

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMICAL SCIENCES

Оригинальная статья / Original article

УДК 547

DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-4-17-23

## СИНТЕЗ 2-МЕТОКСИ-3-АРИЛ(ГЕТАРИЛ)ПРОПЕНАЛЕЙ ПУТЕМ АЛЬДОЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПРИ МИКРОВОЛНОВОЙ АКТИВАЦИИ

© Н.В. Вчисло\*, Е.А. Верочкина\*, В.Г. Елшина\*\*

\*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН,  
Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1.

\*\*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

*Разработан метод синтеза 2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей путем органокатализируемой кросс-альдольной конденсации ароматических или гетероароматических альдегидов с метоксиуксусным альдегидом при микроволновой активации. В синтезах был использован микроволновой реактор Anton Paar Monowave-300. Эффективным органокатализатором выбран пирролидин (30-100 мол%), часто применяемый в тонком органическом синтезе. Преимуществами метода являются отсутствие токсичных растворителей, короткое время реакции (1–3 мин), простая обработка реакционной смеси. Однако выходы целевых продуктов остаются умеренными (47–53%). Получены новые представители  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных альдегидов - 2-метокси-3-фенилпропеналь и 2-метокси-3-(2-фурил)пропеналь – перспективные объекты для дальнейших исследований. Например, эти соединения могут быть интересны в качестве исходных реагентов в синтезе гетероциклических соединений (пирролов, оксазолидинов, пиразолов, имидазолидинов, бензимидазолов и др.).*

*Ключевые слова:*  $\alpha,\beta$ -ненасыщенные альдегиды; еналы; альдольная конденсация; органокатализ.

**Формат цитирования:** Вчисло Н.В., Е.А. Верочкина, В.Г. Елшина Синтез 2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей путем альдольной конденсации при микроволновой активации // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 7, N 4. С. 17–23. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-4-17-23

## SYNTHESIS OF 2-METHOXY-3-ARYL(HETARYL)PROPENALS BY ALDOL CONDENSATION UNDER MICROWAVE IRRADIATION

© N.V. Vchislo\*, E. A. Verochkina\*, V.G. Elshina\*\*

\*A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS  
1, Favorsky St., Irkutsk, 664033, Russian Federation

\*\*Irkutsk National Research Technical University  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation

*The developed method of synthesis of 2-methoxy-3-aryl(hetaryl)propanola by organocatalysis the cross-aldol condensation of aromatic or heteroaromatic aldehydes with matosiuk-sonnym aldehyde under microwave activation. In the syntheses were used the microwave reactor Anton Paar Monowave-300. Effective organocatalysts selected pyrrolidine (30-100 mol%), commonly used in fine organic synthesis. Advantages of this method are the absence of toxic solvents, short reaction time (1-3 min), a simple treatment of the reaction mixture. However, the yields of target products remain moderate (47-53%). Obtained new representatives of  $\alpha,\beta$  unsaturated aldehydes - 2-methoxy-3-phenylpropenal and 2-methoxy-3-(2-furyl)propenal – promising objects for further studies. For example, these compounds may be of interest as starting reagents in the synthesis of heterocyclic compounds (pyrroles, oxazolidines, pyrazoles, imidazolidine, etc.).*

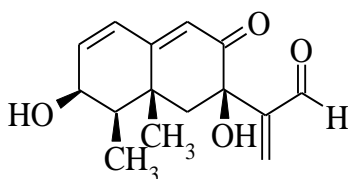
*Keywords:*  $\alpha,\beta$ -unsaturated aldehydes; enals; aldol condensation; organocatalysis.

**For citation:** Vchislo N.V., Verochkina E.A., Elshina V.G. Synthesis of 2-methoxy-3-aryl(hetaryl)propenals by aldol condensation under microwave irradiation. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no. 4, pp. 17–23. (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-4-17-23

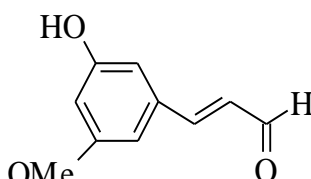
## ВВЕДЕНИЕ

Важным направлением органической химии является изучение методов синтеза и свойств  $\alpha$ -функционально замещенных  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов [1]. Известно, что  $\alpha$ -гетероатомные алкенали обнаружены в тканях человека и растений [2, 3]. Например, из бермудской травы *Bipolaris cynodontis* выделен фитотоксичный метаболит – сексвитерпен биполароксин I, имеющий структуру  $\alpha$ -бициклоалкилзамещенного акролеина [4, 5]. Из

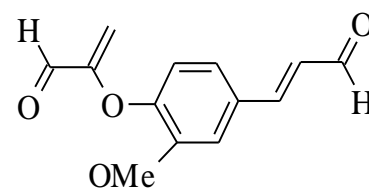
культуры тканей растения *Artemisia annua* выделены кониферальдегид II и его производное, в котором сочетаются структуры 2-оксипропенала и циннамового альдегида – 2-{2'-метокси-[4-2''-(формил)-винил]фенилокси}-пропеналь III [6]. 2-Замещенные акролеины IV и V обладают фитотоксичной активностью и исследованы как ингибиторы роста семян салата-латука [4]. Картофель сорта *Ipomea batatas* содержит эффективный фунгицидный ингибитор VI, аналог соединения I [7].



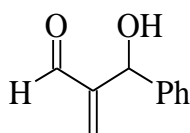
I



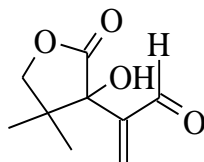
II



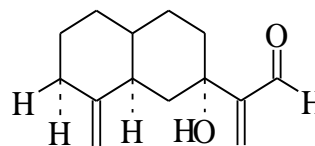
III



IV



V



VI

В исследованиях, проводимых в ИРИХ СО РАН, установлено, что производные  $\alpha$ -алкокси- и  $\alpha$ -алкилтиозамещенных альдегидов являются фунгицидами [8], антимикробными препаратами<sup>1</sup>, а также, что некоторые обладают ДНК-ингибирующей и противоопухолевой активностью [9].

Необходимость совершенствования известных и разработка новых методов синтеза  $\alpha$ -замещенных  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов, являющихся важными объектами исследований в органическом синтезе и медицине, определяет актуальность исследования.

Цель данного исследования состоит в разработке метода синтеза 2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей путем органокатализируемой кросс-альдольной конденсацией ароматических или гетероароматических альдегидов с метоксиуксусным альдегидом при

микроволновой активации.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  изученных соединений зарегистрированы на спектрометрах Bruker DPX-400 и Bruker AV-400 (400.13 и 100.61 МГц, соответственно) в  $\text{CDCl}_3$ . Химические сдвиги сигналов ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  измерены относительно ТМС. ИК-спектры полученных соединений записаны на приборе Bruker IFS-25. Элементный анализ определяли на автоматическом анализаторе Thermo Finning 1112ser. Колоночную хроматографию проводили на силикагеле 60 (70-200 меш; Merk). В синтезах использован микроволновой реактор Anton Paar 'Monowave 300'.

### Общая методика

**Метод А.** К смеси NaOH (130 мол%) в 30 мл ДМФА при комнатной температуре и перемешивании добавляли одной порцией 10 ммоль ароматического или гетероароматического альдегида, затем медленно по каплям – раствор 12 ммоль водный азеотроп метоксиуксусного альдегида в 5 мл ДМФА. Перемешивание продолжали при комнатной температуре до окончания реакции 2-3 ч (контроль по ЯМР  $^1\text{H}$ ), после чего реакционную смесь разбавляли водой и экстрагировали бензолом. Органический экстракт промывали водой, сушили

<sup>1</sup> Баркова Н.П. Закономерности действия нового эффективного антисептика пиранового ряда – дибутурина на макро- и микроорганизм: автореф. дисс... канд. мед. наук. Иркутск, 1996. Barikova N.P. Zakonomernosti deystviya novogo effektivnogo antiseptika piranovogo ryada – dibutirina na makro- i mikroorganizm // Avtoreferat diss. kand. med. nauk. Irkutsk – 1996.

## Синтез 2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей путем альдольной конденсации...

MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя продукт выделяли хроматографически.

**Метод Б.** К 10 ммоль ароматического или гетероароматического альдегида добавляли 20 ммоль водного азеотропа метоксиуксусного альдегида и 30-100мол% пирролидина. Реакционную смесь подвергали микроволновому излучению (1-3 мин). Затем реакционную смесь сушили MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя продукт выделяли хроматографически.

**(Z)-2-Метокси-3-(4-нитрофенил)пропеналь.** **Метод А** описан в литературе [1в]. **Метод Б.** К 10 ммоль 4-нитробензальдегида **1е** добавляли 20 ммоль водный азеотроп метоксиуксусного альдегида **2д** и 100мол% пирролидина. Реакционную смесь подвергали микроволновому излучению (3 мин, 95°C). Затем реакционную смесь сушили MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя в вакууме продукт выделяли хроматографически. Выход после очистки хроматографией на силикагеле, элюент CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 1.05 г (51 %). Спектры аналогичны [1в].

**(Z)-2-Метокси-3-(2-фурил)пропеналь.** **Метод А.** Получен из 0.5 г (4.71 ммоль) 2-фурилальдегида **1б** и 0.46 г (6.25 ммоль) метоксиуксусного альдегида. Выход 0.5 г (64%), жидкость темно-оранжевого цвета. Выделен хроматографически на силикагеле (элюент гексан : эфир 3 : 1).

ИК-спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3444, 2981, 2845, 1678 (C=O), 1618 (C=C), 1561, 1471, 1417, 1374, 1345, 1233, 1136, 1108, 1083, 1042, 1018, 826. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H,  $\delta$ , м.д.: 4,0 с (3H, OCH<sub>3</sub>), 6,53 дд (1H, J = 3,3 Гц, J = 1,2 Гц, H-4), 6,56 с (1H, =CH), 7,06 д (1H, J = 3,3 Гц, H-3), 7,54 д (1H, J = 1,1 Гц, H-5), 9,25 с (1H, CHO). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C,  $\delta_C$ , м.д.: 58,71 (OCH<sub>3</sub>), 112,76 (C-4), 115,53 (C-3), 121,50 (=CH), 144,29 (C-5), 149,39 (C-2), 187,32 (CHO). Найдено, %: C 63,23; H 5,28. C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>. Вычислено, %: C 63,15; H 5,26.

**Метод Б.** К 10 ммоль 2-фурилальдегида **1б** добавляли 20 ммоль водный азеотроп метоксиуксусного альдегида **2д** и 100мол% пирролидина. Реакционную смесь подвергали микроволновому излучению (1 мин, 95°C). Затем реакционную смесь сушили MgSO<sub>4</sub>. После

удаления растворителя в вакууме продукт выделяли хроматографически. Выход после очистки хроматографией на силикагеле (элюент гексан:эфир 3:1) 0.71 г (47 %). Спектры соответствуют приведенным выше.

**(Z)-2-Метокси-3-фенилпропеналь**

**Метод А.** Получен из 0.5 г (4.72 ммоль) бензальдегида и 0.42 г (5.66 ммоль) метоксиуксусного альдегида. Выход 0.58 г (76%), жидкость темно-оранжевого цвета. Выделен хроматографически на силикагеле (элюент гексан : эфир 2 : 1).

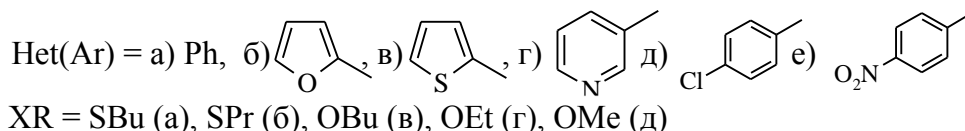
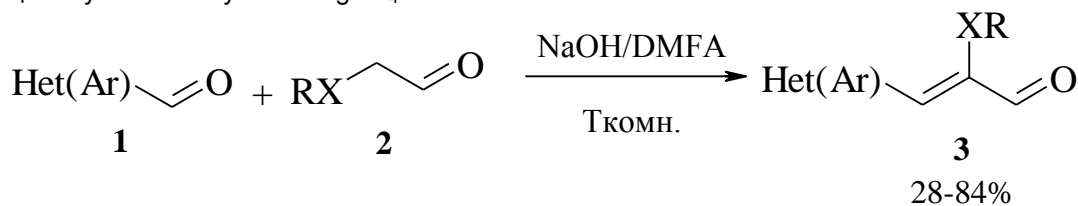
ИК спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3438, 3391, 3028, 2857, 2737, 1685 (C=O), 1624 (C=C), 1597, 1585, 1451, 1414, 1374, 1348, 1204, 1181, 1040, 827, 783, 692. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H,  $\delta$ , м.д.: 3,94 с (3H, OCH<sub>3</sub>), 6,51 с (1H, =CH), 7,36 м (3H, м-, п-Н), 7,78 д (2H, J = 7.5 Гц, о-Н), 9.33 с (1H, CHO). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C,  $\delta_C$ , м.д.: 58,66 (OCH<sub>3</sub>), 128,62 (C-мета), 128,80 (=CH), 130,19 (C-пара), 130,96 (C-орто), 133,23 (C-ипсо), 153,99 (=C-O), 189,24 (CHO). Найдено, %: C 74,02; H 6,18. C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>. Вычислено, %: C 74,00; H 6,17.

**Метод Б.** К 10 ммоль бензальдегида **1а** добавляли 20 ммоль водный азеотроп метоксиуксусного альдегида **2д** и 100мол% пирролидина. Реакционную смесь подвергали микроволновому излучению (1 мин, 95°C). Затем реакционную смесь сушили MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя в вакууме продукт выделяли хроматографически. Выход после очистки хроматографией на силикагеле (элюент гексан:эфир 2:1) 0.86 г (53%). Спектры соответствуют приведенным выше.

Основные результаты были получены с использованием оборудования Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.

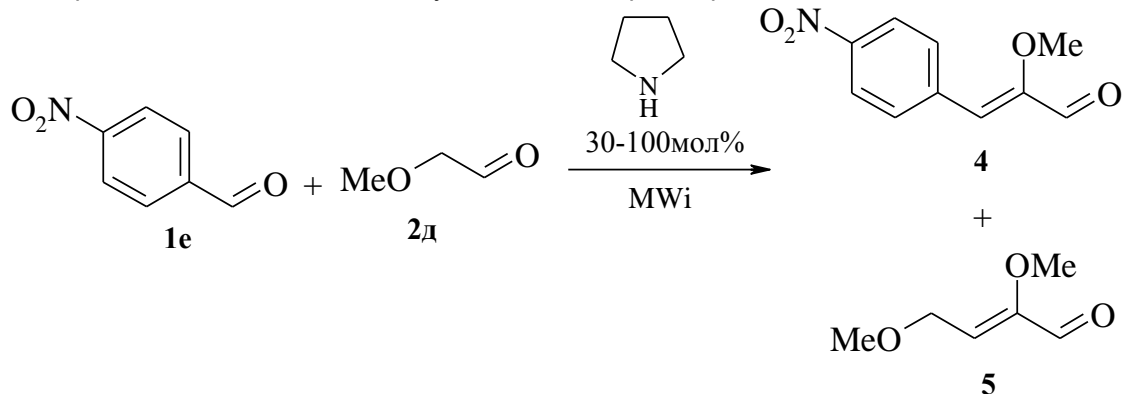
### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее предложен метод синтеза ранее неизвестных (Z)-2-алкокси- или (Z)-2-алкилтио-3-арил(гетарил)пропеналей **3**, основанный на реакции кросс-альдольной конденсации арили гетарилальдегидов **1** с алкокси- и алкилтиоацетальдегидами **2** [1а].



Однако этот метод имеет ряд недостатков: большое количество ДМФА, трудоемкая стадия обработки реакционной смеси с использованием высокотоксичного бензола.

Нами предложен новый метод получения



Для оптимизации экспериментальных условий методологическое изучение первоначально было проведено для пары 4-нитробензальдегид (**1e**) – метоксиуксусный альдегид (**2d**). Условия реакций и соотношения продуктов даны в табл. 1.

Как видно из табл. 1, исходный бензальдегид **1e** всегда остается непрореагировавшим. Однако увеличение количества метоксиуксусного альдегида **2d** приводит к увеличению содержания продукта самоконденсации **5** (табл. 1, выход 6-7). Добавление растворителя способствует самоконденсации метоксиуксусного

2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей органо-катализируемой кросс-альдольной конденсацией ароматических или гетероароматических альдегидов с метоксиуксусным альдегидом при микроволновой активации.

альдегида **2d** (табл. 1, выход 2). Наилучшие результаты достигнуты при двукратном избытке метоксиацетальдегида **2d**, использовании пирролидина (100 мол%) и микроволновой активации в течение 3 мин при 95 °С (табл. 1, выход 9).

(Z)-2-Метокси-3-фенилпропеналь и (Z)-2-метокси-3-(2-фурил)пропеналь были получены в условиях межфазного катализа NaOH/ДМФА (Метод А) и в микроволновом реакторе при оптимизированных условиях (Метод Б) (табл. 2).

Таблица 1

Оптимизация условий реакции альдольной конденсации между 4-нитробензальдегидом (**1e**) и метоксиуксусным альдегидом (**2d**) при микроволновой активации\*

Table 1

Optimization of conditions of aldol condensation between 4-nitrobenzaldehyde (**1e**) and methoxy-acetaldehyde (**2d**) under microwave activation

Соотношение реагентов <b>1e:2d</b>	Пирролидин (мол%)	Время, (мин)	Температура, °С	Альдегид <b>1e</b> **	Целевой продукт ( <b>4</b> )**	Продукт самоконденсации ( <b>5</b> )**
1:1	30	10	120	1.4	1	0.28
1:1.2	30	10	120	1.8	1	1.4
1:1.5	30	6	100	3	1	0.8
1:1	30	6	95	2.6	1	0.1
1:2	30	6	95	1.7	1 (32)	0
1:3	30	6	95	1.4	1	0.3
1:4	30	6	95	1.2	1	0.6
1:2	50	3	95	1.56	1	0.16
<b>1:2</b>	<b>100</b>	<b>3</b>	<b>95</b>	<b>0.77</b>	<b>1 (51)</b>	<b>0</b>
1:2	100	1	95	1.2	0.6	0

\*В микроволновом реакторе Anton Paar 'Mowave 300'; \*\*согласно спектрам <sup>1</sup>H ЯМР; в скобках указан выход после хроматографии; ° в растворителе CH<sub>3</sub>CN.

Таблица 2

**Синтез (Z)-2-метокси-3-фенилпропеналя и (Z)-2-метокси-3-(2-фурил)пропеналя**

Table 2

**Synthesis of (Z)-2-methoxy-3-phenyl-propenal and (Z)-2-methoxy-3-(2-furyl)propenal**

	Метод А*			Метод Б**			
	NaOH, (мол%)	Время, мин	Выход, % <sup>в</sup>	Пирролидин, (мол%)	Время, (мин)	Темп-ра, (°С)	Выход, % <sup>***</sup>
2-метокси-3-фенилпропеналя	130	300	76	100	1	95	53
2-метокси-3-(2-фурил)пропеналя	130	120	64	100	1	95	47

\*При комнатной температуре; \*\*в микроволновом реакторе Anton Paar 'Monowave 300'; \*\*\*выход после колоночной хроматографии.

Согласно приведенным в табл. 2 данным, оказалось, что время реакции фурилальдегида **16** и метоксиуксусного альдегида **2д** в микроволновом реакторе можно сократить до 1 мин. Длительное нагревание реакционной смеси (3 мин) приводит к полимеризации и снижению выхода желаемого продукта.

Таким образом, нами исследовано взаимодействие арил- или гетарилальдегидов с метоксиацетальдегидом путем смешанной альдольной конденсации при микроволновой активации в условиях органокатализа. Этот метод дает ряд преимуществ: небольшое время реакции, отсутствие растворителей, простая обработка реакционной смеси. Однако выходы целевых продуктов остаются

умеренными (47–53%).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен новый метод синтеза 2-метокси-3-арил(гетарил)пропеналей путем органокатализируемой кросс-альдольной конденсацией ароматических или гетероароматических альдегидов с метоксиуксусным альдегидом при микроволновой активации. В результате проведенного эксперимента синтезированы новые 2-метоксизамещенные пропенали (2-метокси-3-фенилпропеналя, 2-метокси-3-(2-фурил)пропеналя). Соединения интересны в качестве исходных реагентов в синтезе гетероциклических соединений.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Keiko N. A., Stepanova L. G., Verochkina, E. A., Larina L. I. Synthesis and properties of 2-alkoxy- and 2-alkylthio-3-aryl(hetaryl)propenals // *Arxivoc*. 2010. V. II. P. 49–60.
2. Vchislo N. V., Verochkina E. A., Larina L. I., Vashchenko A. V., Chuvashv Y. A. Reaction of 2-alkoxy- and 2-hydroxypropenals with *o*-phenylenediamine: a route to benzimidazoles and quinoxalines // *Mend. Commun*. 2017. 27. P. 166–168.
3. N. A. Keiko, N. V. Vchislo, E. A. Verochkina, Y. A. Chuvashv, L. I. Larina. Hydrolysis of (Z)-2-alkoxy-3-arylpropenals as a short-cut to benzylglyoxals // *Mend. Commun*. 2016. N 26. P. 431–433.
4. Kim H., Ralph J., Lu F., Ralph Sally A. NMR analysis of lignins in CAD-deficient plants. Incorporation of hydroxycinnamaldehydes and hydroxybenzaldehydes into lignins // *Org. Biomol. Chem*. 2003. V. 1. P. 268–281.
5. Chang G.-C., Shiao M.-S., Lee K.-R., Wu J.-J. Modification of human placental alkaline phosphatase by periodate-oxidized 1,*N*<sup>6</sup>-ethenoadenosine monophosphate // *Biochem. J*. 1990. V. 272. P. 683–690.
6. Sugawara F., Strobel G., Fisher L.E., Van Duyne G.D., Clardy J. Bipolaroxin, a selective phytotoxin produced by *Bipolaris cynodontis*. // *J. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1985. V. 82, N 15. P. 8291–8294.
7. Strunz G.M., Bethell R., Sampson G., White P. On the Baylis-Hillman reaction of acrylate, acrylonitrile, and acrolein with some non-enolizable  $\alpha$ -dicarbonyl compounds: synthesis of phytotoxic bipolaroxin models // *Can. J. Chem*. 1995. V. 73. P. 1611–1674.
8. Sy L.K., Brown G.D. Coniferaldehyde derivatives from tissue culture of *Artemisia annua* and *Tanacetum parthenium* // *Phytochemistry*. 1999. V. 50. P. 781–785.
9. Schneider J.A., Nakanishi K. A new class of sweet potato phytoalexins // *J. Chem. Soc. Chem. Comm*. 1983. N 7. P. 353–355.
10. Волчатова И.В., Медведева С.А., Кейко Н.А. Изучение фунгистатических свойств дибутурина по отношению к дереворазрушающим грибам // *Изв. Вузов. Строительство*. 2001. N 12. С. 47–48.
11. Кейко Н.А., Степанова Л.Г., Воронков М.Г., Потапова Г.И., Гудратов О.Н., Трещалина Е.М. Синтез, ДНК-ингибирующая и противоопухолевая активность тиосемикарбазона 2-формил-2,5-диметокси-2,3-дигидро-4*H*-пирана, его этильного аналога и медного комплекса //

**REFERENCES**

1. Keiko N.A., Stepanova L.G., Verochkina, E.A., Larina L.I. Synthesis and properties of 2-alkoxy- and 2-alkylthio-3-aryl(hetaryl)propenals. *Arkivoc*. 2010, vol. II, pp. 49–60.
2. Vchislo N.V., Verochkina E.A., Larina L.I., Vashchenko A.V., Chuvashov Y.A. Reaction of 2-alkoxy- and 2-hydroxypropenals with *o*-phenylenediamine: a route to benzimidazoles and quinoxalines. *Mend. Commun.* 2017, no. 27, pp. 166–168.
3. Keiko N.A., Vchislo N.V., Verochkina E.A., Chuvashov Y.A., Larina L.I. Hydrolysis of (Z)-2-alkoxy-3-arylpropenals as a short-cut to benzylglyoxals. *Mend. Commun.* 2016, no. 26, pp. 431–433.
4. Kim H., Ralph J., Lu F., Ralph Sally A. NMR analysis of lignins in CAD-deficient plants. Incorporation of hydroxycinnamaldehydes and hydroxybenzaldehydes into lignins. *Org. Biomol. Chem.* 2003, vol. 1, pp. 268–281.
5. Chang G.-C., Shiao M.-S., Lee K.-R., Wu J.-J. Modification of human placental alkaline phosphatase by periodate-oxidized 1,*N*<sup>6</sup>-ethenoadenosine monophosphate. *Biochem. J.* 1990, vol. 272, pp. 683–690.
6. Sugawara F., Strobel G., Fisher L.E., Van Duyne G.D., Clardy J. Bipolaroxin, a selective phytotoxin produced by *Bipolaris cynodontis*. *J. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1985, vol. 82, no. 15, pp. 8291–8294.
7. Strunz G.M., Bethell R., Sampson G., White P. On the Baylis-Hillman reaction of acrylate, acrylonitrile, and acrolein with some non-enolizable  $\alpha$ -dicarbonyl compounds: synthesis of phytotoxic bipolaroxin models. *Can. J. Chem.* 1995, vol. 73, pp. 1611–1674.
8. Sy L.K., Brown G.D. Coniferaldehyde derivatives from tissue culture of *Artemisia annua* and *Tanacetum parthenium*. *Phytochemistry*. 1999, vol. 50, pp. 781–785.
9. Schneider J.A., Nakanishi K. A new class of sweet potato phytoalexins. *J. Chem. Soc. Chem. Comm.* 1983, no. 7, pp. 353–355.
10. Volchatova I.V., Medvedeva S.A., Keyko N.A. Study of fungistatic properties of dibutyryne to wood destructive fungi. *Izvestiya Vuzov. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions]. 2001, no. 12, pp. 47–48. (in Russian)
11. Keiko N.A., Stepanova L.G., Voronkov M.G., Potapova G.I., Gudratov O.N., Treshchalina Ye.M. Synthesis, DNA-inhibiting activity, and anti-tumor activity of 2,5-dimethoxy-2,3-dihydro-4H-pyran thiosemicarbazone, a related ethyl analog, and a copper complex. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Pharmaceutical Chemistry Journal]. 2002, vol. 36, no. 8, pp. 11–13. (in Russian)

**Критерии авторства**

Вчисло Н.В., Е.А. Верочкина, В.Г. Елшина выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Вчисло Н.В., Е.А. Верочкина, В.Г. Елшина имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**  
**Принадлежность к организации**

**Надежда В. Вчисло**  
Иркутский институт химии  
им. А.Е. Фаворского  
К.х.н., научный сотрудник  
vchislo@irioch.irk.ru

**Екатерина А. Верочкина**  
Иркутский институт химии  
им. А.Е. Фаворского  
К.х.н., научный сотрудник  
kleptsova84@mail.ru

**Contribution**

Vchislo N.V., Verochkina E.A., Elshina V.G. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Vchislo N.V., Verochkina E.A., Elshina V.G. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

**AUTHORS' INDEX**  
**Affiliations**

**Nadezhda V. Vchislo**  
A.E. Favorsky Irkutsk Institute  
of Chemistry SB RAS  
Ph.D. (Chemistry), Researcher  
vchislo@irioch.irk.ru

**Ekaterina A. Verochkina**  
A.E. Favorsky Irkutsk Institute  
of Chemistry SB RAS  
Ph.D. (Chemistry), Researcher  
kleptsova84@mail.ru

**Виктория Г. Елшина**

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет  
Студент  
Vic\_yol@mail.ru

**Viktoria G. Elshina**

Irkutsk National Research Technical University  
Student  
Vic\_yol@mail.ru

*Поступила 21.03.2017*

*Received 21.03.2017*