combinations for a Specific Delivery. *ChemMedChem*, 2021, vol. 16, no. 11, pp. 1765–1775. <https://doi.org/10.1002/cmde.202100046>
15. Li S., Jiang X., Zheng R., Zuo S., Zhao L., Fan G., Fan J., Liao Y., Yu X., Cheng, H. An azobenzene-based heteromeric prodrug for hypoxia-activated chemotherapy by regulating subcellular localization. *Chemical Communications*, 2018, vol. 54, pp. 7983–7986. <https://doi.org/10.1039/C8CC03430C>
16. Piotto S., Concilio S., Sessa L., Porta A., Calabrese E.C., Zanfardino A., Varcamonti M., Iannelli P. Small azobenzene derivatives active against bacteria and fungi. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2013, vol. 68, pp. 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.07.030>
17. Martino M. Di, Sessa L., Matteo M. Di, Panunzi B., Piotto S., Concilio S. Azobenzene as Antimicrobial Molecules. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 17, pp. 5643. <https://doi.org/10.3390/molecules27175643>.
18. Akishina E. A., Kazak D. V., Dikuser E. A. Synthesis of functionally substituted esters of nicotinic and isonicotinic acid. *Vestsi Natsyonal'най akademii navuk Belarusi. Seriya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Series*, 2020, vol. 56, no. 3, pp. 301–310 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2020-56-3-301-310>
19. Dikuser E. A., Filippovich L. N., Shahab S. N., Petkevich S. K., Stepin S. G. Synthesis of (E,E)-azoazomethines based on 4-aminoazobenzene. *Vestsi Natsyonal'най akademii navuk Belarusi. Seriya khimichnykh navuk=Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2018, vol. 54, no. 1, pp. 58–71 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2018-54-1-58-71>
20. Shahab S., Sheikhi M., Filippovich L., Dikuser E., Yahyaie H., Kumar R., Khaleghian M. Design of geometry, synthesis, spectroscopic (FT-IR, UV/Vis, excited state, polarization) and anisotropy (thermal conductivity and electrical) properties of new synthesized derivatives of (E,E)-azomethines in colored stretched poly (vinyl alcohol) matrix. *Journal of Molecular Structure*, 2018, vol. 1157, pp. 536–550. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.12.094>

21. Rzhesskij S. Je., Stepin S. G., Dikuser E. A., Man'kova Ju. S. Synthesis and study of antimicrobial and antiviral activity of 4-benzoylpyridine iodomethylate. *Fiziko-khimicheskaya biologiya kak osnova sovremennoi meditsiny: tez. dokl. Mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. 75-letiyu so dnya rozhdeniya prof. E. V. Barkovskogo, Minsk, 21 maya 2021 g.* [Physico-chemical biology as the basis of modern medicine: Abstracts of the reports of the international scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of Professor E. V. Barkovsky, Minsk, May 21, 2021]. Minsk, 2021, pp. 238–240 (in Russian).
22. Sowmiah S., Esperança J. M. S. S., Rebelo, L. P. N., Afonso, C. A. M. Pyridinium salts: from synthesis to reactivity and applications. *Organic Chemistry Frontiers*, 2018, vol. 5, no. 3, pp. 453–493. <https://doi.org/10.1039/C7QO00836H>
23. Vinyukova G. N. *Dye chemistry*. Moscow, Khimiya Publ., 1979. 296 p. (in Russian).
24. Stepanov B. I. *Introduction to the chemistry and technology of organic dyes*. Moscow, Khimiya Publ., 1971. 447 p. (in Russian).
25. Kiprianov A. I., Dyadyusha G. G., Mikhailenko F. A. The colour of dyes and steric hindrance in their molecules. *Russian Chemical Reviews*, 1966, vol. 35, no. 5, pp. 361–373. <https://doi.org/10.1070/rc1966v035n05abeh001477>
26. Almodarresie H. A. *Polarizing films of a wide spectral range based on polyvinyl alcohol, dichroic dyes and nanoparticles*. Minsk, 2015. 23 p. (in Russian).
27. Han S. E., Hwang I. S. Modeling of the optical anisotropy of a dye polarizer. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 2002, vol. 40, no. 13, pp. 1363–1370. <https://doi.org/10.1002/polb.10198>
28. Potkin V. I., Bumagin N. A., Dikuser E. A., Petkevich S. K., Kurman P. V. Functional Derivatives of 4-Formyl-2-methoxyphenyl Pyridine-4-carboxylate. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2019, vol. 55, no. 10, pp. 1483–1494. <https://doi.org/10.1134/s1070428019100063>

Информация об авторах

Дикусар Евгений Анатольевич – кандидат химических наук, старший научный сотрудник. Институт физико-органической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dikuser@ifoch.bas-net.by

Филиппович Людмила Николаевна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник. Институт физико-органической химии НАН (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: luda1977@list.ru

Богданова Наталья Валерьевна – старший преподаватель. Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ (ул. Долгобродская, 23А, 220 070, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tasha.bo@mail.ru

Скидан Елизавета Евгеньевна – студент. Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ (ул. Долгобродская, 23А, 220070, Минск, Республика Беларусь). E-mail: skidanlizaveta@gmail.com

Муравский Анатолий Александрович – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией. Институт химии новых материалов НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 36, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anatoli_murauski@ichnm.by

Акишина Екатерина Александровна – научный сотрудник. Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: che.semenovaea@mail.ru

Шахаб Сиямак Насер – доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой. Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ (ул. Долгобродская, 23А, 220070, Минск, Республика Беларусь). E-mail: siyamakshahab@mail.ru

Поткин Владимир Иванович – академик, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией. Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: potkin@ifoch.bas-net.by

Information about the authors

Dikuser Evgenij A. – Ph. D. (Chemistry), Senior Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dikuser@ifoch.bas-net.by

Filippovich Liudmila N. – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: luda1977@list.ru

Bogdanova Natalia V. – Senior Lecturer. International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University (23A, Dolgobrodskaya Str., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasha.bo@mail.ru

Skidan Elizaveta E. – Student. International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University (23A, Dolgobrodskaya Str., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: skidanlizaveta@gmail.com

Muravsky Anatoli A. – Ph. D. (Physics and Mathematics), Head of the Laboratory. Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Science of Belarus (36, F. Skorina Str., 220084, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anatoli_murauski@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-9755-7790>

Akishina Ekaterina A. – Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: che.semenovaea@mail.ru

Shahab Siyamak N. – Dr. Sc. (Chemistry), Associate Professor, Head of the Department. International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University (23A, Dolgobrodskaya Str., 220070, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: siyamakshahab@mail.ru

Potkin Vladimir I. – Academician, Dr. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Laboratory. Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potkin@ifoch.bas-net.by