

УДК 547.567.5

С. А. Коновалова, А. П. Авдеенко, Е. Н. Лысенко, А. Л. ЮсинаДонбасская государственная машиностроительная академия, кафедра химии и ОТ
ул. Академическая, 72, Краматорск-13, 84313, Украина,
e-mail: chimist@dgma.donetsk.ua**СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОФУРАНА НА ОСНОВЕ
N-АЦИЛ-1,4-БЕНЗОХИНОНМОНОИМИНОВ**

В результате реакции Неницеску *N*-арил-, *N*-бензилиденацетил- и *N*-арил-аминокарбонил-1,4-бензохинонмоноиминов с 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-оном в одну стадию при комнатной температуре в уксусной кислоте получены 3-ацетил-5-ациламино-2-метилбензофураны. Наличие протонов в реакционной среде значительно облегчает протонирование интермедиатов, образующихся в ходе реакции. Производные индола в апротонных растворителях получить не удалось.

Ключевые слова: 3-ацетил-5-ациламино-2-метилбензофуран, 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-он, реакция Неницеску, *N*-ацил-1,4-бензохинонмоноимины.

Одним из направлений синтеза гетероциклических соединений на основе *N*-замещенных 1,4-бензохинонмоноиминов является реакция Неницеску, которая включает взаимодействие хинонмоноимина с енаминами. Ранее в результате взаимодействия имина ацетилацетона и производных 2-аминокротоновой кислоты с 1,4-бензохинонами [1, 2], *N*-арилсульфонил-1,4-бензохинонмоноимины [3–7] получены производные бензофурана и индола. Установлено, что строение продуктов реакции зависит от природы заместителя у атома азота хинонимина и от строения енамина, а также от условий проведения эксперимента: индолы получены в среде апротонных растворителей без катализатора [5–7], бензофураны – в кислой среде [3, 4, 7].

Производные бензофурана являются биологически активными соединениями и находят широкое применение в качестве анальгетических, спазмолитических [8], местноанестезирующих [8, 9], противомикробных [10], антиаритмических [11] и антиаллергических [12] препаратов.

Целью данной работы является получение производных бензофурана в результате реакции *N*-ацил-1,4-бензохинонмоноиминов с 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-оном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Спектры ЯМР ¹H измерены на приборе VXR-300 с рабочей частотой 300 МГц относительно ТМС в ДМСО-*d*₆. ИК-спектры получены на спектрометре UR-20 в таблетках КВг. Анализ чистоты исходных 1,4-бензохинонмоноиминов и продуктов их взаимодействия с 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-оном проводили методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254. Для хинонмоноиминов (**Ia–h**) в качестве элюента использовали бензол–гексан, 10:1, для соединений (**IIIa–h**) – спирт–хлороформ, 1:10. Проявление УФ светом.

Характеристики исходных *N*-ацил-1,4-бензохинонмоноиминов соответствуют литературным данным – (**Ia, b**) [13, 14], (**Ic**) [15] и (**Id–h**) [16].

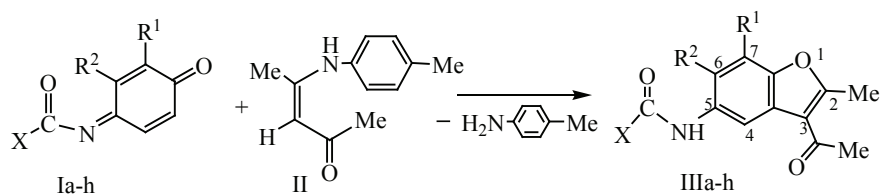
Общая методика реакции 1,4-бензохинонмоноиминов (Ia–h) с 4-(*n*-толуидино)пент-3-ен-2-оном (II). К раствору 1,5 ммоль хинонимина в 10 мл ледяной уксусной кислоты добавляли 1,7 ммоль 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-она (II). Раствор сразу окрашивался в темно-коричневый цвет. Смесь выдерживали при постоянном перемешивании в течение 15–30 минут. Образовавшийся осадок отфильтровывали. Выходы, температуры плавления и данные элементного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1
Выходы, температуры плавления, данные элементного анализа соединений (IIIa–h)

Номер соединения	Выход, %	Т.пл., °С	Найдено, %	Формула	Вычислено, %
			N		N
IIIa	69	245–246	4,05; 4,29	C ₂₀ H ₁₉ NO ₃	4,36
IIIb	67	259–261	4,22; 4,36	C ₁₉ H ₁₆ ClNO ₃	4,10
IIIc	82	252–253	3,84; 4,25	C ₂₂ H ₂₁ NO ₃	4,03
IIIд	70	242–244	8,53; 8,81	C ₁₉ H ₁₈ N ₂ O ₃	8,69
IIIe	75	238–240	7,99; 8,28	C ₂₀ H ₂₀ N ₂ O ₃	8,33
IIIf	66	230–232	8,41; 8,63	C ₂₀ H ₂₀ N ₂ O ₃	8,33
IIIg	83	246–248	8,12; 8,57	C ₂₀ H ₂₀ N ₂ O ₃	8,33
IIIh	81	232–234	7,76; 8,20	C ₂₁ H ₂₂ N ₂ O ₃	7,99

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате взаимодействия *N*-ацил-1,4-бензохинонмоноиминов (Ia–h) с 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-оном (II) в кислой среде при комнатной температуре в одну стадию получены 3-ацетил-5-ациламидо-2-метилбензофураны (IIIa–h) (схема 1). Следует отметить, что продукты реакции удалось получить только для хинониминов, имеющих связь C=C хиноидного ядра без заместителей. В случае 2,5-диметил-, 6-изопропил-3-метил-, 3,5-диметилпроизводных 1,4-бензохинонмоноиминов, содержащих алкильные заместители у атомов углерода обеих связей C=C хиноидного ядра из реакционной массы были выделены смеси продуктов, идентифицировать которые не удалось.



X = Ph, R¹=R²=Me (a); X = 4-ClC₆H₄, R¹=H, R²=Me (b); X = PhCH=CH, R¹=R²=Me (c); X = PhNH, R¹=H, R²=Me (d); X = PhNH, R¹=R²=Me (e); X = 4-TolNH, R¹=Me, R²=H (f); X = 4-TolNH, R¹=H, R²=Me (g); X = 4-TolNH, R¹=R²=Me (h).

Схема 1

Ранее было установлено, что в апротонных растворителях (дихлорэтан, хлороформ) в результате реакции Неницеску можно получить производные индола [5–7]. Все наши попытки в данной работе получить их на основе *N*-ацил-1,4-бензохинонмоноиминов (**Ia–h**) оказались неудачными – получались многокомпонентные смеси, разделить которые не удалось.

Состав и строение соединений (**IIIa–h**) доказано на основании данных элементного анализа (табл. 1) и спектров ЯМР ^1H (табл. 2).

Таблица 2

Спектры ЯМР ^1H соединений (**IIIa–h**) в ДМСО- d_6

Номер соединения	Химический сдвиг, δ , м.д.		
	протонов фуранового фрагмента	протонов фрагмента YCO	протонов фрагмента XCONH
IIIa	2,20 с (3H, 6-Me), 2,44 с (3H, 7-Me), 2,80 с (3H, 2-Me), 7,73 с (1H, H ⁴)	2,58 с (3H, Me, MeCO)	7,51–8,03 м (5H, Ph), 10,09 с (1H, NH)
IIIb	2,35 с (3H, 6-Me), 2,78 с (3H, 2-Me), 7,52 с (1H, H ⁷), 7,78 с (1H, H ⁴)	2,57 с (3H, Me, MeCO)	7,58 д (2H, H ^{3'5'} , <i>J</i> 7,8 Гц), 7,97 д (2H, H ^{2'6'} , <i>J</i> 7,8 Гц), 9,83 с (1H, NH)
IIIc	2,20 с (3H, 7-Me), 2,40 с (3H, 6-Me), 2,77 с (3H, 2-Me), 7,84 с (1H, H ⁴)	2,56 с (3H, Me, MeCO)	6,96 д (1H, CH=CH, <i>J</i> 12 Гц), 7,41–7,65 м (5H, Ph), 7,59 д (1H, CH=CH, <i>J</i> 12 Гц), 9,69 с (1H, NH)
IIIд	2,33 с (3H, 6-Me), 2,74 с (3H, 2-Me), 7,48 с (1H, H ⁷), 7,95 с (1H, H ⁴)	2,56 с (3H, Me, MeCO)	6,92–7,45 м (5H, Ph), 8,32 с (1H, NH), 8,95 с (1H, NH)
IIIe	2,23 с (3H, 6-Me), 2,40 с (3H, 7-Me), 2,76 с (3H, 2-Me), 7,99 с (1H, H ⁴)	2,56 с (3H, Me, MeCO)	6,92–7,48 м (5H, Ph), 8,04 с (1H, NH), 8,87 с (1H, NH)
IIIf	2,43 с (3H, 7-Me), 2,76 с (3H, 2-Me), 7,25 уш.с (1H, H ⁶), 7,93 уш.с (1H, H ⁴)	2,57 с (3H, Me, MeCO)	2,24 с (3H, Me, 4-Tol), 7,09 д (2H, H ^{3'5'} , <i>J</i> 7,8 Гц), 7,36 д (2H, H ^{2'6'} , <i>J</i> 7,8 Гц), 8,49 с (1H, NH), 8,65 с (1H, NH)
IIIg	2,33 с (3H, 6-Me), 2,74 с (3H, 2-Me), 7,43 с (1H, H ⁷), 7,89 с (1H, H ⁴)	2,57 с (3H, Me, MeCO)	2,24 с (3H, Me, 4-Tol), 7,08 д (2H, H ^{3'5'} , <i>J</i> 8,1 Гц), 7,36 д (2H, H ^{2'6'} , <i>J</i> 8,1 Гц), 8,34 с (1H, NH), 8,85 с (1H, NH)
IIIh	2,23 с (3H, 6-Me), 2,40 с (3H, 7-Me), 2,76 с (3H, 2-Me), 7,94 с (1H, H ⁴)	2,56 с (3H, Me, MeCO)	2,23 с (3H, Me, 4-Tol), 7,07 д (2H, H ^{3'5'} , <i>J</i> 8,1 Гц), 7,35 д (2H, H ^{2'6'} , <i>J</i> 8,1 Гц), 8,04 с (1H, NH), 8,77 с (1H, NH)

Для спектров ЯМР ^1H продуктов (**IIIa–h**) характерно наличие синглета протонов метильной группы в положении 2 бензофуранового фрагмента в области δ 2,74–2,80 м.д., синглета протона H^4 при δ 7,73–7,99 м.д., синглета протонов группы MeCO при δ 2,56–2,58 м.д., что полностью согласуется со спектральными характеристиками производных бензофурана, полученных ранее на основе *N*-арил(алкил)сульфонил-1,4-бензохинонмоноиминов [7].

На основе анализа литературных данных [7, 17–19] можно предположить, что на первой стадии рассматриваемой реакции происходит С–С присоединение по $\text{C}=\text{C}$ связи с участием электронодефицитного углеродного атома хинонимина (**I**) и β -углеродного атома енамина (**II**) с образованием интермедиата (**A**) (схема 2), дальнейшие преобразования которого могут идти по двум направлениям.

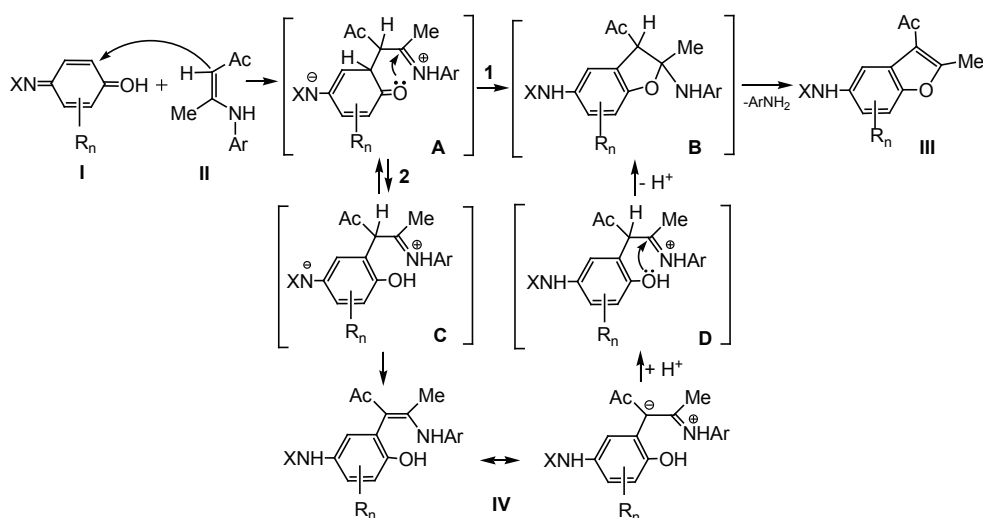


Схема 2

Направление **1** включает протонирование атома азота и замыкание цикла с образованием интермедиата (**B**), которое образуется за счет атаки неподеленной пары электронов кислорода карбонильной группы по электронодефицитному α -положению енамина. В результате последующего отщепления ариламина образуется конечный продукт – производное бензофурана (**III**).

При втором направлении интермедиат (**A**) через переходное состояние (**C**) преобразуется в продукт 1,4-присоединения (**IV**), который может легко подвергаться протонированию по β -углеродному атому остатка енамина, на котором локализован частичный отрицательный заряд. В результате образуется интермедиат (**D**), переходящий в структуру (**B**) за счет атаки α -положения енамина неподеленной парой кислорода гидроксильной группы. Отщепление фрагмента ArNH_2 от интермедиата (**B**) приводит к образованию производного бензофурана (**III**).

Следует отметить, что в обоих случаях образованию бензофурана способствует кислая среда. В первом случае наличие протонов в реакционной среде значительно облегчает протонирование атома азота в интермедиате (**A**), при втором направлении – обеспечивает протонирование остатка енамина продукта 1,4-присоединения (**IV**).

ВЫВОДЫ

В результате реакции *N*-ароил-, *N*-бензилиденацетил- и *N*-ариламинокарбонил-1,4-бензохинонмоноиминов с 4-(4-толуидино)пент-3-ен-2-оном в уксусной кислоте при комнатной температуре в одну стадию получены производные бензофурана – 3-ацетил-5-ациламино-2-метилбензофураны. Наличие протонов в реакционной среде значительно облегчает протонирование интермедиатов, образующихся в ходе реакции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гринев А.Н., Шведов В.И., Суурובהва И.П.* Исследования в области хинонов. XXXVI. Конденсация иминов ацетилацетона с *n*-бензохиноном // Ж. общ. химии. – 1961. – Т. 31, № 7. – С.2298–2303.
2. *Гринев А.Н., Урецька Г.Я., Либерман С.Ф.* Исследования в области хинонов. L. Конденсация 2,3-дихлор-*n*-бензохинона с *N*-алкил(арил)- β -аминокрононовыми эфирами // Химия гетероцикл. соед. – 1971. – № 3. – С.335–338.
3. *Титов Е.А., Грищенко А.С.* Новый способ получения 2-метил-3-ацетил-5-аренсульфонамидобензофуранов // Химия и хим. технол. – 1973. – Т. 16, № 7. – С.1055–1058.
4. *Титов Е.А., Грищенко А.С., Гура Л.А., Кост А.Н.* Производные бензофурана // Химия гетероцикл. соед. – 1973. – № 11. – С.1451–1454.
5. *Титов Е.А., Грищенко А.С.* Получение производных индола // Химия и хим. технол. – 1972. – Т. 15, № 11. – С.1685–1687.
6. *Титов Е.А., Грищенко А.С., Кост А.Н.* 1-Алкил-2-метил-3-карбэтоксид-5,7-дихлор-6-оксииндолы // Химия гетероцикл. соед. – 1976. – № 4. – С.490–492.
7. *Авдеенко А.П., Коновалова С.А., Михайличенко О.Н., Юсина А.Л., Санталова А.А., Паламарчук Г.В., Зубатюк Р.И., Шишкин О.В.* Взаимодействие *N*-арилсульфонил-1,4-хинониминов с енаминами // Ж. орг. химии. – 2011. – Т. 47, № 8. – С.1151–1162.
8. *Машковский М.Д.* Лекарства XX века. – Москва: Новая волна. 1998. – С. 239.
9. *Гринев А.Н., Зотова С.А., Столярчук А.А., Гаевой В.П., Мацак В.В.* Синтез и фармакологические свойства 2-аминометильных производных бензофурана // Хим.-фарм. журн. – 1979. – Т. 13, № 1. – С.51–54.
10. *Гринев А.Н., Зотова С.А., Михайлова И.Н., Столярчук А.А., Степанюк Г.И., Мацак В.В., Сизова Т.Н., Першин Г.Н.* Синтез и биологическая активность производных 3-арилбензофурана // Хим.-фарм. журн. – 1979. – Т. 13, № 8. – С. 39–45.
11. *Пат. 2373199 РФ, МКИ С 07 D 307/81.* Производные бензофурана, композиции на их основе и способы лечения аритмии сердца / П. Друзгала (США); Арикс Терапьютикс. – № 2006139649/04; Заявл. 20.05.2008; Опубл. 20.11.2009. Бюл. № 32. – 12 с.
12. *Пат. 4663347 США, МКИ А 61 К 31/34.* Benzofuran 2-carboxylic acid esters useful as inhibitors of leukotriene biosynthesis / Atkinson J.G., Guindon Y., Lau C.K. (США); Merck Frosst Canada, Inc. – № 06/725,265; Заявл. 19.04.85; Опубл. 05.05.87; НКИ 514/467. – 40 с.
13. *Авдеенко А.П., Бурмистров К.С., Дубина В.Л., Скрипеч В.И.* *N*-[*N*-арен(алкан)сульфонилбензимидаил]-производные *n*-хинониминов // Укр. хим. журн. – 1980. – Т. 46, № 10. – С.1081–1083.
14. *Adams R., Looker J.H.* Quinone imides. IV. *p*-Quinone monosulfonimides // J. Amer. Chem. Soc. – 1951. – Vol. 73, N 3. – P.1145–1149.
15. *Авдеенко А.П., Коновалова С.А., Васильева В.М., Шишкин О.В., Паламарчук Г.В., Баумер В.Н.* Синтез и структура *N*-арил-(феноксид, бензилиден)ацетил-1,4-бензохинонмоноиминов // Ж. орг. химии. – 2012. – Т. 48, № 10. – С.1313–1323.
16. *Авдеенко А.П., Коновалова С.А., Сергеева А.Г., Зубатюк Р.И., Паламарчук Г.В., Шишкин О.В.* Синтез и структура *N*-алкил(арил)аминокарбонил-1,4-бензохинонмоноиминов // Ж. орг. химии. – 2008. – Т. 44, № 12. – С. 1791–1798.
17. *Грищенко А.С.* Некоторые реакции *N*-аренсульфонил-1,4-хинонмоноиминов с енаминами. Дис. ... канд. хим. наук. – Днепропетровск, 1973. 136 с.
18. *Domschke G.* Die 5-Hydroxy-indolsynthese nach C. D. Nenitzescu // Zeitschrift für Chemie. – 1966. – Vol. 6, N 2. – P.41–51.
19. *Граник В.Г., Любчанская В.М., Муханова Т.И.* Реакция Неницеску (обзор) // Хим.-фарм. журн. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 37–55.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2017

С. О. Коновалова, А. П. Авдєнко, О. М. Лисенко, Г. Л. Юсіна

Донбаська державна машинобудівна академія, вул. Академічна, 72, Краматорськ-13, Україна, 84313; e-mail: chimist@dgma.donetsk.ua

СИНТЕЗ ПОХІДНИХ БЕНЗОФУРАНУ НА ОСНОВІ *N*-АЦИЛ-1,4-БЕНЗОХІНОНМОНОІМІНІВ

У результаті реакції Неніцеску *N*-арил-, *N*-бензиліденацетил- та *N*-ариламінокарбоніл-1,4-бензохінонмоноімінів з 4-(*n*-толуїдино)пент-3-ен-2-оном в одну стадію при кімнатній температурі в оцтовій кислоті отримано 3-ацетил-5-ациламідо-2-метилбензофурані. Наявність протонів у реакційному середовищі значно полегшує протонування інтермедіатів. Похідні індоли в апротонних розчинниках одержати не вдалося.

Ключові слова: 3-ацетил-5-ациламідо-2-метилбензофуран, 4-(*n*-толуїдино)пент-3-ен-2-он, реакція Неніцеску, *N*-ацил-1,4-бензохінонмоноіміни.

S. A. Konovalova, A. P. Avdeenko, E. N. Lysenko, A. L. Yusina

Donbass State Engineering Academy, Akademichna str., 72, Kramatorsk-13, Ukraine, 84313; chimist@dgma.donetsk.ua

SYNTHESIS OF BENZOFURAN DERIVATIVES ON THE BASIS OF *N*-ACYL-1,4-BENZOQUINONE MONOIMINES

Earlier it was found the structure of the reaction products of 1,4-benzoquinones and *N*-arylsulfonyl-1,4-benzoquinone monoimines with acetylacetone imines depends on the structure of the reagents and the experimental conditions. The indole derivatives formed in aprotic solvents, the benzofuran derivatives were obtained in acidic medium. Benzofuran derivatives are bioactive compounds and widely used as drugs.

The aim of this work is to obtain reaction products of new *N*-acyl-1,4-benzoquinone monoimines with 4-(4-toluidine)pent-3-en-2-one. Reactions of *N*-aroyl-, *N*-benzylideneacetyl-, *N*-arylamino-carbonyl-1,4-benzoquinone monoimines with 4-(4-toluidine)pent-3-en-2-one were carried out in acetic acid, chloroform and dichloroethane with distillation of the solvent. The new 3-acetyl-5-acylamido-2-methylbenzofurans were obtained in one step at room temperature only in acetic acid. The Nenitescu reaction is multistage and the presence of protons in the reaction medium greatly facilitates a protonation of intermediates formed during reaction.

The reaction products were obtained only for quinone imines with a free C=C bond in the quinoid ring. For 2,5-dimethyl-, 6-isopropyl-3-methyl-, 3,5-dimethyl derivatives of 1,4-benzoquinone monoimines, containing alkyl substituents at the carbon atoms of both C=C bonds of the quinoid ring, we obtained mixtures of products which could not be identified.

We did not obtain indole derivatives, since the reaction of *N*-aroyl-, *N*-benzylideneacetyl-, *N*-arylamino-carbonyl-1,4-benzoquinone monoimines with 4-(4-toluidine)pent-3-en-2-one in aprotic solvents gave multicomponent mixtures which could not be separated.

Keywords: 3-acetyl-5-acylamido-2-methylbenzofuran, 4-(4-toluidine)pent-3-en-2-one, the Nenitescu reaction, *N*-acyl-1,4-benzoquinone monoimines.

REFERENCES

1. Grinev A.N., Shvedov V.I., Sugrobova I.P. *Quinones. XXXVI. Issledovaniya v oblasti khinonov. XXXVI. Kondensatsiya iminov atsetilatsetona s p-benzokhinonom* [Quinones. XXXVI. Condensation of acetylacetone imines with p-benzoquinone]. Zhurnal obshchey khimii, 1961, vol. 31, no 7, pp. 2298-2303. (in Russian)
2. Grinev A.N., Uretskaya G.Ya., Liberman S.F. *Quinones. L. Condensation of 2,3-dichloro-p-benzoquinone with N-alkyl(aryl)- β -aminocrotonic acid esters*. Chem. Heterocycl. Compd., 1971, vol. 7, no 3, pp. 309-312. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00944409>
3. Titov E.A., Grishchenko A.S. *Novyyu sposob polucheniya 2-metil-3-atsetil-5-arensulfonamidobenzofuranov* [New method of 2-methyl-3-acetyl-5-arylsulfonamide benzofuranes synthesis]. Khimia i khimicheskaya tekhnologiya, 1973, vol. 16, no 7, pp. 1055-1058. (in Russian)
4. Titov E.A., Grishchenko A.S., Gura L.A., Kost A.N. *Benzofuran derivatives*. Chem. Heterocycl. Compd., 1973, vol. 9, no 11, pp. 1311-1314. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00470330>
5. Titov E.A., Grishchenko A.S. *Poluchenie proizvodnykh indola* [Synthesis of indole derivatives]. Khimia i khimicheskaya tekhnologiya, 1972, vol. 15, no 11, pp. 1685-1687. (in Russian)
6. Titov E.A., Grishchenko A.S., Kost A.N. *6-Hydroxyindole derivatives from benzoquinonimines*. Chem. Heterocycl. Compd., 1976, vol. 12, no 4, pp. 411-413. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00480426>
7. Avdeenko A.P., Konovalova S.A., Mikhailichenko O.N., Yusina A.L., Santalova A.A., Palamarchuk G.V., Zubatyuk R.I., Shishkin O.V., Burmistrov K.S. *Reactions of N-arylsulfonylquinone imines with enamines*. Russ. J. Org. Chem., 2011, vol. 47, no 8, pp. 1169-1180. <http://dx.doi.org/10.1134/S1070428011080094>
8. Mashkovskiy M.D. *Lekarstvennye sredstva* [Drugs]. Moscow, Novaya Volna, 1998, vol. 1, 736 p. (in Russian)
9. Grinev A.N., Zotova S.A., Stolyarchuk A.A., Gaevoi V.P., Matsak V.V. *Synthesis and pharmacological properties of 2-aminomethyl derivatives of benzofuran*. Pharm. Chem. J., 1979, vol. 13, no 1, pp. 44-47. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00778862>
10. Grinev A.N., Zotova S.A., Mikhailova I.N., Stolyarchuk A.A., Stepanyuk G.I., Matsak V.V., Sizova T.N., Pershin G.N. *Synthesis and biological activity of 3-arylbenzofuran derivatives*. Pharm. Chem. J., 1979, vol. 13, no 8, pp. 814-819. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00772220>
11. Druzgala P. *Benzofuranyl derivatives useful for the treatment of cardiac arrhythmia*. Patent USA, no. CA 2560336, 2005. <https://www.google.com/patents/CA2560336A1?cl=en>
12. Atkinson J.G., Guindon Y., Lau C.K. *Benzofuran 2-carboxylic acid esters useful as inhibitors of leukotriene biosynthesis*. Patent USA, no 4663347, 1985. <http://google.ch/patents/US4663347>
13. Avdeenko A.P., Burmistrov K.S., Dubina V.L., Skripets V.I. *N-[N-Aren(alkan)-sulfonylbenzimidoyl]-proizvodnyye p-khinoniminov {N-[N-Aryl(alkane)sulfonylbenzimidoyl]-derivatives of p-quinone monoimines}*. Ukrainskii khimicheskii zhurnal, 1980, vol. 46, no. 10, pp. 1081-1083. (in Russian)
14. Adams R., Looker J.H. *Quinone imides. IV. p-Quinone monosulfonimides*. J. Amer. Chem. Soc., 1951, vol. 73, no 3, pp. 1145-1149. <http://dx.doi.org/10.1021/ja01147a078>
15. Avdeenko A.P., Konovalova S.A., Sergeeva A.G., Zubatyuk R.I., Palamarchuk G.V., Shishkin O.V. *Synthesis and structure of N-alkyl(aryl)aminocarbonyl-1,4-benzoquinone imines*. Russ. J. Org. Chem., 2008, vol. 44, no 12, pp. 1765-1772. <http://dx.doi.org/10.1134/S1070428008120075>
16. Avdeenko A.P., Konovalova S.A., Vasil'eva V.M., Shishkin O.V., Palamarchuk G.V., Baumer V.N. *Synthesis and structure of N-aryl(phenoxy, benzylidene)acetyl-1,4-benzoquinone monoimines*. Russ. J. Org. Chem., 2012, vol. 48, no 10, pp. 1309-1319. <http://dx.doi.org/10.1134/S1070428012100089>
17. Grishchenko A.S. *Nekotorye reaktsii N-arensulfonyl-1,4-khinonmonoiminov s enamini* [Some reactions of N-arylsulfonyl-1,4-quinone imines with enamines. Cand. chem. sci. diss.] Dnepropetrovsk, Dnepropetrovsk Institute of Chemical Technology, 1973, 136 p. (in Russian)
18. Domschke G. *Die 5-Hydroxy-indolsynthese nach C. D. Nenitzescu*. Zeitschrift für Chemie, 1966, vol. 6, no 2, pp. 41-51. <http://dx.doi.org/10.1002/zfch.19660060202>
19. Granik V.G., Lyubchanskaya V.M., Mukhanova T.I. *The Nenitzescu reaction (review)*. Pharm. Chem. J., vol. 27, no 6, pp. 413-438. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00780660>