

## СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БИСАКРИДИНА С ПИРИДИНОВЫМ И 1,2-АЗОЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ

© 2022 г. Е. А. Дикусар<sup>a,\*</sup>, Е. А. Акишина<sup>a</sup>, С. К. Петкевич<sup>a</sup>, Н. А. Жуковская<sup>a</sup>,  
Р. С. Алексеев<sup>b</sup>, Н. А. Бумагин<sup>b</sup>, С. Н. Шахаб<sup>c</sup>, Л. Н. Филиппович<sup>a</sup>, В. И. Поткин<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт физико-органической химии Национальной академии Беларуси,  
ул. Сурганова 13, Минск, 220072 Республика Беларусь

<sup>b</sup> Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

<sup>c</sup> Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, 220141 Республика Беларусь  
\*e-mail: dikusar@ifoch.bas-net.by

Поступило в Редакцию 26 октября 2021 г.

После доработки 7 декабря 2021 г.

Принято к печати 9 декабря 2021 г.

Разработан удобный одностадийный метод синтеза новых производных бисакридина, содержащих фрагменты 5-арилзоксазолов, 4,5-дихлоризотиазола, а также остатки изоникотиновой кислоты, ковалентно присоединенных с помощью сложноэфирных групп в различные положения ароматического ядра. Трехкомпонентную каскадную конденсацию 1,5-нафталиндиамина, различных альдегидов и циклических β-дикарбонильных соединений проводили в бутаноле при температуре кипения. Получены четвертичные аммониевые соли синтезированных производных бисакридина. Показано, что синтезированные бисакридиновые соединения образуют комплексы с палладием состава LPdCl<sub>2</sub>, которые проявляют высокую каталитическую активность в модельной реакции Сузуки в воде в отсутствие органического соразтворителя.

**Ключевые слова:** бисакридины, пиридины, палладиевые катализаторы, каскадная трехкомпонентная конденсация, реакция Сузуки

DOI: 10.31857/S0044460X22010085

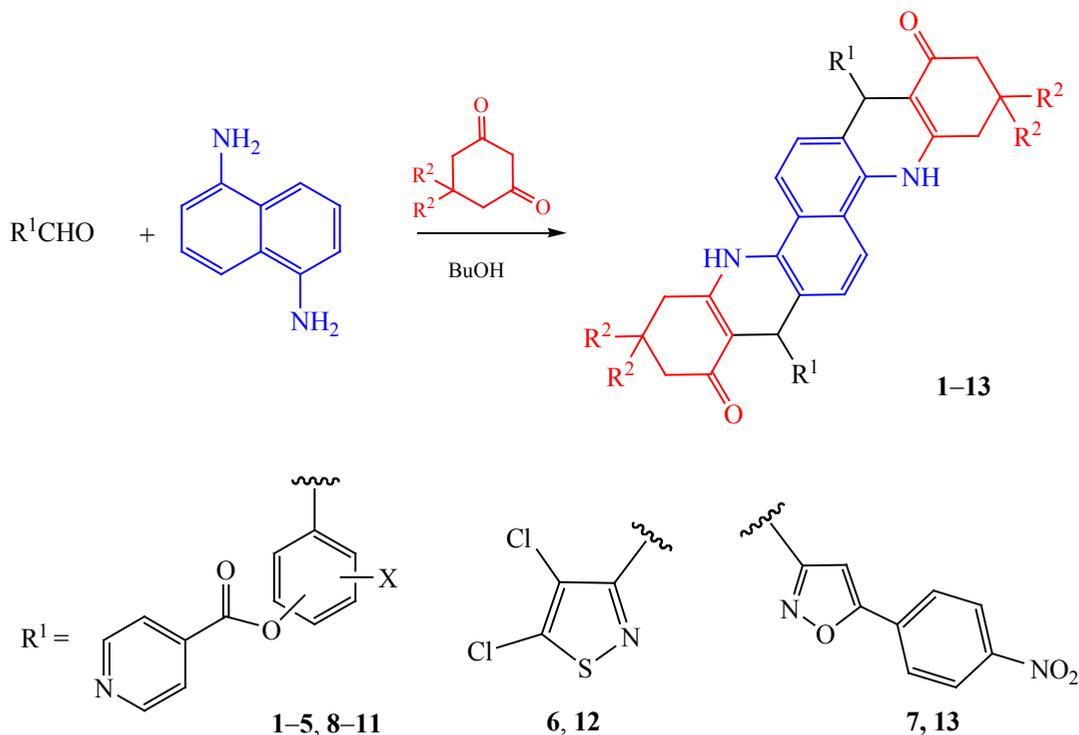
Полициклические соединения ряда акридинов вызывают большой интерес у фармакологов, ввиду наличия ряда полезных свойств у данного класса соединений, что положило начало целому направлению работ в этой области [1, 2].

Производные акридинов ввиду плоского строения молекулы обладают интеркаляционными свойствами, т. е. способностью встраиваться в молекулу ДНК, что обуславливает наличие у данного класса соединений противоопухолевого действия [3, 4]. Производные акридина показывают высокую цитотоксическую активность в отношении лейкемических клеток [5], метастатических клеток рака молочной железы [6], они также могут

использоваться в противосудорожных [7], обезболивающих [8], гипертонических [9], противовоспалительных препаратах [10]. Лекарственный препарат профлавин используется как антибактериальное и противогрибковое средство [11]. Кроме того, акридины являются известными пигментами и красителями и, благодаря длинной цепи сопряжения, могут выступать в качестве маркеров флуоресценции и визуализации, использоваться в лазерных технологиях, в области органических полупроводниковых материалов [12–14].

На сегодняшний день основными проблемами, ограничивающими клиническое использование производных акридина, остаются побочные

Схема 1.



$R^2 = H, X = H, 3-(O)C$  (1);  $4-(O)C$  (2);  $4-OMe, 3-(O)C$  (3);  $3-OMe, 4-(O)C$  (4);  $3-OEt, 4-(O)C$  (5);  $R^2 = Me, X = H, 4-(O)C$  (8);  $4-OMe, 3-(O)C$  (9);  $3-OMe, 4-(O)C$  (10);  $3-OEt, 4-(O)C$  (11).

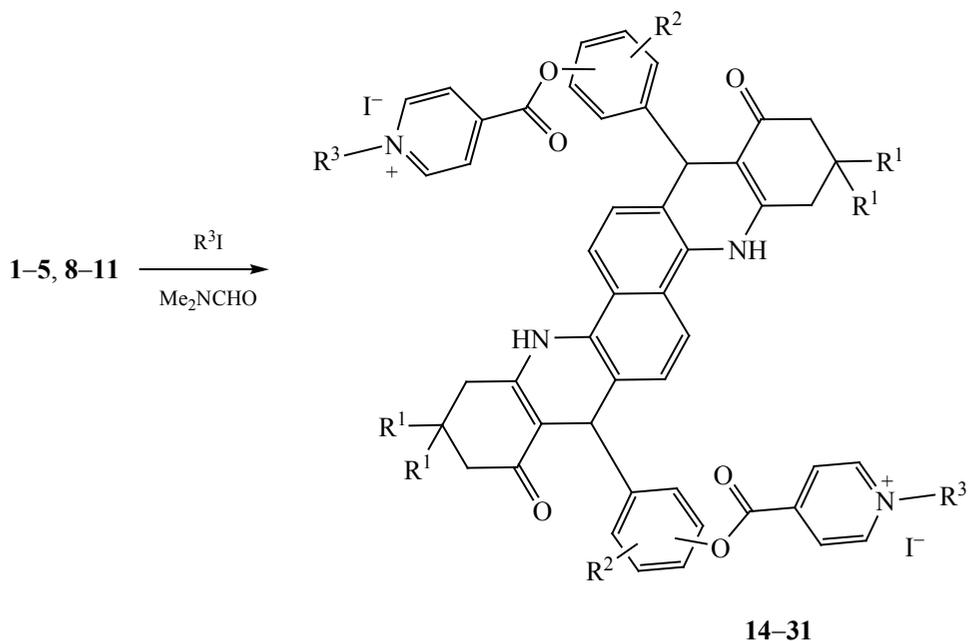
эффекты, лекарственная резистентность и низкая биодоступность соединений на основе акридинов, что способствует развитию направления их дальнейшей модификации. Наиболее актуальным решением является синтез гибридных молекул с повышенной активностью, например, различных бис- и тетраакридинов [15–17].

Таким образом, акридиновый фрагмент является фармакофорной группой с широким спектром биологической активности, а использование разнообразных функционализированных представителей из гетероциклических и ароматических классов соединений дает большой выбор для получения производных акридина и обеспечивает большую вероятность получения новых соединений с целевой фармакологической активностью. Следует также отметить, что акридин-пиридиновые и 3-аминометил-1,2-азольные гетероциклы способны к комплексообразованию с палладием, а образующиеся при этом комплексы проявляют высокую эффективность в реакции Сузуки [18, 19].

Цель данной работы – синтез производных бисакридина, содержащих фрагменты 5-арилзоксиазолов, 4,5-дихлоризотиазола, а также остатки изоникотиновой кислоты, ковалентно присоединенных с помощью сложноэфирных групп в различные положения ароматического ядра. Полученные соединения, имеющие в своем составе различные гетероциклы, являются перспективными биологически активными веществами. Кроме того, эти полиазотсодержащие гетероциклы потенциально способны к комплексообразованию с переходными металлами, что открывает возможность разработки на их основе новых катализаторов для реакций кросс-сочетания в водных средах.

Трехкомпонентная каскадная конденсация ароматических аминов, альдегидов и циклических  $\beta$ -дикарбонильных соединений представляет собой удобный одностадийный метод синтеза полиядерных гетероциклических систем [20, 21]. Циклизацию проводили кипячением в бутаноле

Схема 2.



$R^1 = H$ ,  $R^2 = H$ , 3-(O)C (**14**, **23**); 4-(O)C (**15**, **24**); 4-OMe, 3-(O)C (**16**, **25**); 3-OMe, 4-(O)C (**17**, **26**); 3-OEt, 4-(O)C (**18**, **27**);  $R^1 = Me$ ,  $R^2 = H$ , 4-(O)C (**19**, **28**); 4-OMe, 3-(O)C (**20**, **29**); 3-OMe, 4-(O)C (**21**, **30**); 3-OEt, 4-(O)C (**22**, **31**);  $R^3 = Et$  (**14–22**),  $Bu$  (**23–31**).

исходных компонентов в течение 24 часов. Для синтеза бисакридиновых производных **1–13** соответствующие альдегиды и 1,3-циклодикетоны были взяты в двукратном избытке по отношению к 1,5-нафталиндиамину (1:1:2) (схема 1). Выход бисакридинов **1–13** составил 43–62%.

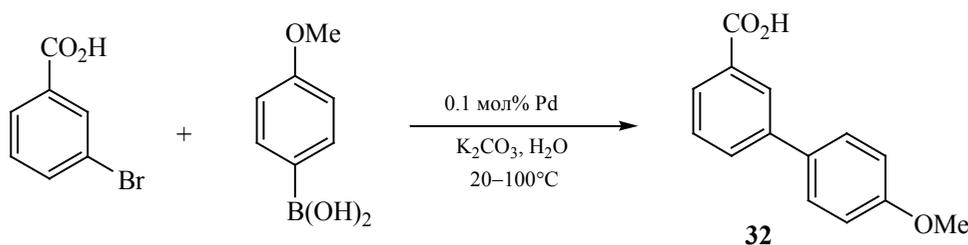
Четвертичные соли производных бисакридина **14–31** получали кипячением бисакридинов **1–13** в смеси иодистого алкила (этила или бутила) и диметилформамида в течение 8 ч. Выход для этилиодистых солей составил 42–52%, а для бутилиодистых солей – 43–51%. Кватеринизация пиридинового остатка в составе бисакридинового производного позволяет решить проблему растворимости полученных соединений, поскольку в таком случае их растворимость в органических и водных средах значительно повышается.

Состав и строение синтезированных соединений доказано данными элементного анализа, ЯМР, ИК, УФ спектроскопии и масс-спектрометрии.

Для проверки возможности комплексообразования с палладием из множества полученных

полиазотсодержащих бисакридинов, в качестве лигандов были выбраны соединения **4** ( $L^1$ ), **7** ( $L^2$ ) и **10** ( $L^3$ ). Поскольку бисакридины имеют низкую растворимость, синтез комплексов палладия проводили при нагревании суспензии лигандов в метанольном растворе  $Na_2PdCl_4$  ( $L: Pd = 1:1$ ). При кипячении в течение 15 мин характерная темно-коричневая окраска тетрахлорпалладата натрия постепенно переходит в желто-оранжевую, а цвет суспензий изменяется со светло-коричневого на оранжевый. При этом в реакционных смесях по данным ТСХ полностью исчезают исходные лиганды. Синтезированные комплексы охарактеризованы данными элементного анализа, ИК и ЯМР спектроскопии. По результатам элементного анализа, комплексы имеют состав  $LPdCl_2$ . Анализ спектров ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  синтезированного комплекса дает возможность предположить, что палладий координируется по бисакридиновому атому азота лиганда, а не по пиридиновому: сигналы протонов на бисакридиновом атоме азота в комплексе  $L^3PdCl_2$  по сравнению с лигандом **10** смещаются в слабое поле на 0.13 м. д., а сигналы

**Таблица 1.** Данные по испытанию комплексов палладия с бисакридиновыми лигандами  $L^1PdCl_2$ – $L^3PdCl_2$  в реакции 3-бромбензойной кислоты с 4-метоксифенилборной кислотой<sup>a</sup>



№ опыта	«Pd»	T, °C	Время, мин	Выход <sup>б</sup> , %
1	$L^1PdCl_2$	20	30	Следы
2	$L^1PdCl_2$	100	<5	98(100)
3	$L^1PdCl_2$ 0.01 мол%	100	10	96(100)
4	$L^2PdCl_2$	20	20	95(99)
5	$L^2PdCl_2$	100	<1	98(100)
6	$L^2PdCl_2$ 0.01 мол%	100	5	97(100)
7 <sup>в</sup>	$L^2PdCl_2$ 0.001 мол%	100	10	(100)
8	$L^3PdCl_2$	20	30	Следы
9	$L^3PdCl_2$	100	<5	97(100)
10	$L^3PdCl_2$ 0.01 мол%	100	10	98(100)
11	$L^3PdCl_2$ 0.001 мол%	100	30	94(98)

<sup>a</sup> AgBr (0.50 ммоль), Ag<sup>в</sup>(OH)<sub>2</sub> (0.60 ммоль), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1.25 ммоль), 5 мл H<sub>2</sub>O.

<sup>б</sup> Препаративный выход (в скобках указан выход по данным спектров ЯМР <sup>1</sup>H относительно 0.5 ммоль тетрахлорэтана).

<sup>в</sup> Оп. № 7 – реакция с 3-йодбензойной кислотой.

пиридиновых протонов смещаются на 0.05–0.07 м. д. В спектре ЯМР <sup>13</sup>C комплекса также наблюдается более сильный свиг в слабое поле углеродных сигналов акридинового фрагмента по сравнению с пиридиновыми: так сигнал метинового атома углерода смещается примерно на 0.5 м. д. в слабое поле против 0.09 м. д. для углеродов пиридинового фрагмента. Интересно отметить, что для акридин-пиридиновых лигандов [18] наблюдался другой тип координации палладия: по атому азота азота пиридинового кольца.

Поскольку синтезированные комплексы палладия  $L^1PdCl_2$ – $L^3PdCl_2$  оказались мало растворимыми для их тестирования в качестве потенциальных катализаторов реакции Сузуки, были получены

устойчивые суспензии  $L^1PdCl_2$  и  $L^2PdCl_2$  в ДМФА (0.02 М.) при использовании ультразвукового облучения. В случае более растворимого комплекса  $L^3PdCl_2$  – был приготовлен его раствор в ДМФА (0.02 М.). Исходя из стоящих задач по адаптации новых катализаторов к водным средам, при выборе растворителей для реакции мы ориентировались, прежде всего, на воду, так как вода в силу своей доступности и безопасности является наиболее привлекательной средой для осуществления каталитических реакций в условиях «зеленой» химии и разработки основ экологически безопасных технологий тонкого органического синтеза. В качестве модельной была выбрана реакция 3-бромбензойной кислотой с 4-метоксифенилборной кис-

лотой. Выбор именно этой арилборной кислоты обусловлен ее способностью легко подвергаться гидролизу в водно-основных средах с образованием анизола. По этой причине результаты, полученные при использовании проблемного субстрата, могут быть использованы без дополнительной оптимизации в случае более устойчивых к протодоборированию арилборных кислот. Испытания проводили при 20 и 100°C в присутствии комплексов палладия и карбоната калия в качестве основания на воздухе в отсутствие инертной атмосферы. Результаты испытания каталитической активности комплексов представлены в табл. 1.

Как видно из полученных данных, бисакридиновый комплекс палладия  $L^2PdCl_2$  с изоксазольным заместителем проявляют очень высокую каталитическую активность в широком интервале температур. Например, в присутствии 0.1 мол% этого комплекса реакция завершается полностью при комнатной температуре за 30 мин, давая с количественным выходом продукт кросс-сочетания 4'-метокси-[1,1'-бифенил]-3-карбоновую кислоту 32 (оп. № 4). При 100°C продолжительность реакции не превышает 1 мин (оп. № 5). При повышенной температуре в водной среде при уменьшении количества катализатора в 10 раз время реакции составляет не более 5 мин [TON (число оборотов катализатора) до  $10^4$ , TOF (частота оборотов катализатора) до  $1.2 \times 10^5 \text{ ч}^{-1}$ ] (оп. № 6). Если в реакции вместо арилбромида использовать соответствующее иодпроизводное, то количество катализатора можно сократить еще на порядок (TON до  $10^5$ , TOF до  $6 \times 10^5 \text{ ч}^{-1}$ ) (оп. № 7).

Комплексы палладия  $L^1PdCl_2$  и  $L^3PdCl_2$  при комнатной температуре не проявляют каталитическую активность, но при повышенной температуре достаточно активны – реакции завершаются быстрее, чем за 5 мин в присутствии 0.1 мол% катализатора и за 10 мин при использовании 0.01 мол% (ср. оп. №№ 1–3, 8–10 и 12, 13). При уменьшении количества катализатора  $L^3PdCl_2$  до 0.001 мол% (10 м. д.) продолжительность реакции возрастает до 30 мин, но выход продукта остается практически количественным (оп. № 11).

Высокая каталитическая активность комплексов палладия, количественные выходы и применение воды в качестве реакционной среды позволя-

ют максимально упростить процедуру выделения продуктов и сделать процесс кросс-сочетания более экологически безопасными. Для получения аналитически чистых образцов реакционную смесь после завершения реакции фильтруют, затем прибавляют 10–15 об% спирта, нагревают практически до кипения и медленно подкисляют 10%-ной HCl при перемешивании. В результате получается мелкокристаллические, хорошо фильтрующиеся осадки соответствующей бифенилкарбоновой кислоты 32.

Таким образом, нами предложен новый тип полиазотистых лигандов на основе бисакридинов с дополнительными гетероциклическими заместителями, и на их основе синтезированы палладий-содержащие катализаторы, которые позволяют эффективно вести катализ реакции Сузуки в мягких условиях в водных средах в отсутствие органических соразтворителей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке «зеленых» технологий тонкого органического синтеза.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на Фурье-спектрофотометре Protege-460 Nicolet с приготовлением образцов в виде таблеток с KBr. Спектры ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  сняты на спектрометре Bruker Avance-500 или Bruker Avance II 400 в  $DMCO-d_6$ ,  $CF_3CO_2D$  и  $DMFA-d_7$  относительно остаточных сигналов. ВЭЖХ-МС-Исследования 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 ( $4.6 \times 1050$  мм; 1.8 мкм). Мобильная фаза: вода, содержащая 0.05 об% муравьиной кислоты–ацетонитрил (от 40 до 90% за 10 мин). Скорость элюирования – 0.5 мл/мин. Элементный анализ C,H,N,S-содержащих соединений выполняли на CHNS-анализаторе Vario MICRO cube V1.9.7, а для галогенсодержащих соединений – методом стандартного микроанализа. Содержание палладия в комплексах определено методом ААС на спектрометре АО Аквилон МГА-915. Контроль за ходом реакций осуществлен методом ТСХ на пластинах Merck Silica gel 60 F<sub>254</sub>.

Для синтезов использовали коммерческие реактивы (Merck и Sigma-Aldrich) квалификации ЧДА и Ч: 5,5-диметилциклогексан-1,3-дион, 1,5-нафталиндиамин, алкилиодиды, 3-бромбензойную кислоту и 4-метоксифенилборную кислоту.

**Производные бисакридина 1–13 (общая методика).** Смесь 0.31 г (2 ммоль) 1,5-нафталиндиамина, 4 ммоль димедона и 4 ммоль замещенного бензальдегида в 50 мл бутанола кипятили 24 ч. Смесь охлаждали, осадок отфильтровывали на стеклянном пористом фильтре и сушили на воздухе при 50°C в течение 12 ч. Выход бис(бензоакридинов) составил 42–62%.

**(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(3,1-фенилен)диизоникотинат (1).** Выход 0.76 г (49%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3273, 3227, 3098, 3067, 3021, 2948, 2886, 1747, 1625, 1607, 1520, 1485, 1446, 1410, 1379, 1360, 1275, 1263, 1221, 1171, 1148, 1088, 1064, 994, 783, 752, 747, 692, 535. Найдено, %: С 75.68; Н 4.84; N 7.13. C<sub>48</sub>H<sub>36</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 75.38; Н 4.74; N 7.33. M 764.82.

**(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(4,1-фенилен)диизоникотинат (2).** Выход 0.79 г (52%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3289, 3030, 2926, 2856, 1743, 1590, 1517, 1491, 1410, 1383, 1323, 1267, 1196, 1168, 1142, 1095, 1062, 1061, 993, 784, 752, 699, 536. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.82–1.95 м (2H, CH<sub>2</sub>), 1.95–2.04 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.20–2.36 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.61–2.77 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.86–2.96 м (2H, CH<sub>2</sub>), 5.33 с (2H, CH), 7.06–7.17 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.26–7.33 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.38–7.44 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.88–7.96 м (4H<sub>Py</sub>), 8.05–8.12 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.80–8.89 м (4H<sub>Py</sub>), 9.27 д (2H, NH, J 10.3 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 21.57 (2CH<sub>2</sub>), 27.56 (2CH<sub>2</sub>), 37.31 (2CH<sub>2</sub>), 39.85 (2CH), 116.78 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.90 (4CH<sub>Ar</sub>), 123.46 (4CH<sub>Py</sub>), 128.13 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.87 (4CH<sub>Ar</sub>), 151.48 (4CH<sub>Py</sub>), 109.03, 121.18, 122.04, 131.84, 136.85, 146.91, 148.87, 154.70, 164.16, 194.57 (20C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 75.61; Н 4.89; N 7.16. C<sub>48</sub>H<sub>36</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 75.38; Н 4.74; N 7.33. M 764.82.

**(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-метокси-5,1-фенилен)диизоникотинат (3).**

Выход 0.7 г (42%), т. пл. 312–314°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3318, 3029, 2950, 2930, 2836, 1748, 1594, 1519, 1502, 1491, 1411, 1386, 1332, 1266, 1204, 1172, 1127, 1116, 1083, 1063, 1031, 996, 773, 755, 700, 670, 541. Найдено, %: С 73.04; Н 5.02; N 6.54. C<sub>50</sub>H<sub>40</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 72.80; Н 4.89; N 6.79. M 824.87.

**(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-метокси-4,1-фенилен)диизоникотинат (4).** Выход 0.93 г (56%), т. пл. 315–317°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3299, 2934, 2858, 1755, 1594, 1516, 1491, 1420, 1408, 1382, 1325, 1266, 1198, 1173, 1146, 1114, 1076, 1061, 1031, 992, 880, 790, 752, 700, 677, 533. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.87–1.94 м (2H, CH<sub>2</sub>), 1.97–2.06 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.25–2.34 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.62–2.77 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.86–2.99 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.72 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 5.31 с (2H, CH), 6.70–6.76 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.01–7.08 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.19 д. д (2H<sub>Ar</sub>, J 8.6, 1.7 Гц), 7.49 д. д (2H<sub>Ar</sub>, J 8.7, 6.0 Гц), 7.89–7.95 м (4H<sub>Py</sub>), 8.06 д. д (2H<sub>Ar</sub>, J 8.6, 1.4 Гц), 8.81–8.87 м (4H<sub>Py</sub>), 9.27 д (2H, NH, J 13.0 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 21.70 (2CH<sub>2</sub>), 27.63 (2CH<sub>2</sub>), 37.40 (2CH<sub>2</sub>), 39.82 (2CH), 56.39 (2OCH<sub>3</sub>), 112.38 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.83 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.67 (2CH<sub>Ar</sub>), 123.05 (2CH<sub>Ar</sub>), 123.55 (4CH<sub>Py</sub>), 128.17 (2CH<sub>Ar</sub>), 151.64 (4CH<sub>Py</sub>), 108.74, 121.25, 122.09, 131.76, 136.51, 137.59, 148.40, 150.74, 154.73, 163.67, 194.83 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 73.93; Н 5.00; N 6.65. C<sub>50</sub>H<sub>40</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 72.80; Н 4.89; N 6.79; M 824.87.

**(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-этокси-4,1-фенилен)диизоникотинат (5).** Выход 0.92 г (54%), т. пл. >308–310°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3286, 2972, 2931, 2871, 1754, 1593, 1510, 1488, 1407, 1379, 1323, 1262, 1243, 1191, 1170, 1116, 1061, 1039, 993, 968, 923, 786, 753, 700, 536. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.16 т. д (6H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, J 6.6, 1.6 Гц), 1.85–2.06 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.24–2.35 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.62–2.77 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.88–2.98 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.93–4.07 м (4H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 5.32 с (2H, CH), 6.70–6.77 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.01–7.09 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.17 д (2H<sub>Ar</sub>, J 11.1 Гц), 7.49 д. д (2H<sub>Ar</sub>, J 8.7, 2.8 Гц), 7.92 т (4H<sub>Py</sub>, J 6.3 Гц), 8.08 д. д (2H<sub>Ar</sub>, J 8.7, 2.2 Гц), 8.85 т (4H<sub>Py</sub>, J 5.5 Гц), 9.29 д (2H, 2NH, J 12.4 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-d<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 15.01 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>),

21.66 (2CH<sub>2</sub>), 27.59 (2CH<sub>2</sub>), 37.36 (2CH<sub>2</sub>), 40.06 (2CH), 64.52 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.54 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.76 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.64 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.89 (2CH<sub>Ar</sub>), 123.39 (4CH<sub>Py</sub>), 128.07 (2CH<sub>Ar</sub>), 151.57 (4CH<sub>Py</sub>), 108.74, 121.18, 122.03, 131.70, 136.59, 137.97, 148.19, 149.84, 154.56, 163.66, 194.65 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 73.57; Н 5.30; N 6.42; O 14.71. C<sub>52</sub>H<sub>44</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 73.23; Н 5.20; N 6.57. *M* 852.93.

**8,16-Бис(4,5-дихлоризотиазол-3-ил)-3,4,8,10,11,12,13,16-октагидроакридино[4,3-с]-акридин-1,9(2H,5H)-дион (6).** Выход 0.59 г (44%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3308, 3117, 3029, 2940, 2868, 1592, 1518, 1499, 1420, 1389, 1371, 1336, 1266, 1194, 1174, 1133, 1079, 998, 973, 755, 539. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, CF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>D),  $\delta$ , м. д.: 2.09–2.35 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.81–2.95 м (4H, CH<sub>2</sub>), 3.03–3.15 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.15–3.31 м (2H, CH<sub>2</sub>), 6.09 с (2H, CH), 7.42–7.51 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.10 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.6 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, CF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>D),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 21.40 (2CH<sub>2</sub>), 30.42 (2CH<sub>2</sub>), 32.28 (2CH<sub>2</sub>), 39.64 (2CH), 121.91 (2CH<sub>Ar</sub>), 129.91 (2CH<sub>Ar</sub>), 106.84, 123.92, 125.32, 125.43, 129.63, 154.12, 169.46, 173.60, 192.43 (18C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 53.69; Н 3.10; Cl 20.96; N 8.24; S 9.34. C<sub>30</sub>H<sub>20</sub>Cl<sub>4</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Вычислено, %: С 53.42; Н 2.99; Cl 21.03; N 8.31; S 9.51. *M* 674.45.

**8,16-Бис[5-(4-нитрофенил)изоксазол-3-ил]-3,4,8,10,11,12,13,16-окта-гидроакридино[4,3-с]акридин-1,9(2H,5H)-дион (7).** Выход 0.7 г (47%), т. пл. 248–249°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3407, 3311, 2925, 2855, 1604, 1578, 1519, 1492, 1443, 1413, 1384, 1347, 1261, 1191, 1173, 1107, 947, 852, 783, 753, 693. Найдено, %: С 67.79; Н 4.22; N 11.07. C<sub>42</sub>H<sub>30</sub>N<sub>6</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 67.56; Н 4.05; N 11.25. *M* 746.72.

**(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додека-гидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(4,1-фенилен)диизоникотинат (8).** Выход 0.77 г (47%), т. пл. 288–290°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3424, 3288, 3097, 3065, 3031, 2951, 2926, 2868, 1744, 1592, 1518, 1491, 1409, 1381, 1325, 1271, 1196, 1165, 1095, 1062, 1016, 887, 752, 701, 685, 607, 552. Найдено, %: С 76.34; Н 5.57; N 7.06. C<sub>52</sub>H<sub>44</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 76.08; Н 5.40; N 6.82. *M* 820.93.

**(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакри-**

**дино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-метокси-5,1-фенилен)диизоникотинат (9).** Выход 0.92 г (52%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3320, 2952, 2927, 2892, 2863, 2838, 1738, 1596, 1562, 1521, 1507, 1490, 1443, 1414, 1393, 1383, 1325, 1291, 1260, 1217, 1182, 1136, 1120, 1086, 1064, 1037, 893, 800, 765, 700, 688, 593, 555. Найдено, %: С 73.91; Н 5.68; N 6.06. C<sub>54</sub>H<sub>48</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 73.62; Н 5.49; N 6.36. *M* 880.98.

**(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додека-гидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-метокси-4,1-фенилен)диизоникотинат (10).** Выход 1.10 г (62%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3315, 3025, 2957, 2928, 2870, 1752, 1593, 1519, 1487, 1417, 1380, 1324, 1261, 1198, 1150, 1122, 1063, 1028, 827, 752, 701, 602, 553. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 0.97–1.16 м (12H, CH<sub>3</sub>), 2.05–2.15 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.23–2.32 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.58–2.71 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.71–2.81 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.71 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 5.28 с (2H, CH), 6.74–6.81 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.02–7.10 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.17 с (2H<sub>Ar</sub>), 7.43–7.52 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.88–7.96 м (4H<sub>Py</sub>), 8.03–8.12 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.81–8.88 м (4H<sub>Py</sub>), 9.20 д (2H, NH, *J* 12.2 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 27.25 (2CH<sub>3</sub>), 29.96 (2CH<sub>3</sub>), 40.60 (2CH), 40.91 (2CH<sub>2</sub>), 50.80 (2CH<sub>2</sub>), 56.29 (2OCH<sub>3</sub>), 112.25 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.78 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.72 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.95 (2CH<sub>Ar</sub>), 123.46 (4CH<sub>Py</sub>), 128.15 (2CH<sub>Ar</sub>), 151.57 (4CH<sub>Py</sub>), 32.70, 107.68, 121.29, 122.11, 131.69, 136.45, 137.65, 148.49, 150.70, 152.75, 163.56, 194.24 (24C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 73.79; Н 5.61; N 6.17. C<sub>54</sub>H<sub>48</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 73.62; Н 5.49; N 6.36. *M* 880.98.

**(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридина[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-этокси-4,1-фенилен)диизоникотинат (11).** Выход 0.93 г (51%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3312, 3033, 2657, 2926, 2883, 1750, 1588, 1518, 1488, 1422, 1407, 1379, 1324, 1258, 1197, 1148, 1124, 1063, 1039, 1028, 970, 877, 777, 753, 699, 677, 553, 513. Найдено, %: С 74.33; Н 6.05; N 5.96. C<sub>56</sub>H<sub>52</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 73.99; Н 5.77; N 6.16. *M* 908.03.

**8,16-Бис(4,5-дихлоризотиазол-3-ил)-3,3,11,11-тетраметил-3,4,8,10,11,12,13,16-октагидроакридино[4,3-с]акридин-1,9(2H,5H)-дион (12).** Выход 0.68 г (47%), т. пл. >320°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3321, 3249, 3124, 2953, 2926, 2868, 1631,

1591, 1552, 1519, 1498, 1420, 1386, 1338, 1260, 1171, 1150, 1124, 1030, 980, 977, 887, 754, 612, 554. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{CF}_3\text{CO}_2\text{D}$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.08–1.26 м (12Н,  $\text{CH}_3$ ), 2.59–2.80 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.85–3.03 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 6.04 с (2Н, СН), 7.39 д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  7.0 Гц), 8.04 д ( $1\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.7 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{CF}_3\text{CO}_2\text{D}$ ),  $\delta_{\text{C}}$ , м. д.: 28.07 ( $2\text{CH}_3$ ), 28.41 ( $2\text{CH}_3$ ), 39.68 ( $2\text{CH}$ ), 43.83 ( $2\text{CH}_2$ ), 45.82 ( $2\text{CH}_2$ ), 121.88 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 129.94 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 35.01, 105.98, 123.96, 125.24, 125.37, 129.78, 154.08, 169.35, 172.38, 190.97 ( $20\text{C}_{\text{четв}}$ ). Найдено, %: С 56.11; Н 3.98; Cl 19.36; N 7.57; S 8.74.  $\text{C}_{34}\text{H}_{28}\text{Cl}_4\text{N}_4\text{O}_2\text{S}_2$ . Вычислено, %: С 55.90; Н 3.86; Cl 19.41; N 7.67; S 8.78.  $M$  730.55.

**3,3,11,11-Тетраметил-8,16-бис[5-(4-нитрофенил)изоксазол-3-ил]-3,4,8,10,11,12,13,16-октагидроакридино[4,3-с]акридин-1,9(2H,5H)-дион (13).** Выход 0.69 г (43%), т. пл. 229–231°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3424, 3133, 2954, 2924, 2854, 1605, 1578, 1519, 1492, 1443, 1380, 1348, 1314, 1255, 1107, 947, 853, 754, 693. Найдено, %: С 69.04; Н 4.95; N 10.21.  $\text{C}_{46}\text{H}_{38}\text{N}_6\text{O}_8$ . Вычислено, %: С 68.82; Н 4.77; N 10.47.  $M$  802.83.

**Четвертичные соли производных бисакридинов 14–31 (общая методика).** Смесь из 0.2 г соответствующего бис(бензоакридина) **1–5**, **8–11**, **11–13**, 3 мл иодистого алкила (этила или бутила) и 3 мл безводного диметилформамида кипятили при перемешивании в течение 8 ч. Смесь охлаждали, разбавляли 10 мл бензола, выпавший осадок отфильтровывали на стеклянном пористом фильтре и сушили в вакууме при 20–23°C в течение 1 ч. Выход этилиодистых солей составил 42–58%, а бутилиодистых солей – 43–51%.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(3,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этил-пиридин-1-ий)иодид (14).** Выход 0.97 г (45%), т. пл. 296–298°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3204, 3040, 3014, 2929, 2881, 2854, 1748, 1602, 1573, 1514, 1481, 1445, 1412, 1381, 1330, 1314, 1268, 1244, 1216, 1205, 1192, 1175, 1135, 1074, 1048, 993, 969, 919, 897, 864, 855, 785, 774, 762, 745, 680, 587, 532. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.58 т (6Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.3 Гц), 1.82–2.04 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.21–2.33 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.61–2.72 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.88–2.96 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 4.77 к (4Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2 Гц), 5.34 с (2Н, СН), 7.11 д. д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.0, 1.4 Гц), 7.16–7.19 м ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ), 7.19–7.26 м ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ), 7.34

т ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  7.9 Гц), 7.41 д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.8 Гц), 8.09 д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.7 Гц), 8.64 д ( $4\text{H}_{\text{Py}}$ ,  $J$  6.7 Гц), 9.23 с (2Н, NH), 9.34 д ( $4\text{H}_{\text{Py}}$ ,  $J$  6.8 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO}-d_6$ ),  $\delta_{\text{C}}$ , м. д.: 16.96 ( $2\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 21.55 ( $2\text{CH}_2$ ), 27.58 ( $2\text{CH}_2$ ), 37.29 ( $2\text{CH}_2$ ), 40.20 ( $2\text{CH}$ ), 57.58 ( $2\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 116.89 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 119.57 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 120.32 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 126.08 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 128.11 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 128.23 ( $4\text{CH}_{\text{Py}}$ ), 129.96 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 146.57 ( $4\text{CH}_{\text{Py}}$ ), 108.51, 120.77, 122.04, 131.84, 144.11, 150.62, 150.67, 154.62, 161.41, 194.57 ( $20\text{C}_{\text{четв}}$ ). Найдено, %: С 58.27; Н 4.48; I 23.40; N 5.01.  $\text{C}_{52}\text{H}_{46}\text{I}_2\text{N}_4\text{O}_6$ . Вычислено, %: С 58.00; Н 4.31; I 23.57; N 5.20.  $M$  1076.75.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (15).** Выход 1.08 г (50%), т. пл. 280–282°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3279, 3108, 3033, 2928, 2858, 1747, 1621, 1513, 1476, 1412, 1381, 1331, 1263, 1193, 1164, 1095, 1010, 993, 853, 820, 749, 678, 538. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.57 т. д (6Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2, 2.7 Гц), 1.83–2.05 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.20–2.36 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.62–2.78 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.84–2.99 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 4.76 к (4Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2 Гц), 5.30–5.37 с (2Н, СН), 7.15–7.23 м ( $4\text{H}_{\text{Ar}}$ ), 7.30–7.38 м ( $4\text{H}_{\text{Ar}}$ ), 7.42 д. д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.8, 2.4 Гц), 8.10 д. д ( $2\text{H}_{\text{Ar}}$ ,  $J$  8.8, 4.2 Гц), 8.60–8.67 м ( $4\text{H}_{\text{Py}}$ ), 9.25 д (2Н, NH,  $J$  5.4 Гц), 9.32–9.36 м ( $4\text{H}_{\text{Py}}$ ). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO}-d_6$ ),  $\delta_{\text{C}}$ , м. д.: 16.97 ( $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 21.58 ( $2\text{CH}_2$ ), 27.58 ( $2\text{CH}_2$ ), 37.30 ( $2\text{CH}_2$ ), 39.97 ( $2\text{CH}$ ), 57.60 ( $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 116.83 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 121.67 ( $4\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 128.21 ( $4\text{CH}_{\text{Py}}$ ), 128.88 ( $4\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 128.99 ( $2\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 146.65 ( $4\text{CH}_{\text{Py}}$ ), 108.93, 121.12, 122.04, 131.81, 144.02, 147.31, 148.64, 154.49, 161.58, 194.60 ( $20\text{C}_{\text{четв}}$ ). Найдено, %: С 58.25; Н 4.47; I 23.35; N 5.13.  $\text{C}_{52}\text{H}_{46}\text{I}_2\text{N}_4\text{O}_6$ . Вычислено, %: С 58.00; Н 4.31; I 23.57; N 5.20.  $M$  1076.75.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-метокси-5,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (16).** Выход 0.95 г (42%), т. пл. 307–309°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3250, 3058, 3005, 2931, 2761, 1753, 1605, 1515, 1487, 1416, 1386, 1332, 1289, 1270, 1205, 1180, 1133, 1115, 1088, 1051, 1025, 997, 781, 752, 681, 547. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO}-d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.58 т (6Н,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ), 1.81–1.94 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.05–1.94 м (2Н,  $\text{CH}_2$ ), 2.21–2.35 м (4Н,  $\text{CH}_2$ ),

2.61–2.76 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.83–2.95 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.68 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.77 к (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.1 Гц), 5.28 с (2H, CH), 7.04–7.12 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.17 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.5, 1.8 Гц), 7.35–7.43 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.03–8.11 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.64 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.5 Гц), 9.21 с (2H, NH), 9.34 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.6 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 16.90 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.58 (2CH<sub>2</sub>), 27.58 (2CH<sub>2</sub>), 37.43 (2CH<sub>2</sub>), 39.37 (2CH), 56.57 (2OCH<sub>3</sub>), 57.64 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.40 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.82 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.44 (2CH<sub>Ar</sub>), 126.88 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.16 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.28 (4CH<sub>Py</sub>), 146.85 (4CH<sub>Py</sub>), 108.85, 121.03, 121.99, 131.82, 138.89, 141.79, 143.15, 148.91, 154.35, 160.80, 194.62 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 57.29; Н 4.56; I 22.26; N 4.81. C<sub>54</sub>H<sub>50</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 57.05; Н 4.43; I 22.33; N 4.93. *M* 1136.82.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-гидрокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (17).** Выход 1.04 г (47%), т. пл. 289–290°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3247, 3117, 3059, 2952, 2872, 2854, 1756, 1616, 1574, 1514, 1485, 1453, 1415, 1383, 1333, 1269, 1195, 1174, 1132, 1091, 1026, 996, 968, 855, 779, 751, 679, 538. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 1.57 т (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.88–1.97 м (2H, CH<sub>2</sub>), 1.97–2.05 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.23–2.38 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.62–2.75 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.91–2.99 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.34 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.76 к (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2 Гц), 5.33 с (2H, 2CH), 6.77 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.3, 1.6 Гц), 7.13 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.3 Гц), 7.23 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 1.7 Гц), 7.52 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8 Гц), 8.08 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.9 Гц), 8.64 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.7 Гц), 9.25 с (2H, NH), 9.34 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.8 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 16.90 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.65 (2CH<sub>2</sub>), 27.58 (2CH<sub>2</sub>), 37.34 (2CH<sub>2</sub>), 40.19 (2CH), 56.43 (2OCH<sub>3</sub>), 57.64 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 112.42 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.82 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.68 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.77 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.08 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.26 (4CH<sub>Py</sub>), 146.93 (4CH<sub>Py</sub>), 108.58, 121.10, 122.02, 131.70, 137.20, 143.11, 148.71, 150.38, 154.67, 161.05, 194.66 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 57.44; Н 4.36; I 22.13; N 4.89. C<sub>54</sub>H<sub>50</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 57.05; Н 4.43; I 22.33; N 4.93. *M* 1136.82.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридино-8,16-диил)-бис(2-этокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (18).** Выход 1.19 г (51%), т. пл. 262–264°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3280, 3130, 3067, 2975, 2926, 2867, 1752,

1618, 1515, 1483, 1415, 1382, 1329, 1263, 1190, 1169, 1118, 1089, 1035, 993, 968, 879, 790, 750, 677, 659, 535. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 1.19 т (6H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.0 Гц), 1.57 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.86–2.08 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.22–2.35 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.61–2.78 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.90–3.00 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.97–4.11 м (4H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 4.75 к (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2 Гц), 5.31 с (2H, CH), 6.76 т. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.4, 1.5 Гц), 7.07–7.15 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.21 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 4.5, 1.5 Гц), 7.47–7.53 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.05–8.12 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.62 т (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.6 Гц), 9.26 д (2H, NH, *J* 6.9 Гц), 9.31–9.36 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 15.08 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 16.86 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.72 (2CH<sub>2</sub>), 27.65 (2CH<sub>2</sub>), 37.39 (2CH<sub>2</sub>), 40.23 (2CH), 57.76 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 64.68 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.58 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.87 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.72 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.77 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.19 (4CH<sub>Py</sub>), 128.94 (2CH<sub>Ar</sub>), 147.00 (4CH<sub>Py</sub>), 108.68, 121.22, 122.08, 131.74, 137.63, 143.28, 148.68, 149.61, 154.81, 161.16, 194.84 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 57.90; Н 4.80; I 21.62; N 4.72. C<sub>56</sub>H<sub>54</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 57.74; Н 4.67; I 21.79; N 4.81. *M* 1164.96.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (19).** Выход 1.16 г (51%), т. пл. 263–265°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3281, 3092, 3032, 2928, 2868, 1748, 1622, 1516, 1477, 1415, 1380, 1333, 1272, 1253, 1193, 1159, 1095, 1011, 893, 765, 678, 660, 557. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 0.95–1.01 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.04–1.11 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.56 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2, 2.9 Гц), 2.02–2.12 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.25 д. д (2H, CH<sub>2</sub>, *J* 15.9, 5.7 Гц), 2.59–2.79 м (4H, CH<sub>2</sub>), 4.75 к (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.0 Гц), 5.30 с (2H, CH), 7.19 т (4H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8 Гц), 7.33 д. д (4H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8, 3.0 Гц), 7.39 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.9 Гц), 8.08 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8, 3.7 Гц), 8.59–8.67 м (4H<sub>Py</sub>), 9.18 д (2H, NH, *J* 4.5 Гц), 9.30–9.36 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 16.96 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.22 (2CH<sub>3</sub>), 29.69 (2CH<sub>3</sub>), 40.08 (2CH), 40.87 (2CH<sub>2</sub>), 50.78 (2CH<sub>2</sub>), 57.60 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 116.83 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.63 (4CH<sub>Ar</sub>), 128.20 (4CH<sub>Py</sub>), 128.88 (4CH<sub>Ar</sub>), 128.95 (2CH<sub>Ar</sub>), 146.67 (4CH<sub>Py</sub>), 32.76, 107.80, 121.13, 122.10, 131.86, 144.05, 147.35, 148.64, 152.56, 161.55, 194.15 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.57; Н 5.02; I 22.17; N 4.78. C<sub>56</sub>H<sub>54</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 59.37; Н 4.80; I 22.40; N 4.95. *M* 1132.86.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-метокси-5,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (20).** Выход 1.1 г (46%), т. пл. 264–266°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3242, 3117, 3067, 3009, 2955, 2926, 1754, 1605, 1587, 1515, 1489, 1465, 1412, 1390, 1385, 1336, 1289, 1271, 1208, 1171, 1149, 1132, 1115, 1092, 1026, 974, 790, 766, 684, 660, 590, 551. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.99 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.06 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.58 т (6H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2 Гц), 2.04–2.12 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.24 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.0 Гц), 2.60 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  16.8 Гц), 2.68–2.75 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.68 с (6H,  $\text{OCH}_3$ ), 4.75 к (4H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2 Гц), 5.24 с (2H,  $\text{CH}$ ), 7.06 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.6 Гц), 7.10 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  1.7 Гц), 7.16 дд (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.5, 1.5 Гц), 7.35 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8 Гц), 8.06 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8 Гц), 8.64 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.5 Гц), 9.10–9.17 м (2H,  $\text{NH}$ ), 9.34 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.6 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 16.88 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.42 (2CH<sub>3</sub>), 29.65 (2CH<sub>3</sub>), 39.61 (2CH), 40.90 (2CH<sub>2</sub>), 50.80 (2CH<sub>2</sub>), 56.52 (2OCH<sub>3</sub>), 57.63 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.32 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.80 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.48 (2CH<sub>Ar</sub>), 126.84 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.20 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.26 (4CH<sub>Py</sub>), 146.87 (4CH<sub>Py</sub>), 32.73, 107.72, 121.02, 122.03, 131.82, 138.85, 141.87, 143.09, 148.88, 152.39, 160.81, 194.17 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 58.65; Н 5.05; I 21.14; N 4.56. C<sub>58</sub>H<sub>58</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 58.40; Н 4.90; I 21.28; N 4.70. *M* 1192.91.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-гидрокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (21).** Выход 1.21 г (52%), т. пл. 180–182°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3284, 3113, 3009, 2929, 2866, 1751, 1620, 1517, 1483, 1415, 1380, 1331, 1274, 1194, 1180, 1148, 1121, 1093, 1024, 866, 764, 752, 681, 554. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.98–1.05 м (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.05–1.13 м (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.57 т. д (6H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2, 2.6 Гц), 2.05–2.14 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.22–2.32 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.60–2.70 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 2.74–2.81 м (2H,  $\text{CH}_2$ ), 3.73 с (6H,  $\text{OCH}_3$ ), 4.70–4.80 к (4H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.2 Гц), 5.29 с (2H,  $\text{CH}$ ), 6.81 д. т (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  2.0 Гц), 7.10–7.16 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.19–7.24 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.48 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8, 5.6 Гц), 8.08 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8, 2.9 Гц), 8.63 т (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.3 Гц), 9.19 д (2H,  $\text{NH}$ ,  $J$  6.8 Гц), 9.32–9.38 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,

$\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 16.81 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.13 (2CH<sub>3</sub>), 29.89 (2CH<sub>3</sub>), 40.58 (2CH), 40.87 (2CH<sub>2</sub>), 50.74 (2CH<sub>2</sub>), 56.41 (2OCH<sub>3</sub>), 57.62 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 112.37 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.80 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.78 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.70 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.12 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.18 (4CH<sub>Py</sub>), 146.89 (4CH<sub>Py</sub>), 32.66, 107.58, 121.16, 122.06, 131.63, 137.16, 143.05, 148.91, 150.34, 152.76, 160.95, 194.18 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 57.98; Н 4.85; I 21.58; N 4.64. C<sub>56</sub>H<sub>54</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 57.74; Н 4.67; I 21.79; N 4.81. *M* 1164.86.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-этокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-этилпиридин-1-ий)иодид (22).** Выход 1.2 г (49%), т. пл. 255–257°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3281, 3113, 3060, 2955, 2927, 2869, 1752, 1622, 1518, 1482, 1416, 1380, 1331, 1270, 1190, 1148, 1119, 1092, 1036, 962, 886, 864, 806, 771, 740, 679, 660, 600, 553. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.02 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.07 с (6H,  $\text{CH}_3$ ), 1.18 т (6H,  $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.0 Гц), 1.58 т (6H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.3 Гц), 2.09 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  6.0 Гц), 2.26 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  6.0), 2.61 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  6.8 Гц), 2.76 д (2H,  $\text{CH}_2$ ,  $J$  7.0 Гц), 3.97–4.05 м (4H,  $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ), 4.74 к (4H,  $\text{NCH}_2\text{CH}_3$ ,  $J$  7.3 Гц), 5.27 с (2H,  $\text{CH}$ ), 6.78 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.3, 1.3 Гц), 7.13 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.3 Гц), 7.18 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  1.3 Гц), 7.47 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.9 Гц), 8.06 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.9 Гц), 8.62 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.6 Гц), 9.20 с (2H,  $\text{NH}$ ), 9.32 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.8 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125 МГц,  $\text{DMCO-}d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 15.11 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 16.85 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.38 (2CH<sub>3</sub>), 29.82 (2CH<sub>3</sub>), 40.50 (2CH), 40.95 (2CH<sub>2</sub>), 50.85 (2CH<sub>2</sub>), 57.77 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 64.72 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.57 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.88 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.76 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.73 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.19 (4CH<sub>Py</sub>), 128.95 (4CH<sub>Py</sub>), 147.00 (4CH<sub>Py</sub>), 32.80, 107.63, 121.25, 122.14, 131.76, 137.67, 143.30, 148.87, 149.66, 152.93, 161.13, 194.42 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.29; Н 5.27; I 20.62; N 4.41. C<sub>60</sub>H<sub>62</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 59.02; Н 5.12; I 20.79; N 4.59. *M* 1220.97.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(3,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (23).** Выход 0.97 г (43%), т. пл. 268–270°C. ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ : 3253, 3059, 2925, 2871, 1748, 1603, 1518, 1486, 1417, 1384, 1329, 1268, 1211, 1143, 1090, 995, 897, 867, 792, 679, 535. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,

ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.95 т (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.4 Гц), 1.27–1.38 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.87–1.98 м (6H, CH<sub>2</sub> + 2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.98–2.06 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.23–2.38 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.63–2.73 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.87–2.97 м (2H, CH<sub>2</sub>), 4.76 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.3 Гц), 5.37 с (2H, CH), 7.13 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.0, 1.4 Гц), 7.18 т (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  1.7 Гц), 7.22–7.28 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.37 т (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  7.9 Гц), 7.40–7.46 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.10 д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8 Гц), 8.68 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.7 Гц), 9.22–9.27 м (2H, NH), 9.35 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.8 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta_C$ , м. д.: 13.87 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.26 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.55 (2CH<sub>2</sub>), 27.57 (2CH<sub>2</sub>), 33.34 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 37.29 (2CH<sub>2</sub>), 40.18 (2CH), 61.65 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 116.87 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.58 (2CH<sub>Ar</sub>), 120.33 (2CH<sub>Ar</sub>), 126.12 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.13 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.30 (4CH<sub>Py</sub>), 129.97 (2CH<sub>Ar</sub>), 146.75 (4CH<sub>Py</sub>), 108.54, 120.76, 122.06, 131.88, 144.22, 150.64, 150.67, 154.60, 161.40, 194.58 (20C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.54; Н 4.92; I 22.17; N 4.80. C<sub>56</sub>H<sub>54</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 59.37; Н 4.80; I 22.40; N 4.95.  $M$  1132.86.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (24).** Выход 1.04 г (46%), т. пл. 230–232°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3279, 3106, 3031, 2956, 2929, 2870, 1750, 1615, 1578, 1513, 1483, 1413, 1383, 1332, 1273, 1195, 1167, 1092, 1051, 995, 854, 820, 757, 681, 536. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.90 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.3, 2.6 Гц), 1.25–1.35 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.83–1.96 м (6H, CH<sub>2</sub> + 2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.96–2.05 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.20–2.36 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.62–2.76 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.88–2.98 м (2H, CH<sub>2</sub>), 4.73 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.2 Гц), 5.30–5.34 с (2H, CH), 7.15–7.22 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.31–7.35 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.40 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8, 3.6 Гц), 8.08 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  8.8, 3.3 Гц), 8.59–8.66 м (4H<sub>Py</sub>), 9.24–9.29 м (2H, NH), 9.29–9.35 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta_C$ , м. д.: 13.93 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.32 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.64 (CH<sub>2</sub>), 27.64 (CH<sub>2</sub>), 33.37 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 37.33 (CH<sub>2</sub>), 40.35 (2CH), 61.77 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 116.90 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.75 (4CH<sub>Ar</sub>), 128.32 (4CH<sub>Py</sub>), 128.95 (4CH<sub>Ar</sub>), 129.04 (2CH<sub>Ar</sub>), 146.84 (4CH<sub>Py</sub>), 108.99, 121.24, 122.10, 131.83, 144.15, 147.37, 148.72, 154.68, 161.62, 194.76 (20C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.56; Н

4.97; I 22.12; N 4.82. C<sub>56</sub>H<sub>54</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 59.37; Н 4.80; I 22.40; N 4.95.  $M$  1132.86.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-метокси-5,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (25).**

Выход 1.12 г (47%), т. пл. 243–245°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3274, 3111, 3055, 2932, 2871, 2837, 2754, 1754, 1610, 1512, 1482, 1414, 1382, 1331, 1265, 1205, 1193, 1173, 1130, 1114, 1085, 1018, 995, 785, 755, 682, 537. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.92 т (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.4 Гц), 1.25–1.39 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.80–2.06 м (8H, 2CH<sub>2</sub> + 2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.17–2.36 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.60–2.70 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.83–2.95 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.68 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.73 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.1 Гц), 5.28 с (2H, 2CH), 7.03–7.11 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.14–7.20 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.35–7.42 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.01–8.11 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.65 д (4H<sub>Py</sub>,  $J$  6.5 Гц), 9.21 уш. с (2H, 2NH), 9.29–9.37 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta_C$ , м. д.: 13.89 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.29 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.57 (2CH<sub>2</sub>), 27.57 (2CH<sub>2</sub>), 33.31 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 37.32 (2CH<sub>2</sub>), 39.36 (2CH), 56.54 (2OCH<sub>3</sub>), 61.71 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.39 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.81 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.43 (2CH<sub>Ar</sub>), 126.89 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.16 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.34 (4CH<sub>Py</sub>), 147.00 (4CH<sub>Py</sub>), 108.86, 121.00, 121.99, 131.83, 138.87, 141.78, 143.2, 148.92, 154.33, 160.77, 194.60 (22C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 58.65; Н 5.06; I 21.12; N 4.54. C<sub>58</sub>H<sub>58</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 58.40; Н 4.90; I 21.28; N 4.70.  $M$  1192.93.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-гидрокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (26).**

Выход 1.19 г (50%), т. пл. 230–232°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3275, 3109, 3029, 2931, 2873, 1755, 1615, 1511, 1484, 1415, 1383, 1331, 1272, 1195, 1121, 1088, 1028, 995, 878, 757, 682, 536. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 0.92 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.2, 2.5 Гц), 1.26–1.37 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.87–1.98 м (6H, CH<sub>2</sub> + 2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.98–2.07 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.25–2.38 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.64–2.79 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.90–3.00 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.71–3.78 м (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.73 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,  $J$  7.0 Гц), 5.33 с (2H, CH), 6.74–6.81 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.07–7.16 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.24 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$  11.9, 1.6 Гц), 7.49–7.56 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.09 д. д (2H<sub>Ar</sub>,  $J$

8.8, 3.0 Гц), 8.60–8.68 м (4H<sub>Py</sub>), 9.26 д (2H, 2NH, *J* 5.0 Гц), 9.29–9.36 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 13.88 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.28 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 21.65 (2CH<sub>2</sub>), 27.59 (2CH<sub>2</sub>), 33.32 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 37.33 (2CH<sub>2</sub>), 40.18 (2CH), 56.44 (2OCH<sub>3</sub>), 61.73 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 112.42 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.82 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.68 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.77 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.31 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.88 (4CH<sub>Py</sub>), 147.08 (4CH<sub>Py</sub>), 108.58, 121.12, 122.03, 131.70, 137.19, 143.15, 148.90, 150.35, 154.69, 161.02, 194.66 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 58.61; Н 5.07; I 21.04; N 4.53. C<sub>58</sub>H<sub>58</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 58.40; Н 4.90; I 21.28; N 4.70. *M* 1192.93.

**4,4'-(1,9-Диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)-бис(2-этокси-4,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (27).** Выход 1.14 г (51%), т. пл. 196–198°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3283, 2958, 2928, 2870, 2749, 1759, 1680, 1620, 1602, 1577, 1505, 1456, 1382, 1332, 1266, 1190, 1117, 1076, 1037, 995, 756, 681. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 0.91 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.3, 2.6 Гц), 1.18 т. д (6H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.0, 1.0 Гц), 1.26–1.36 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.87–1.96 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.96–2.05 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.25–2.34 м (4H, CH<sub>2</sub>), 2.62–2.72 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.88–2.98 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.97–4.09 м (4H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 4.71 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2 Гц), 5.30 с (2H, CH), 6.75 т. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.5, 1.5 Гц), 7.06–7.13 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.20 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 4.8, 1.6 Гц), 7.46–7.52 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.06 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.9, 2.1 Гц), 8.62 т (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.7 Гц), 9.23–9.28 м (2H, 2NH), 9.30–9.35 м (4H<sub>Py</sub>). Найдено, %: С 59.25; Н 5.27; I 20.52; N 4.45. C<sub>60</sub>H<sub>62</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 59.02; Н 5.12; I 20.79; N 4.59. *M* 1120.97.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(4,1-фенилен)-бис(окси)-бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (28).** Выход 1.09 г (46%), т. пл. 233–235°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3290, 3105, 3030, 2957, 2929, 2869, 1748, 1661, 1614, 1594, 1516, 1485, 1416, 1380, 1332, 1274, 1200, 1166, 1093, 1017, 888, 759, 680, 555. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 0.91 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.3, 2.5 Гц), 0.96–1.01 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.09–1.11 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.26–1.35 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>),

1.87–1.98 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.02–2.11 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.25 д. д (2H, CH<sub>2</sub>, *J* 15.8, 5.0 Гц), 2.58–2.69 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.70–2.79 м (2H, CH<sub>2</sub>), 4.73 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2 Гц), 5.30 с (2H, CH), 7.19 т (4H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8 Гц), 7.30–7.37 м (4H<sub>Ar</sub>), 7.39 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.6 Гц), 8.07 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.7, 3.4 Гц), 8.60–8.68 м (4H<sub>Py</sub>), 9.18 д (2H, NH, *J* 5.2 Гц), 9.30–9.36 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 13.87 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.26 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.23 (2CH<sub>3</sub>), 29.86 (2CH<sub>3</sub>), 33.32 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 40.08 (2CH), 40.86 (2CH<sub>2</sub>), 50.76 (2CH<sub>2</sub>), 61.67 (NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 116.81 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.63 (4CH<sub>Ar</sub>), 128.24 (4CH<sub>Py</sub>), 128.87 (4CH<sub>Ar</sub>), 128.94 (2CH<sub>Ar</sub>), 146.82 (4CH<sub>Py</sub>), 32.71, 107.79, 121.12, 122.10, 131.85, 144.10, 147.34, 148.64, 152.55, 161.51, 194.16 (2C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 60.78; Н 5.39; I 21.15; N 4.52. C<sub>60</sub>H<sub>62</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Вычислено, %: С 60.61; Н 5.26; I 21.35; N 4.71. *M* 1188.97.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-метокси-5,1-фенилен)бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (29).** Выход 1.27 г (51%), т. пл. 301–303°C. ИК спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 3443, 3382, 3308, 3229, 3110, 3056, 3026, 2954, 2927, 2865, 1750, 1610, 1514, 1488, 1463, 1419, 1383, 1327, 1262, 1202, 1132, 1114, 1081, 1020, 897, 767, 683, 613, 550. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ, м. д.: 0.92 т (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.4 Гц), 0.95–1.02 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.02–1.09 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.27–1.37 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.88–1.97 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.04–2.12 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.20–2.28 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.55–2.71 м (4H, CH<sub>2</sub>), 3.68 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.72 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.3 Гц), 5.24 с (2H, CH), 7.06 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.7 Гц), 7.09 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 2.1 Гц), 7.15 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.6, 2.0 Гц), 7.32–7.39 м (2H<sub>Ar</sub>), 8.05 д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8 Гц), 8.65 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.7 Гц), 9.14 уш. с (2H, 2NH), 9.32 д (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.7 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>), δ<sub>C</sub>, м. д.: 13.89 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.29 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.42 (2CH<sub>3</sub>), 29.66 (2CH<sub>3</sub>), 33.32 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 39.60 (2CH), 40.89 (2CH<sub>2</sub>), 50.80 (2CH<sub>2</sub>), 56.50 (2OCH<sub>3</sub>), 61.71 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.32 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.79 (2CH<sub>Ar</sub>), 121.49 (2CH<sub>Ar</sub>), 126.86 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.24 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.34 (4CH<sub>Py</sub>), 147.03 (4CH<sub>Py</sub>), 32.74, 107.74, 121.00, 122.04, 131.86, 138.84, 141.86, 143.16,

148.91, 152.38, 160.80, 194.19 (24C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.84; Н 5.57; I 20.14; N 4.23. C<sub>62</sub>H<sub>66</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 59.62; Н 5.33; I 20.32; N 4.49. *M* 1249.02.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-гидрокси-4,1-фенилен)-бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (30).** Выход 1.2 г (48%), т. пл. 232–234°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3274, 3109, 3009, 2956, 2928, 2868, 1755, 1604, 1511, 1483, 1415, 1380, 1331, 1270, 1197, 1149, 1121, 1087, 1026, 883, 761, 682, 605, 552. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 0.91 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.3, 2.2 Гц), 0.99–1.05 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.06–1.13 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.26–1.38 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.87–1.97 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.05–2.14 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.28 д. д (2H, CH<sub>2</sub>, *J* 15.8, 4.7 Гц), 2.59–2.72 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.72–2.81 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.73 с (6H, OCH<sub>3</sub>), 4.73 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.0 Гц), 5.29 с (2H, CH), 6.79–6.81 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.09–7.17 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.18–7.24 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.49 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.6, 6.0 Гц), 8.07 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8, 3.2 Гц), 8.64 т (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.2 Гц), 9.20 д (2H, NH, *J* 5.2 Гц), 9.29–9.38 м (4H<sub>Py</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 13.88 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.28 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.19 (2CH<sub>3</sub>), 29.95 (2CH<sub>3</sub>), 33.30 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 40.83 (2CH), 40.89 (2CH<sub>2</sub>), 50.76 (2CH<sub>2</sub>), 56.41 (2OCH<sub>3</sub>), 61.74 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 112.41 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.81 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.69 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.73 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.15 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.29 (4CH<sub>Py</sub>), 147.08 (4CH<sub>Py</sub>), 32.75, 107.60, 121.18, 122.10, 131.68, 137.18, 143.15, 148.96, 150.38, 152.80, 160.97, 194.23 (24C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 59.82; Н 5.40; I 20.17; N 4.27. C<sub>62</sub>H<sub>66</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 59.62; Н 5.33; I 20.32; N 4.49. *M* 1249.02.

**4,4'-(3,3,11,11-Тетраметил-1,9-диоксо-1,2,3,4,5,8,9,10,11,12,13,16-додекагидроакридино[4,3-с]акридин-8,16-диил)бис(2-этокси-4,1-фенилен)-бис(окси)бис(карбонил)бис(1-бутилпиридин-1-ий)иодид (31).** Выход 1.12 г (44%), т. пл. 248–250°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3268, 3105, 3059, 3033, 2956, 2930, 2871, 1753, 1625, 1518, 1481, 1415, 1381, 1332, 1271, 1191, 1149, 1121, 1089, 1040, 887, 760, 679, 554. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 0.91 т. д (6H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,

*J* 7.4, 2.3 Гц), 0.97–1.05 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.05–1.12 м (6H, CH<sub>3</sub>), 1.18 т. д (6H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.0, 3.0 Гц), 1.26–1.37 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 1.88–1.98 м (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 2.08 д. д (2H, CH<sub>2</sub>, *J* 15.8, 9.5 Гц), 2.27 д. д (2H, CH<sub>2</sub>, *J* 16.0, 5.4 Гц), 2.59–2.71 м (2H, CH<sub>2</sub>), 2.72–2.79 м (2H, CH<sub>2</sub>), 3.97–4.05 м (4H, OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 4.72 т (4H, NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, *J* 7.2 Гц), 5.27 с (2H, CH), 6.78 д. т (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.4, 1.5 Гц), 7.08–7.15 м (2H<sub>Ar</sub>), 7.19 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 9.0, 1.5 Гц), 7.46 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8, 4.7 Гц), 8.06 д. д (2H<sub>Ar</sub>, *J* 8.8, 2.3 Гц), 8.63 т (4H<sub>Py</sub>, *J* 6.2 Гц), 9.20 д (2H, NH, *J* 5.9 Гц), 9.32 д. д (4H<sub>Py</sub>, *J* 5.7, 1.2 Гц). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (125 МГц, ДМСО-*d*<sub>6</sub>),  $\delta$ <sub>C</sub>, м. д.: 13.95 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 15.10 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 19.38 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 27.39 (2CH<sub>3</sub>), 30.00 (2CH<sub>3</sub>), 33.32 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 40.50 (2CH), 40.94 (2CH<sub>2</sub>), 50.82 (2CH<sub>2</sub>), 61.85 (2NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 64.70 (2OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>), 113.57 (2CH<sub>Ar</sub>), 116.86 (2CH<sub>Ar</sub>), 119.75 (2CH<sub>Ar</sub>), 122.73 (2CH<sub>Ar</sub>), 128.24 (4CH<sub>Py</sub>), 128.94 (4CH<sub>Ar</sub>), 147.17 (4CH<sub>Py</sub>), 33.80, 107.69, 121.29, 122.16, 131.75, 137.66, 143.34, 148.90, 149.66, 152.90, 161.08, 194.40 (24C<sub>четв</sub>). Найдено, %: С 60.37; Н 5.65; I 19.65; N 4.26. C<sub>64</sub>H<sub>70</sub>I<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Вычислено, %: С 60.19; Н 5.52; I 19.87; N 4.39. *M* 1277.07.

**Общая методика синтеза комплексов палладия с бисакридинами L<sup>1</sup>PdCl<sub>2</sub>–L<sup>3</sup>PdCl<sub>2</sub>.** К 0.1 ммоль соответствующего бисакридина L<sup>1</sup>–L<sup>3</sup> прибавляли 10 мл метанола и 1 мл (0.1 ммоль) 0.1 М раствора Na<sub>2</sub>PdCl<sub>4</sub> в метаноле. Полученную смесь кипятили 15 мин при интенсивном перемешивании. За это время характерная красно-коричневая окраска раствора Na<sub>2</sub>PdCl<sub>4</sub> переходила в желто-оранжевую, а цвет осадка изменялся со светло-коричневого на оранжевый. Анализ реакционной смеси через 15 мин методом ТСХ (элюент – диэтиловый эфир–метанол, 1:0.1) показал отсутствие исходных лигандов. После удаления растворителя, промывки остатка водой, метанолом и высушивания при комнатной температуре получали ожидаемые комплексы LPdCl<sub>2</sub>.

**Комплекс L<sup>1</sup>PdCl<sub>2</sub>.** Выход 0.0842 г (84%), светло-оранжевый порошок, т. пл. 252°C (разл.). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3305, 2952, 2879, 2841, 1755, 1595, 1516, 1493, 1419, 1409, 1385, 1325, 1267, 1199, 1177, 1118, 1061, 1031, 1993, 768, 754, 700, 678. Найдено, %: С 60.13; Н 4.14; N 5.48; Pd 10.51. C<sub>50</sub>H<sub>40</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>8</sub>Pd. Вычислено, %: С 59.92; Н 4.02; Cl 7.07; N 5.59; Pd 10.62. *M* 1002.21.

**Комплекс  $L^2PdCl_2$ .** Выход 0.0822 г (89%), оранжевый порошок, т. пл. 266°C (разл.). ИК спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 3406, 3326, 3112, 2951, 2889, 1605, 1579, 1520, 1489, 1444, 1413, 1386, 1348, 1264, 1195, 1185, 1173, 1108, 998, 948, 853, 787, 754, 693. Найдено, %: С 54.73; Н 3.29; N 9.22; Pd 11.63.  $C_{42}H_{30}Cl_2N_6O_8Pd$ . Вычислено, %: С 54.59; Н, 3.27; Cl 7.67; N 9.09; Pd 11.52. *M* 924.06.

**Комплекс  $L^3PdCl_2$ .** Выход 0.0923 г (87%), светло-оранжевый порошок, т. пл. 243°C (разл.). ИК спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 3310, 2956, 2871, 2841, 1750, 1594, 1517, 1483, 1417, 1381, 1336, 1324, 1270, 1199, 1183, 1151, 1123, 1093, 1084, 1036, 1028, 887, 752, 701, 603, 553. Спектр ЯМР  $^1H$  (400 МГц, ДМФА- $d_7$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.07–1.11 м (12H,  $CH_3$ ), 2.12–2.16 м (2H,  $CH_2$ ), 2.30–2.36 м (2H,  $CH_2$ ), 2.73–2.86 м (4H,  $CH_2$ ), 3.76 д (6H,  $OCH_3$ ), 5.37 с (2H, CH), 6.91 д (2H,  $CH_{Ar}$ ,  $J$  8.2 Гц), 7.14 т (2H,  $CH_{Ar}$ ,  $J$  8.0 Гц), 7.28 с (2H,  $CH_{Ar}$ ), 7.52 д (2H,  $CH_{Ar}$ ,  $J$  8.7 Гц), 7.98–8.00 м (4H,  $CH_{Py}$ ), 8.18 д (2H,  $CH_{Ar}$ ,  $J$  8.4 Гц), 8.88–8.91 т. д (4H,  $CH_{Py}$ ,  $J$  4.5, 1.6 Гц), 9.33 д (2H, NH,  $J$  13.0 Гц). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц, ДМФА- $d_7$ ),  $\delta_C$ , м. д.: 26.99 ( $CH_3$ ), 27.09 ( $CH_3$ ), 29.50 ( $CH_3$ ), 29.56 ( $CH_3$ ), 32.71 ( $CMe_2$ ), 32.76 ( $CMe_2$ ), 41.1 (2CH), 41.19 ( $CH_2$ ), 41.29 ( $CH_2$ ), 51.0 (2 $CH_2CO$ ), 56.1 (2 $CH_3O$ ), 108.3 (2 $C_{Ar}$ ), 112.5 (2 $CH_{Ar}$ ), 116.6 (2 $CH_{Ar}$ ), 119.92 ( $CH_{Ar}$ ), 119.97 ( $CH_{Ar}$ ), 121.61 ( $CH_{Ar}$ ), 121.74 ( $CH_{Ar}$ ), 122.03 ( $CH_{Ar}$ ), 122.74 ( $CH_{Ar}$ ), 122.63 ( $CH_{Ar}$ ), 123.02 ( $C_{Ar}$ ), 123.6 (4 $CH_{Py}$ ), 128.4 (2 $C_{Ar}$ ), 132.03 ( $C_{Py}$ ), 132.10 ( $C_{Py}$ ), 137.0 (2 $CH_{Ar}$ ), 138.1 (2 $C_{Ar}$ ), 149.01 ( $C_{Ar}$ ), 149.04 ( $C_{Ar}$ ), 151.2 (2CNH), 151.66 (4 $CH_{Py}$ ), 152.85 ( $C_{Ar}COMe$ ), 152.91 ( $C_{Ar}COMe$ ), 163.8 (2 $CO_2$ ), 194.5 (2CO). Найдено, %: С 61.41; Н 4.68; N 5.38; Pd 10.18.  $C_{54}H_{48}Cl_2N_4O_8Pd$ . Вычислено, %: С 61.29; Н 4.57; Cl 6.70; N 5.29; Pd 10.06. *M* 1058.32.

**Тестирование комплексов палладия с бисакридиновыми лигандами  $L^1PdCl_2$ – $L^3PdCl_2$  в реакция Сузуки.** К смеси 0.6 ммоль арилборной кислоты, 0.5 ммоль арилбромида и 1.25 ммоль  $K_2CO_3$  в 5 мл  $H_2O$  добавляли 0.1–0.01 мол%  $L^iPdCl_2$ . Реакционную смесь интенсивно перемешивали при соответствующей температуре (табл. 1). Ход реакций контролировали методом ТСХ (элюент – гексан– $Et_2O$ , 3:1) с применением калибровочных растворов соответствующего биарила и арилбромида (при мольном соотношении 1:1 и 9:1). Выход продукта определяли методом ЯМР  $^1H$  в присутствии тетрахлорэтана (0.5 ммоль) в

качестве внутреннего стандарта. Для выделения продукта кросс-сочетания реакционную смесь разбавляли водой, нагревали, фильтровали, затем добавляли 10–15 об% этилового спирта, нагревали до ~50°C и медленно подкисляли 5%-ной HCl до pH 2–3 при перемешивании. В итоге получали хорошо фильтрующийся осадок, и без применения хроматографических методов получали аналитически чистые образцы продуктов кросс-сочетания.

**4'-Метокси-[1,1'-бифенил]-3-карбоновая кислота (13).** Выход 0.11 г (96%), белый кристаллический порошок, т. пл. 203–204°C (т. пл. 202–203°C [13]). Спектр ЯМР  $^1H$  (400 МГц, ДМСO- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 3.83 с (3H, MeO), 7.05 д. д (2H,  $H^{3',5'}$ ,  $J$  6.8, 2.1 Гц), 7.56 т (1H,  $H_{Ar}$ ,  $J$  7.7 Гц), 7.66 д. д (2H,  $H^{2',6'}$ ,  $J$  6.8, 2.1 Гц), 7.83–7.94 м (2H,  $H_{Ar}$ ), 8.11 д. д (1H,  $H^4$ ,  $J$  7.8, 2.0 Гц), 13.12 уш. с (1H, COOH). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц, ДМСO- $d_6$ ),  $\delta_C$ , м. д.: 54.3 (MeO), 114.0, 127.2, 127.4, 127.6, 128.5, 130.6, 131.0, 132.4, 141.0, 159.7, 168.5 (COOH). Найдено, %: С 73.64; Н 5.37.  $C_{14}H_{12}O_3$ . Вычислено, %: С 73.67; Н 5.30.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дикусар Евгений Анатольевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3868-1871>

Акишина Екатерина Александровна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0803-8623>

Петкевич Сергей Константинович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-3208>

Жуковская Нелия Александровна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2795-4261>

Алексеев Роман Сергеевич, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3714-0379>

Бумагин Николай Александрович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8371-900X>

Шахаб Сиамак Насер, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9019-6304>

Филиппович Людмила Николаевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2623-1590>

Поткин Владимир Иванович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0250-837X>

#### ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаменталь-

ных исследований (грант 20-58-00005-Бел а) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант X20P-017).

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cookson J.C., Heald R.A., Stevens M.F.G. // *J. Med. Chem.* 2005. Vol. 48. N 23. P. 7198. doi 10.1021/jm058031y
2. Cheng M.-K., Modi C., Cookson J.C., Hutchinson I., Heald R.A., McCarroll A.J., Missailidis S., Tanious F., Wilson W.D., Mergny J.-L., Laughton Ch.A., Stevens M.F.G. // *J. Med. Chem.* 2008. Vol. 51. N 4. P. 963. doi 10.1021/jm070587t
3. Gatasheh M.K., Kannan S., Hemalatha K., Imrana N. // *Karbala Int. J. Modern Sci.* 2017. Vol. 3. N 4. P. 272. doi 10.1016/j.kijoms.2017.07.003
4. Nafisi S., Saboury A.A., Keramat N., Neault J.-F., Tajmir-Riahi H.-A. // *J. Mol. Struct.* 2007. Vol. 827. N 1–3. P. 35. doi 10.1016/j.molstruc.2006.05.00
5. Lisboa Th., Silva D., Duarte S., Ferreira R., Andrade C., Lopes A.L., Ribeiro J., Farias D., Moura R., Reis M., Medeiros K., Magalhães H., Sobral M. // *Molecules.* 2020. Vol. 25. N 1. P. 64. doi 10.3390/molecules25010064
6. Alvala M., Bhatnagar Sh., Ravi A., Jeankumar V.U., Manjashetty T.H., Yogeewari P., Sriram D. // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2012. Vol. 22. N 9. P. 3256. doi 10.1016/j.bmcl.2012.03.030
7. Mohammadi-Khanaposhtani M., Shabani M., Faizi M., Aghaei I., Jahani R., Sharafi Z., Shamsaei Z.N., Mahdavi M., Akbarzadeh T., Emami S., Shafiee A., Foroumadi A. // *Eur. J. Med. Chem.* 2016. Vol. 112. P. 91. doi 10.1016/j.ejmech.2016.01.054
8. Sondhi S.M., Bhattacharjee G., Jameel R.K., Shukla R., Raghubir R., Lozach O., Meijer L. // *Central Eur. J. Chem.* 2004. Vol. 2. N 1. P 1. doi 10.2478/BF02476181
9. Kerenyi T., Lehmann R., Voss B., Jellinek H. // *Exp. Mol. Pathol.* 1991. Vol. 54. P. 230.
10. Chen Y.L., Lu C.M., Chen I.L., Tsao L.T., Wang J.P. // *J. Med. Chem.* 2002. Vol. 45. N 21. P. 4689. doi 10.1021/jm020102v
11. Gatasheh M.K., Kannan S., Hemalatha K., Imrana N. // *Karbala Int. J. Modern Sci.* 2017. Vol. 3. N 4. P. 272. doi 10.1016/j.kijoms.2017.07.003
12. Niknam K., Damya M. // *J. Chin. Chem. Soc.* 2009. Vol. 56. N 3. P. 659. doi 10.1002/jccs.200900098
13. Marti-Centelles V., Burgete M.I., Galindo F., Izquierdo M.A., Kumar D.K., White A.J.P., Luis S.V., Vilar R. // *J. Org. Chem.* 2012. Vol. 77. N 1. P. 490. doi 10.1021/jo202077v
14. Jiménez-Millán E., Giner-Casares J.J., Muñoz E., Martín-Romero M.T., Camacho L. // *Langmuir.* 2011. Vol. 27. N 24. P. 14888. doi 10.1021/la2030236
15. Sánchez I., Reches R., Caignard D. H., Renard P., Pujol M. D. // *Eur. J. Med. Chem.* 2006. Vol. 41. N 3. P. 340. doi 10.1016/j.ejmech.2005.11.006
16. Pilch J., Matysiak-Brynda E., Kowalczyk A., Bujak P., Mazerska Z., Nowicka A.M., Augustin E. // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 2020. Vol. 12. № 15. P. 17276. doi 10.1021/acsami.0c02621
17. Lyakhkov S.A., Suveyzdis Y.I., Litvinova L.A., Andronati S.A., Rybalko S.L., Dyadyun S.T. // *Pharmazie.* 2000. Vol. 55. N 10. P. 733. doi 10.1002/chin.200102191
18. Акишина Е.А., Казак Д.В., Дикусар Е.А., Алексеев Р.С., Бумагин Н.А., Поткин В.И. // *ЖОХ.* 2020. Т. 90. Вып. 12. С. 1819. doi 10.31857/S0044460X20120033; Akishina E.A., Kazak D.V., Dikumar E.A., Alexeev R.S., Bumagin N.A., Potkin V.I. // *Russ. J. Gen. Chem.* 2020. Vol. 90. N 12. P. 2230. doi 10.1134/S1070363220120038
19. Акишина Е.А., Дикусар Е.А., Петкевич С.К., Алексеев Р.С., Бумагин Н.А., Поткин В.И. // *ЖОХ.* 2021. Т. 91. Вып. 8. С. 1245. doi 10.31857/S0044460X21080126; Akishina E.A., Dikumar E.A., Petkevich S.K., Alekseyev R. S., Bumagin N.A., Potkin V.I. // *Russ. J. Gen. Chem.* 2021. Vol. 91. N 8. P. 1512. doi 10.1134/S1070363221080120
20. Abdelhamid A.A., Mohamed S. K., Maharramov A.M., Khalilov A.N., Allahverdiev M.A. // *J. Saudi Chem. Soc.* 2014. Vol. 18. N 5. P. 474. doi 10.1016/j.jscs.2011.10.005
21. Zeynizadeh B., Gilanizadeh M. // *Cur. Chem. Lett.* 2020. Vol. 9. N 2. P. 71. doi 10.5267/j.ccl.2019.8.001
22. Dauben W.G., Tanabe M. // *J. Am. Chem. Soc.* 1953. Vol. 75. N 20. P. 4969. doi 10.1021/ja01116a026

## Synthesis of Bisacridine Derivatives with Pyridine and 1,2-Azole Fragments

E. A. Dikumar<sup>a,\*</sup>, E. A. Akishina<sup>a</sup>, S. K. Petkevich<sup>a</sup>, N. A. Zhukouskaya<sup>a</sup>, R. S. Alekseyev<sup>b</sup>,  
N. A. Bumagin<sup>b</sup>, S. N. Shahab<sup>c</sup>, L. N. Filippovich<sup>a</sup>, and V. I. Potkin<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, 220072 Belarus

<sup>b</sup> Lomonosov Moscow State University, Chemical Department, Moscow, 119991 Russia

<sup>c</sup> Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, 220141 Belarus

\*e-mail: dikumar@ifoch.bas-net.by

Received October 26, 2021; revised December 7, 2021; accepted December 9, 2021

A convenient one-step method for the synthesis of new bisacridine derivatives, containing fragments of 5-aryli-soxazoles, 4,5-dichloroiso-thiazole, as well as isonicotinic acid residues covalently attached by ester groups to various positions of the aromatic nucleus, has been developed. A three-component cascade condensation of 1,5-naphthalenediamine, aldehydes, and cyclic  $\beta$ -dicarbonyl compounds was carried out by refluxing in butanol. Quaternary ammonium salts of synthesized bisacridine derivatives were obtained. It has been shown that the synthesized bisacridine compounds form complexes with palladium of the composition  $LPdCl_2$ , which exhibit high catalytic activity in the model Suzuki reaction in water in the absence of organic co-solvent.

**Keywords:** bisacridines, pyridines, palladium catalysts, cascade three-component condensation, Suzuki reaction