

УДК 543.51:546.(831+832):667.287.5

В.Я.Черний, Л.А.Томачинская, И.Н.Третьякова, С.В.Волков**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА β -ДИКЕТОНОВ С АРИЛТИОАЦЕТАМИДНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ**

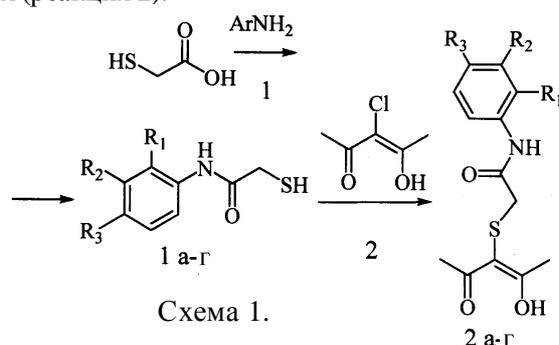
Синтезирован ряд новых β -дикетонатных систем, содержащих арилтиоацетамидные заместители. Изучено их взаимодействие с гидразинами. Методом ПМР-спектроскопии установлено строение полученных соединений. Показана возможность образования фталоцианиновых комплексов циркония и гафния с объемным внеплоскостным лигандом — 4-[4-(2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтил)тио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил]бензойной кислотой.

ВВЕДЕНИЕ. β -дикетоны и их комплексы активно исследуются и используются в различных областях науки, техники и медицины уже в течение длительного времени, в частности для обнаружения редкоземельных элементов, их экстракции и концентрирования [1], для получения тонких пленок методом CVD [2], в качестве светоизлучающих слоев в органических светодиодах [3]. Разнолигандные комплексы фталоцианинов циркония и гафния с β -дикетонатными лигандами обладают флуоресцентными, фотоэлектрокаталитическими и электрохромными свойствами [4, 5]. Также β -дикетоны служат исходными соединениями в синтезе пиразолов, пиримидинов и других органических соединений, для создания красителей, лекарственных средств и др. Недавно нами было показано, что фталоцианиновые комплексы с объемными внеплоскостными лигандами являются эффективными ингибиторами образования амилоидных фибрилл [6, 7]. Получение новых фталоцианиновых комплексов с объемными β -дикетонатными лигандами может расширить круг веществ с антифибриллогенным потенциалом.

Арилтиоацетамиды находят применение в качестве гибридных нанокомпозитов, обладающих перспективными оптическими и электрическими свойствами [8], для создания полидентатных лигандов [9, 10]. Цель данной работы — синтез ряда новых β -дикетонатных систем, содержащих арилтиоацетамидные заместители, и соединений на их основе, изучение их строения, а также способности к комплексообразованию.

ЭКСПЕРИМЕНТ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Ряд исходных арилтиоацетамидов: N-(4-

фторфенил)-2-меркаптоацетамид, N-(3-хлоро-2-метилфенил)-2-меркаптоацетамид, N-(3,4-диметилфенил)-2-меркаптоацетамид, N-(3,4-диметилфенил)-2-меркаптоацетамид и ранее описанный 2-меркапто-N-(4-метоксифенил)ацетамид [11] были получены при взаимодействии тиогликолевой кислоты с соответствующими ариламинами [12] (схема 1, реакция 1). Они представляют собой белые кристаллические вещества, растворимые в хлороформе, бензоле, спиртах и водно-щелочных растворах. Растворы арилтиоацетамидов легко окисляются на воздухе с образованием соответствующих дисульфидных производных. В водно-спиртовых средах анионы арилтиоацетамидов достаточно легко взаимодействуют с 3-хлорацетилацетоном с образованием соответствующих производных (реакция 2):



Выше представлена схема синтеза арилтиоацетамидов 1а-г (1) и 3-замещенных ацетилацетонов 2а-г на их основе (2): R₁=R₂=H, R₃=OCH₃ (а); R₁=R₂=H, R₃=F (б); R₁=CH₃, R₂=Cl, R₃=H (в); R₁=H, R₂=R₃=CH₃ (г).

Строение синтезированных соединений подтверждено данными ПМР-спектроскопии и эле-

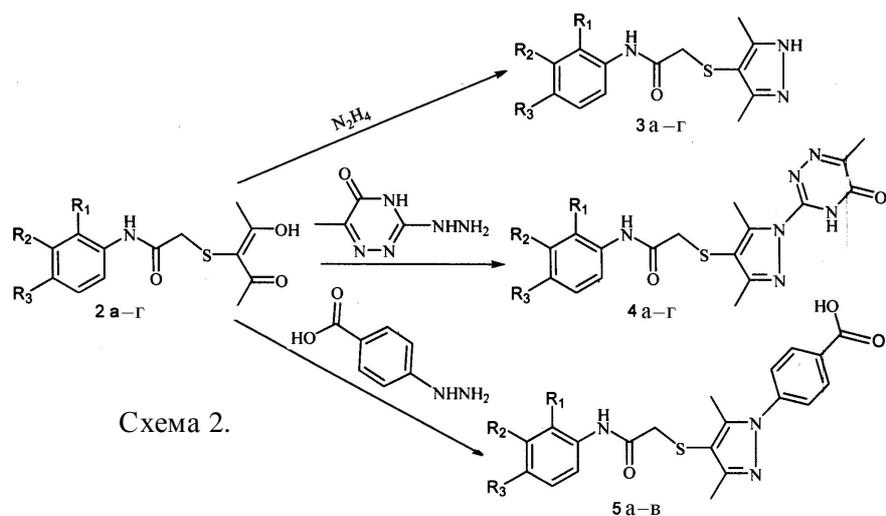
ментного анализа. ПМР-спектроскопией полученных соединений в дейтерохлороформе установлено, что они, как и исходный 3-хлорацетилацетон, существуют в енольной форме. По химическим свойствам соединения 2а–г близки к ацетилацетону, они легко взаимодействуют с незамещенным и замещенным гидразинами с образованием соответствующих пиразолов.

Взаимодействие 3-замещенных ацетилацетонов и гидразинов с образованием пролов 3а–г, 4а–г и 5а–в представлено на схеме 2.

Способность полученных 3-замещенных ацетилацетонов образовывать хелатные комплексы была показана нами ранее на примере (Е)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)-N-(4-метоксифенил)ацетамида [11, 13]. Оказалось, что бис-((Е)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)-N-(4-метоксифенил)ацетамидато) фталоцианинаты циркония и гафния обладают интересными спектральными и электрохимическими свойствами [14].

В данной работе, исходя из 4-(4-(2-(3-хлоро-2-метилфениламино)-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил) бензойной кислоты 5в и дихлоридофталоцианинатов циркония и гафния, получены комплексы 6в и 7в соответственно (схема 3). Электронные спектры поглощения 6в и 7в являются типичными для фталоцианиновых комплексов и характеризуются В- и Q-полосами в области 340 и 688 нм.

Синтез арилтиоацетамидов (1а–г). К 10 ммоль

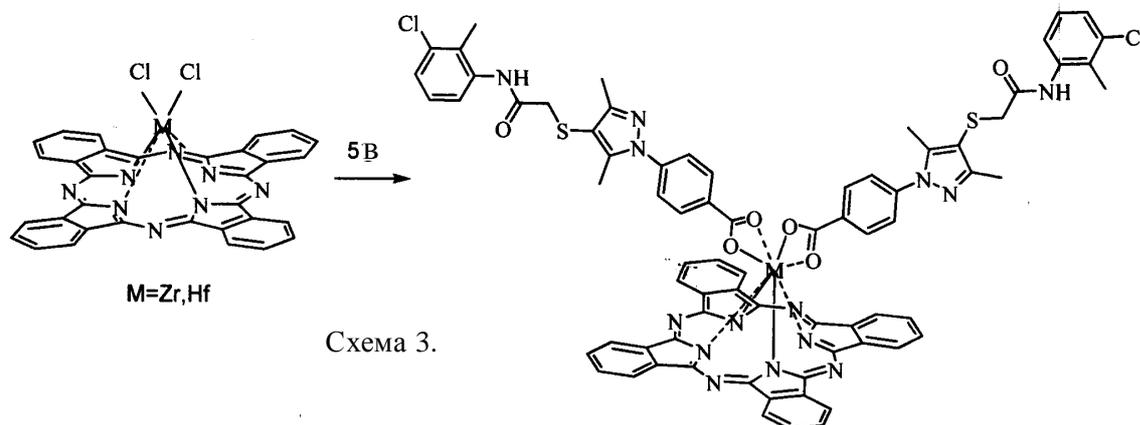


замещенного анилина добавляли 10 ммоль тиогликолевой кислоты, реакционную смесь нагревали в инертной атмосфере до 120–150 °С в течение 3 ч. По окончании реакции в смесь прибавляли 10 мл этанола и охлаждали. Полученный продукт фильтровали, промывали сначала охлажденным спиртом, затем водой и перекристаллизовывали из этанола. Продукт сушили под вакуумом при 60 °С.

2-меркапто-N-(4-метоксифенил)ацетамид (1а). Выход 61 %. ПМР, м.д.: 8.44 (с, 1H, –NH), 7.44 (д, 2H, –C₆H₄), 6.87 (д, 2H, –C₆H₄), 3.79 (с, 3H, –OCH₃), 3.34 (д, 2H, –CH₂), 2.00 (т, 1H, –SH).

Найдено, %: С 54.50; Н 5.35; N 7.50. Вычислено, %: С 54.80; Н 5.62; N 7.10.

N-(4-фторфенил)-2-меркаптоацетамид (1б). Выход 65 %. ПМР, м.д.: 10.04 (с, 1H, –NH), 7.52 (м, 2H, –C₆H₄), 6.91 (м, 2H, –C₆H₄), 3.41 (д, 2H, –CH₂), 1.45 (т, 1H, –SH).



Найдено, %: С 52.23; Н 4.78; N 7.14. Вычислено, %: С 51.88; Н 4.35; N 7.56.

N-(3-хлор-2-метилфенил)-2-меркаптоацетамид (1в). Выход 58 %. ПМР, м.д.: 9.72 (с, 1H, -NH), 7.38–7.31 (м, 2H, -C₆H₃), 7.22 (т, 1H, -C₆H₃), 3.36 (с, 2H, -CH₂), 2.24 (с, 3H, -CH₃), 2.26 (т, 1H, -SH).

Найдено, %: С 50.50; Н 4.30; N 6.70. Вычислено, %: С 50.12; Н 4.67; N 6.49.

N-(3,4-диметилфенил)-2-меркаптоацетамид (1г). Выход 70 %. ПМР, м.д.: 8.72 (с, 1H, -NH), 7.41–7.09 (м, 3H, -C₆H₃), 3.60 (д, 2H, -CH₂), 2.26 (с, 3H, -CH₃), 2.17 (с, 3H, -CH₃), 1.65 (с, 1H, -SH).

Найдено, %: С 60.90; Н 6.52; N 7.46. Вычислено, %: С 61.51; Н 6.71; N 7.17.

Алкилирование арилтиоацетамидов 3-хлор-ацетилацетоном (2а-г). К 10 ммоль арилтиоацетамида 1а-г, растворенного в 5–10 мл 2N KOH в 50 %-м водном изопропанол, добавляли 10 ммоль 3-хлор-2,4-пентандиона в 5 мл изопропанола. Реакционную смесь нагревали до 70 °С в течение 10–15 мин, после чего осаждали продукт водой. После охлаждения образовавшийся осадок отфильтровывали и промывали сначала охлажденным спиртом, а затем водой. Перекристаллизовывали из изопропанола. Продукт сушили под вакуумом при 60 °С.

(*E*)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)-*N*-(4-метоксифенил)ацетамид (2а). Выход 67 %. Данные ПМР, м.д.: 17.21 (с, 1H, -OH), 9.92 (с, 1H, -NH), 7.46–7.43 (д, 2H, -C₆H₄), 6.91–6.88 (д, 2H, -C₆H₄), 3.72 (с, 3H, -OCH₃), 3.34 (д, 2H, -CH₂), 2.37 (с, 6H, 2-CH₃).

Найдено, %: С 56.50; Н 5.45; N 5.05. Вычислено, %: С 56.93; Н 5.80; N 4.74.

(*E*)-*N*-(4-фторфенил)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)ацетамид (2б). Выход 54 %. ПМР, м.д.: 17.27 (с, 1H, -OH), 10.13 (с, 1H, -NH), 7.58 (м, 2H, -C₆H₄), 7.16 (т, 2H, -C₆H₄), 3.32 (с, 2H, -CH₂), 2.36 (с, 6H, 2-CH₃).

Найдено, %: С 55.46; Н 5.27; N 4.64. Вычислено, %: С 55.11; Н 4.98; N 4.94.

(*E*)-*N*-(3-хлор-2-метилфенил)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)ацетамид (2в). Выход 42 %. ПМР, м.д.: 17.21 (с, 1H, -OH), 9.92 (с, 1H, -NH), 7.34–7.29 (м, 2H, -C₆H₃), 7.20 (т, 1H, -C₆H₃), 3.34 (с, 2H, -CH₂), 2.37 (с, 6H, 2-CH₃), 2.22 (с, 3H, -CH₃).

Найдено, %: С 53.30; Н 5.45; N 4.85. Вычислено, %: С 53.59; Н 5.14; N 4.46.

(*E*)-*N*-(3,4-диметилфенил)-2-(2-гидрокси-4-оксопент-2-ен-3-илтио)ацетамид (2г). Выход 48 %.

ПМР, м.д.: 17.18 (с, 1H, -OH), 10.15 (с, 1H, -NH), 7.75 (д, 1H, -C₆H₃), 7.38 (м, 1H, -C₆H₃), 7.10 (д, 1H, -C₆H₃), 3.32 (с, 2H, -CH₂), 2.41 (с, 6H, 2-CH₃), 2.24 (с, 3H, -CH₃), 2.17 (с, 3H, -CH₃).

Найдено, %: С 61.04; Н 6.90; N 4.49. Вычислено, %: С 61.41; Н 6.53; N 4.77.

Взаимодействие 3-замещенных ацетилацетонов с гидразином (3а-г). К 10 ммоль 3-замещенных ацетилацетонов 2а-г в 15 мл спирта прибавляли 10 ммоль гидразин гидрата с такой скоростью, чтобы температура реакционной смеси не поднималась выше 30–35 °С. После добавления всего гидразина смесь кипятили в течение одного часа и оставляли на ночь. Выделившиеся кристаллы фильтровали, промывали 50 %-м водным спиртом, а затем водой. Продукт сушили под вакуумом при 60 °С.

2-(3,5-диметил-1H-пиразол-4-илтио)-*N*-(4-метоксифенил)ацетамид (3а). Выход 59 %. ПМР, м.д.: 12.41 (с, 1H, -NH пиразол), 9.72 (с, 1H, -NH амид), 7.43–7.40 (д, 2H, -C₆H₄), 6.88–6.85 (д, 2H, -C₆H₄), 3.71 (с, 3H, -OCH₃), 3.19 (с, 2H, -CH₂), 2.14 (с, 6H, 2-CH₃).

Найдено, %: С 57.27; Н 6.31; N 14.14. Вычислено, %: С 57.71; Н 5.88; N 14.42.

2-(3,5-диметил-1H-пиразол-4-илтио)-*N*-(4-фторфенил)ацетамид (3б). Выход 50 %. ПМР, м.д.: 12.42 (с, 1H, -NH пиразол), 9.94 (с, 1H, -NH амид), 7.54–7.50 (м, 2H, -C₆H₄), 7.16–7.10 (т, 2H, -C₆H₄), 3.21 (с, 2H, -CH₂), 2.14 (с, 6H, 2-CH₃).

Найдено, %: С 56.16; Н 4.78; N 15.48. Вычислено, %: С 55.90; Н 5.05; N 15.04.

N-(3-хлор-2-метилфенил)-2-(3,5-диметил-1H-пиразол-4-илтио)ацетамид (3в). Выход 52 %. ПМР, м.д.: 12.44 (с, 1H, -NH пиразол), 9.46 (с, 1H, -NH амид), 7.28–7.15 (м, 3H, -C₆H₃), 3.32 (с, 2H, -CH₂), 2.17 (с, 6H, -2CH₃), 2.10 (с, 3H, -CH₃).

Найдено, %: С 54.59; Н 4.89; N 13.12. Вычислено, %: С 54.27; Н 5.21; N 13.56.

2-(3,5-диметил-1H-пиразол-4-илтио)-*N*-(3,4-диметилфенил)ацетамид (3г). Выход 56 %. ПМР, м.д.: 12.40 (с, 1H, -NH пиразол), 9.62 (с, 1H, -NH амид), 7.30–7.05 (м, 3H, -C₆H₃), 3.25 (с, 2H, -CH₂), 2.25–2.05 (м, 12H, -4CH₃).

Найдено, %: С 61.79; Н 6.45; N 14.08. Вычислено, %: С 62.25; Н 6.62; N 14.52.

Взаимодействие 3-замещенных ацетилацетонов с 3-гидразин-6-метил-1,2,4-триазин-5(Н)-оном (4а-г). К 10 ммоль 3-замещенных ацетилацетонов 2а-г в 10 мл диметилформамида прибавляли в

течение 5 мин 10 ммоль 3-гидразин-6-метил-1,2,4-триазин-5(Н)-она в 10 мл диметилформамида. После добавления всего гидразина смесь нагревали на водяной бане в течение 2 ч и оставляли на ночь. Реакционную смесь разбавляли 50 мл воды и фильтровали выделившиеся кристаллы. Перекристаллизовывали из смеси диметилформамид : изопропанол 1:1. Промывали спиртом, а затем водой. Продукт сушили под вакуумом при 60 °С.

2-(3,5-диметил-1-(6-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)-1Н-пиразол-4-илтио)-N-(4-метоксифенил)ацетамид (4а). Выход 55 %. ПМР, м.д.: 14.03 (с, 1Н, -NH), 9.86 (с, 1Н, -NH), 7.40 (д, 2Н, -C₆H₄), 6.89 (д, 2Н, -C₆H₄), 3.72 (с, 3Н, -OCH₃), 3.33 (с, 2Н, -CH₂), 2.64 (с, 3Н, -CH₃), 2.30–2.18 (с, 6Н, 2-CH₃).

Найдено, %: С 54.33; Н 4.78; N 20.56. Вычислено, %: С 53.99; Н 5.03; N 20.99.

2-(3,5-диметил-1-(6-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)-1Н-пиразол-4-илтио)-N-(4-фторфенил)ацетамид (4б). Выход 49 %. ПМР, м.д.: 13.98 (с, 1Н, -NH), 10.04 (с, 1Н, -NH), 7.51 (м, 2Н, -C₆H₄), 7.14 (т, 2Н, -C₆H₄), 3.36 (с, 2Н, -CH₂), 2.64 (с, 3Н, -CH₃), 2.30–2.18 (с, 6Н, 2-CH₃).

Найдено, %: С 53.00; Н 4.74; N 21.97. Вычислено, %: С 52.57; Н 4.41; N 21.64.

N-(3-хлоро-2-метилфенил)-2-(3,5-диметил-1-(6-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)-1Н-пиразол-4-илтио)ацетамид (4в). Выход 53 %. ПМР, м.д.: 13.90 (с, 1Н, -NH), 9.66 (с, 1Н, -NH), 7.35–7.16 (м, 3Н, -C₆H₃), 3.46 (с, 2Н, -CH₂), 2.64 (с, 3Н, -CH₃), 2.30 (с, 3Н, -CH₃), -2.18 (с, 3Н, -CH₃), 2.10 (с, 3Н, -CH₃).

Найдено, %: С 51.99; Н 4.23; N 19.69. Вычислено, %: С 51.61; Н 4.57; N 20.06.

2-(3,5-диметил-1-(6-метил-5-оксо-4,5-дигидро-1,2,4-триазин-3-ил)-1Н-пиразол-4-илтио)-N-(3,4-диметилфенил)ацетамид (4г). Выход 48 %. ПМР, м.д.: 13.99 (с, 1Н, -NH), 9.78 (с, 1Н, -NH), 7.23–7.10 (м, 3Н, -C₆H₃), 3.46 (с, 2Н, -CH₂), 2.64 (с, 3Н, -CH₃), 2.29 (с, 3Н, -CH₃), 2.17–2.14 (м, 9Н, 3-CH₃).

Найдено, %: С 56.85; Н 5.31; N 21.35. Вычислено, %: С 57.27; Н 5.56; N 21.09.

Взаимодействие 3-замещенных ацетилацетонов с 4-гидразинбензойной кислотой (5а–в). К 10 ммоль 3-замещенных ацетилацетонов 2а–г, растворенных в 5 мл изопропанола, добавляли 10 ммоль 4-гидразинбензойной кислоты. Реакционную смесь кипятили в течение 2 ч, после охлаждения выпавший осадок отфильтровывали и промывали сна-

чала охлажденным спиртом, а затем водой. Сушили продукт под вакуумом при 60 °С.

4-(4-(2-(4-метоксифениламино)-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)бензойная кислота (5а). Выход 60 %. ПМР, м.д.: 13.17 (с, 1Н, -COOH), 9.91 (с, 1Н, -NH), 8.06–8.03 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.61–7.58 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.19–7.03 (м, 2Н, -C₆H₃), 6.65 (м, 2Н, -C₆H₃), 3.70 (с, 3Н, -OCH₃), 3.33 (с, 2Н, -CH₂), 2.38 (с, 3Н, -CH₃), 2.24 (с, 3Н, -CH₃).

Найдено, %: С 61.63; Н 5.44; N 9.85. Вычислено, %: С 61.30; Н 5.14; N 10.21.

4-(4-(2-(4-фторфениламино)-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)бензойная кислота (5б). Выход 54 %. ПМР, м.д.: 13.11 (с, 1Н, -COOH), 10.00 (с, 1Н, -NH), 8.08–8.05 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.63–7.60 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.55–7.51 (м, 2Н, -C₆H₃), 7.13 (т, 2Н, -C₆H₃), 3.34 (с, 2Н, -CH₂), 2.39 (с, 3Н, -CH₃), 2.24 (с, 3Н, -CH₃).

Найдено, %: С 60.58; Н 4.17; N 10.89. Вычислено, %: С 60.14; Н 4.54; N 10.52.

4-[4-(2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил]бензойная кислота (5в). Выход 47 %. ПМР, м.д.: 13.09 (с, 1Н, -COOH), 9.57 (с, 1Н, -NH), 8.10–8.07 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.67–7.64 (д, 2Н, -C₆H₄), 7.29–7.26 (м, 2Н, -C₆H₃), 7.18 (т, 1Н, -C₆H₃), 3.46 (с, 2Н, -CH₂), 2.44 (с, 3Н, -CH₃), 2.30 (с, 3Н, -CH₃), 2.10 (с, 3Н, -CH₃).

Найдено, %: С 58.40; Н 4.35; N 10.00. Вычислено, %: С 58.67; Н 4.69; N 9.77.

Синтез ди(4-[4-(2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил]бензоато)фталоцианинатов циркония и гафния (6в, 7в). 0.5 ммоль РсМСl₂ суспендировали в 10 мл диметилформамида, добавляли 1,2 ммоль 4-[4-(2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил]бензойной кислоты (5в). Реакционную смесь нагревали при 100–120 °С в течение 6 ч, затем фильтровали горячей для отделения не прореагировавших исходных веществ. Продукт осаждали водой, фильтровали, промывали спиртом и водой, сушили на воздухе, а затем в вакууме при 60 °С.

Ди(4-[4-(2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтилтио)-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил]бензоато)фталоцианинат циркония (6в). Выход 34 %. ПМР, м.д.: 9.55–9.18 (м, 8Н, Рс), 8.20–8.03 (м, 8Н, Рс), 8.98 (с, 2Н, 2NH), 7.65 (с, 2Н, Ar), 7.35 (с, 2Н, Ar), 7.24 (д, 2Н, Ar), 7.18–6.81 (2дд, 8Н, 2Ar), 3.46–3.36 (д, 4Н, 2CH₂),

2.42–2.00 (м, 18H, 6CH₃). ЭСП (толуол), λ, нм (относительная интенсивность): 341 (1.00), 630 пл, 688 (2.34).

Найдено, %: С 60.33, Н 3.92, N 13.05, Zr 5.97. Вычислено, %: С 60.73, Н 3.86, N 13.40, Zr 6.23.

Ди(4-[4-({2-[(3-хлоро-2-метилфенил)амино]-2-оксоэтил}тио)-3,5-диметил-1H-пирозол-1-ил]бензоато)фталоцианинат гафния (7в). Выход 35 %. ПМР, м.д.: 9.58–9.24 (м, 8H, Pc), 8.24–8.08 (м, 8H, Pc), 8.96 (с, 2H, 2NH), 7.68 (с, 2H, Ar), 7.31 (с, 2H, Ar), 7.26 (д, 2H, Ar), 7.21–6.87 (2дд, 8H, 2Ar), 3.44–3.36 (д, 4H, 2CH₃), 2.45–2.04 (м, 18H, 6CH₃). ЭСП (толуол), λ, нм (относительная интенсивность): 341 (1.00), 630 пл, 688 (2.45).

Найдено, %: С 57.55, Н 3.90, N 12.24, Hf 11.35. Вычислено, %: С 57.31, Н 3.64, N 12.64, Hf 11.51.

ПМР-спектры регистрировали на спектрометре Varian VXR (рабочая частота 300 МГц), внутренний стандарт — ТМС, растворитель — дейтерохлороформ. Электронные спектры поглощения (ЭСП) записывали на приборе Perkin Elmer UV/ VIS Lambda 35.

РЕЗЮМЕ. Синтезовано ряд новых β-дикетонатных систем, що містять арилтіоацетамідні замісники. Досліджено їх взаємодію з гідразинами. Методом ПМР-спектроскопії встановлено будову отриманих сполук. Показано можливість утворення фталоціанінових комплексів цирконію та гафнію з об'ємним позаплощинним лігандом — 4-[4-({2-[(3-хлоро-2-метилфеніл)аміно]-2-оксоетил}тіо)-3,5-диметил-1H-піразол-1-іл]бензойною кислотою.

SUMMARY. A number of new β-diketonate systems containing arylthioacetamide substituents was ob-

tained. Their interaction with hydrazines was studied. The structure of the compounds was obtained by proton NMR spectroscopy. The possibility of formation of phthalocyanine complexes of zirconium and hafnium with bulky out-of-plane ligand — 4-[4-({2-[(3-chloro-2-methylphenyl)amino]-2-oxoethyl}thio)-3,5-dimethyl-1H-pyrazol-1-yl]benzoic acid.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яцимирский К.Б., Костромина Н.А., Шека З.А. и др. Химия комплексных соединений редкоземельных элементов. -Киев: Наук. думка, 1966.
2. Itoh K., Matsumoto O. // Thin Solid Films. -1999. -**345**, № 1. -P. 29—33.
3. Reyesa R., Cremonab M., Teotoniod E.E.S. et al. // J. Luminescence. -2013. -**134**. -P. 369—373.
4. Krasnov Yu.S., Kolbasov G.Ya., Tretyakova I.N. et al. // Solid State Ionics. -2009. -**180**. -P. 928—933.
5. Chernii V. Ya, Tretyakova I.N., Bon V. V. et al. // Dyes and Pigments. -2012. -**94**, № 2. -P. 187—194.
6. Kovalska V.B., Losytskyy M.Y., Chernii S.V. et al. // Biopolymers and Cell. -2013. -**29**, № 6. -P. 473—479.
7. Kovalska V., Losytskyy M., Chernii V. et al. // Bioorg. Med. Chem. -2012. -**20**, № 1. -P. 330—334.
8. Wessels J.M., Nothofer H.-G., Ford W.E. et al. // J. Amer. Chem. Soc. -2004. -**126**, № 10. -P. 3349—3356.
9. Hagemann J.P., Kaye P.T. // Tetrahedron. -1999. -**55**, № 3. -P. 869—874.
10. Hagemann J.P., Kaye P.T. // Synthetic Commun. -1999. -**29**, № 2. -P. 303—310.
11. Третьякова И.Н., Томачинская Л.А., Колотилова Ю.Ю. и др. // Укр. хим. журн. -2003. -**69**, № 3. -С. 75—77.
12. Al-Jeboori M.J., Al-Jebouri F.A., Al-Azzawi M.A.R. // Inorg. Chim. Acta. -2011. -**379**. -P. 163—170.
13. Tomachynski L.A., Tretyakova I.N., Chernii V.Ya. et al. // Inorg. Chim. Acta. -2008. -**361**. -P. 2569—2581.
14. Ou Zh., Zhan R., Tomachynski L.A. et al. // Macroheterocycles. -2011. -**4**, № 3. -P. 164—170.

Институт общей и неорганической химии им. В.И.Вернадского НАН Украины, Киев

Поступила 17.06.2014