



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 543.54:547.9

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/10604

### **Исследование состава экстрактов гидрофобных органических биологически активных соединений из лекарственного растительного сырья**

**Владимир Михайлович Болотов<sup>1</sup>, Хидмет Сафарович Шихалиев<sup>2</sup>,  
Михаил Андреевич Потапов<sup>2</sup>, Елена Владимировна Комарова<sup>1</sup>✉,  
Павел Николаевич Саввин<sup>1</sup>, Ирина Борисовна Кошеварова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия, kev.vgta@yandex.ru✉

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Аннотация** В работе представлены результаты хроматографических исследований состава и химического строения биологически активных соединений (БАС) в растворах, полученных экстрагированием водой органических соединений из измельченных лепестков календулы (*Calendula officinalis* L.) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) в присутствии гидрохлорида органического основания и небольшого количества соляной кислоты. Для определения гидрофобных БАС в составе водных экстрактов проводили их извлечение хлороформом. Экстракцию проводили троекратно, далее экстракты объединяли и концентрировали отгонкой растворителя под вакуумом.

Исследования проводили на хроматографе Agilent 7890BGC System с детектором Agilent 5977AMSD (Agilent Technologies, USA) и использованием колонки HP-5MSUI и фазы – 5% фенил – 95% -метилполисилоксан. В качестве газа-носителя использовали гелий. Для получения масс-спектров применяли ионизацию «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Для повышения летучести в условиях хроматографического анализа органических соединений (содержащих в составе молекул подвижные протоны) проводили силилирование таких веществ триметилхлорсиланом в концентрате хлороформного экстракта. Анализ и обработку данных осуществляли с использованием базы данных NISTII (19.05.2011 г) и программного обеспечения Mass Hunter v. B. 06. 00 и NISTMS Search 2.0.

На основании проведенных исследований установлено, что в водных экстрактах лепестков календулы содержится 45 гидрофобных органических соединений (в основном алифатические аминоспирты, терпеноиды и продукты их метаболизма, стероидные соединения, алифатические кислоты, гидроксилсодержащие алифатические гетероциклы), а в экстрактах шалфея лекарственного – 111 гидрофобных органических соединений (в наибольшем количестве содержатся терпеноиды и продукты их метаболизма, производные бензойной кислоты, алифатические гетероциклы и стероидные соединения).

**Ключевые слова:** гидрофобные биологически активные соединения, экстрагирование, силилирование, хроматографический анализ.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2020-2022 годы, проект № FZGU-2020-0044

**Для цитирования:** Болотов В.М., Шихалиев Х.С., Потапов М.А., Комарова Е.В., Саввин П.Н., Кошеварова И.Б. Исследование состава экстрактов гидрофобных органических биологически активных соединений из лекарственного растительного сырья // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2022. Т. 22, № 4. С. 494-501. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10604>



Original article

## Analysis of the composition of extracts of hydrophobic biologically active compounds from medicinal plant raw materials

Vladimir M. Bolotov<sup>1</sup>, Khidmet S. Shykhaliyev<sup>2</sup>, Mikhail A. Potapov<sup>2</sup>,  
Elena V. Komarova<sup>1✉</sup>, Pavel N. Savvin<sup>1</sup>, Irina B. Koshevarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation,

kev.vgta@yandex.ru<sup>✉</sup>

<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

**Abstract.** The article presents the results of a chromatographic study of the composition and chemical structure of biologically active compounds (BAC) in solutions obtained by means of extraction of organic compounds from ground calendula flowers (*Calendula officinalis* L.) and common sage (*Salvia officinalis* L.) with water in the presence of a hydrochloride of an organic base and a small amount of hydrochloric acid. To determine hydrophobic BACs in aqueous extracts they were extracted with chloroform. The extraction was performed three times. Then the extracts were combined and concentrated by distilling off the solvent under vacuum.

The study was performed using an Agilent 7890BGC System chromatograph with an Agilent 5977AMSD (Agilent Technologies, USA) detector, a HP-5MSUI column and the following phases: 5% of phenyl and 95% of methylpolysiloxane. The carrier gas was helium. Electron impact ionization with a radiation energy of 70 eV was used to obtain the mass spectra. To increase the volatility during the chromatographic analysis of organic compounds whose molecules included mobile protons, we performed silylation of the compounds with trimethylchlorosilane in the concentrate of the chloroform extract. The obtained data was processed and analysed using the NISTII database (19.05.2011) and Mass Hunter. B.06.00 and NISTMS Search 2.0 software packages.

The study determined that aqueous extracts of calendula flowers contained 45 hydrophobic organic compounds (mainly aliphatic aminoalcohols, terpenoids and their metabolites, steroid compounds, aliphatic acids, and hydroxyl-containing aliphatic heterocycles) and extracts of common sage contained 111 hydrophobic organic compounds (mainly terpenoids and their metabolites, derivatives of benzoic acid, aliphatic heterocycles, and steroid compounds).

**Keywords:** hydrophobic biologically active compounds, extraction, silylation, chromatographic analysis.

**Acknowledgments:** the work is partially funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state task for universities in the field of scientific activity for 2020-2022, project No. FZGU-2020-0044

**For citation:** Bolotov V.M., Shykhaliyev Kh.S., Potapov M.A., Komarova E.V., Savvin P.N., Koshevarova I.B. Analysis of the composition of extracts of hydrophobic biologically active compounds from medicinal plant raw materials. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2022. 22(4): 494-501. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10604>

### Введение

Биологически активные соединения (БАС) являются важнейшими для жизнедеятельности человека химическими веществами, а поэтому в большинстве стран проводятся исследования по выделению этих соединений из природного растительного сырья для использования в качестве добавок к некоторым продуктам питания [1-3] и для применения в медицине.

Нами изучаются процессы экстрагирования некоторых БАС из растительного

сырья для использования в пищевой промышленности в качестве пищевых добавок [4]. Однако в литературе содержится ограниченная информация о современных исследованиях состава БАС некоторых видов растительного сырья, что ограничивает возможность их использования.

В связи с изложенным проведенные исследования по изучению химического состава и строения некоторых молекул БАС в водных экстрактах лепестков календулы (*Calendula officinalis* L.) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) с

Таблица 1. Перечень основных органических соединений и их содержание в хлороформном экстракте из водосодержащего экстракта БАС лепестков календулы (*Calendula officinalis L.*)  
Table 1. Organic compounds and their concentrations in the chloroform extract from the aqueous extract of BAC in calendula flowers (*Calendula officinalis L.*)

№	№ компонента	Общая формула	Параметры идентификации $t_R$ , мин	m/z	Название соединения	Содержание, %
1	1.1	$C_5H_{12}O_2$	2.109	59.1	Methane, diethoxy	0.10
2	1.2	$C_6H_{14}O_2$	2.739	45.1	Ethane, 1,1-diethoxy	0.22
3	1.4	$C_5H_{10}O_3$	7.489	86.1	N,N-Diethyl-2-aminoethanol	0.36
4	1.6	$C_{10}H_{16}$	15.329	68.1	Cyclohexene, 4-ethenyl-1,4-dimethyl	0.28
5	1.10	$C_{12}H_{18}O_2$	35.064	151.	6-(3,3-Dimethyl-oxiran-2-ylidene)-5,5-dimethyl-hex-3-en-2-one	0.32
6	1.16	$C_{15}H_{26}O_2$	38.372	153.1	(1,5,5,8-Tetramethyl-bicyclo[4.2.1]non-9-yl)- acetic acid	0.52
7	1.17	$C_{14}H_{22}O_3$	38.910	111.1	Acetic acid, 2-(2,2,6-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-propenyl ester	0.51
8	1.27	$C_{24}H_{31}FO_6$	51.553	207.0	Betamethasone acetate	0.56
9	1.32	$C_{28}H_{40}O_7$	53.865	207.0	17.beta-Acetoxy-1',1'-dicarboethoxy-1.beta.,2.beta.- dihydrocycloprop[1,2]-5.alpha.-androst-1-en-3-one	0.34
10	1.33	$C_{17}H_{20}Cl_6O_4$	56.633	86.1	Bicyclo[2.2.1]hept-5-ene-2,3-dicarboxylic acid, 1,4,5,6,7,7-hexachloro-, dibutyl ester	0.24

использованием современных методик и хроматографического оборудования являются актуальными.

### Экспериментальная часть

Хроматографический анализ содержания БАС проводили в растворах, полученных экстрагированием водой органических соединений из измельченных лепестков календулы (*Calendula officinalis L.*) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis L.*) в присутствии гидрохлорида органического основания и небольшого количества соляной кислоты.

В составе водных экстрактов БАС определяли содержание гидрофобных органических соединений, выделяемых из водного раствора экстракцией хлороформом. Экстракцию гидрофобных молекул выполняли обработкой 50 см<sup>3</sup> водного экстракта БАС 50 см<sup>3</sup> хлороформа троекратно. Далее хлороформные экстракты БАС объединяли и концентрировали до 2 см<sup>3</sup> отгонкой растворителя под вакуумом.

С целью повышения летучести в условиях хроматографического анализа орга-



нических соединений (содержащих в составе молекул протонированные фрагменты) проводили силилирование таких веществ триметилхлорсиланом (TMCS) непосредственным внесением в концен-

Таблица 2. Перечень основных органических соединений и их содержание после силилирования в хлороформном экстракте из водосодержащего экстракта БАС лепестков календулы (*Calendula officinalis* L.)

Table 2. Organic compounds and their concentrations in the chloroform extract from the aqueous extract of BAC in calendula flowers (*Calendula officinalis* L.) after silylation

№	№ компонента	Общая формула	Параметры идентификации $t_R$ , мин	m/z	Название соединения	Содержание, %
1	2.1	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> Si	2.539	75.0	tret-Butyldimethylsilyl acetate	0.30
2	2.4	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> Si	25.047	166.0	2-Methoxyphenol trimethylsilyl ether	0.22
3	2.3	C <sub>10</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>2</sub> Si	36.333	120.0	Benzoic acid, 3-amino-trimethylsilyl ester	0.15
4	2.5	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub> Si <sub>4</sub>	36.998	355.1	Silane, [[4-[1,2-bis[(trimethylsilyl)oxy]ethyl]-1,2-phenylene]bis(oxy)] bis[trimethyl-	0.21
5	2.6	C <sub>23</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> Si	41.031	73.0	13-cis-Retinoic acid, trimethylsilyl ester	0.16
6	2.7	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> Si	42.800	311.2	cis-9-Hexadecenoic acid, trimethylsilyl ester	0.19
7	2.9	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub> Si	43.869	131.1	Linalol oxide, trimethylsilyl ether	0.29
8	2.10	C <sub>16</sub> H <sub>38</sub> O <sub>6</sub> Si <sub>3</sub>	49.315	217.1	alpha.-D-Glucopyranoside, 1-O-methyl-2,3,4-tri-O-trimethylsilyl-	0.11

Таблица 3. Перечень основных органических соединений и их содержание в хлороформном экстракте из водосодержащего экстракта БАС шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.)

Table 3. Organic compounds and their concentrations in the chloroform extract from the aqueous extract of BAC in common sage (*Salvia officinalis* L.)

№	№ компонента	Общая формула	Параметры идентификации $t_R$ , мин	m/z	Название соединения	Содержание, %
1	3.15	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	21.318	95.1	Camphor	1.67
2	3.22	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	24.125	108.1	2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-trimethyl-	1.01
3	3.31	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	28.502	153.1	1-Hydroxymethyl-7,7-dimethyl bicyclo[2.2.1]heptan-2-one	3.26
4	3.48	C <sub>13</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>2</sub>	35.799	86.1	Benzoic acid, 2-(diethylamino) ethyl ester	6.44
5	3.50	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	36.272	108.0	2-Cyclohexen-1-one, 4-(3-hydroxy-1-butenyl)-3,5,5-trimethyl-	1.81
6	3.53	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	36.768	125.1	6-(3-Hydroxy-but-1-enyl)-1,5,5-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-ol	2.05
7	3.56	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	38.632	137.0	Phenylacetylformic acid, 4-hydroxy-3-methoxy-	0.42
8	3.59	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O	39.458	124.0	5,5,8a-Trimethyl-3,5,6,7,8,8a-hexahydro-2H-chromene	1.09

трат 200 мкл BSTFA – N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide с добавкой 1% TMCS (CAS Number BSTFA:25561-30-2, TMCS 75-77-4). Процесс проводили в течение 30 мин при температуре реакционной смеси 70°C в закрытом сосуде с использованием в качестве катализатора каталитических количеств пиридина.

Исследования проводили на хроматографе Agilent 7890 BGCSystem с детектором масс Agilent 5977AMSD (Agilent Technologies, USA). Использовали инъекция 1.0 мкл, деление потока 30:1. При работе применяли колонку HP-5MSUI (30

мх0.250 ммх0.25 мкм) и фазу – 5% фенил-95% метилполисилоксан (кат. № 19091S-433UI). В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью движения 1.0 см<sup>3</sup>/мин. Температура узла ввода пробы составляла 280°C. Для получения масс-спектров применяли ионизацию «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Анализ и обработку данных осуществляли с использованием базы данных NIST11 (19.05.2011 г) и программного обеспечения MassHunter v.B.06.00 и NISTMSSearch 2.0.

Таблица 4. Перечень основных органических соединений и их содержание после силилирования в хлороформном экстракте из водосодержащего экстракта БАС шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.)

Table 4. Organic compounds and their concentrations in the chloroform extract from the aqueous extract of BAC in common sage (*Salvia officinalis* L.) after silylation

№	№ компонента	Общая формула	Параметры идентификации TR, мин	m/z	Название соединения	Содержание, %
1	4.4	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> Si	7.459	73.0	3-Hydroxy-2-butanone, trimethylsilyl ether	1.10
2	4.7	C <sub>10</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub> Si <sub>2</sub>	17.04	117.1	Butane, 2,3-bis(trimethylsilyloxy)-	0.43
3	4.9	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> OSi	22.231	165.0	Silane, trimethyl (phenylmethoxy)-	0.46
4	4.11	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> Si	25.677	179.0	Benzoic acid trimethylsilyl ester	0.42
5	4.14	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> Si	30.736	108.1	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 7-[3-(t-butyl dimethylsilyloxy) propyl]-	1.27
6	4.17	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>2</sub>	33.061	281.0	2',6'-Dihydroxyacetophenone, bis(trimethylsilyl) ether	0.76
7	4.20	C <sub>21</sub> H <sub>28</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	35.786	86.1	1-(2-Diethylaminoethoxy)-2-benzamido-2-phenylethane	1.26
8	4.22	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> OSi	37.920	143.1	alpha.-Pinene, 3-trimethylsilyloxy-	0.85
9	4.23	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>2</sub>	38.067	209.1	Silane, [2-methoxy-4-[2-[(trimethylsilyloxy)oxy]ethyl]phenoxy]trimethyl	0.51
10	4.24	C <sub>23</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> Si	39.280	73.0	13-cis-Retinoic acid, trimethylsilyl ester	0.51
11	4.25	C <sub>24</sub> H <sub>39</sub> NO <sub>2</sub> Si	39.697	117.1	Androsta-1,4-dien-3-one, 17-methyl-17-[(trimethylsilyloxy)-, O-methylxime, (17.beta.)-	1.38



Идентификацию молекул БАС проводили с использованием значения времени удерживания (TR, мин) и масс-спектральных характеристик ( $m/z$ , где  $m$  – молекулярная масса положительно заряженного фрагмента органической молекулы,  $z$  – заряд катиона).

Проведенные исследования показали, что в водных экстрактах лепестков календулы и шалфея лекарственного в присутствии органического основания и небольшого количества соляной кислоты содержатся разнообразные по строению БАС с гидрофобными свойствами молекул (табл. 1-4).

### Обсуждение результатов

Результаты выполненных исследований показывают, что из 35 идентифицированных гидрофобных органических соединений в водосодержащем экстракте лепестков календулы в присутствии гидрохлорида органического основания (табл. 1) в наибольшем количестве содержатся алифатические аминоспирты (1.4 – 0.36%), терпеноиды (1.16 – 0.52%) и продукты их метаболизма (1.10 – 0.32%, 1.17 – 0.51%), а также стероидные соединения (1.27 – 0.56%, 1.32 – 0.34%, 1.35 – 0.73%).

Проведение силилирования триметилхлорсиланом органических соединений повысил летучесть веществ при хроматографическом анализе с полярными гидроксильными, карбоксиными, фенольными и аминогруппами за счет замены подвижных атомов водорода (создающих ассоциацию молекул из-за водородных связей) на гидрофобную триметилсилильную группу, что способствовало идентификации дополнительных соединений.

Результаты хроматографического анализа продуктов силилирования хлороформного экстракта из водосодержащего экстракта БАС лепестков календулы позволили идентифицировать 10 основных гидрофобных органических соединений. Наиболее характерными представителями силилированных БАС являются

алифатические кислоты (2.1 – 0.30%) и гидроксилсодержащие алифатические гетероциклические соединения (2.9 – 0.29%). Солянокислый водный раствор органического основания экстрагирует из шалфея 76 идентифицированных гидрофобных органических соединений (табл. 3).

Среди компонентов хлороформного экстракта из водосодержащего раствора БАС шалфея основными веществами являются терпеноиды с гидроксильными и кетонными группами и продукты их метаболизма (3.15 – 1.67%, 3.22 – 1.01%, 3.31 – 3.26%, 3.50 – 1.81%). В составе экстракта обнаружены производные бензойной кислоты (3.53 – 2.05%) и алициклические гетероциклы (3.59 – 1.09%).

Хлороформный экстракт БАС шалфея после реакции силилирования триметилхлорсиланом содержит в своем составе 35 идентифицированных органических соединений.

Наиболее высокую концентрацию в составе экстракта имеют алифатические и ароматические кетоны с гидроксильными группами (4.4 – 1.1%, 4.17 – 0.76%), терпеноиды (4.14 – 1.27%, 4.22 – 0.85%), производные бензойной кислоты (4.20 – 1.26%) и стероидные соединения (4.25 – 1.38%).

### Заключение

Проведенные хроматографические исследования состава экстрактов БАС из лепестков календулы (*Calendula officinalis L.*) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis L.*), полученных экстрагированием водным раствором гидрохлорида органического основания в присутствии небольшого количества соляной кислоты, показало, что в состав экстрагента переходят не только полярные органические соединения с высокими гидрофильными свойствами (карбоновые кислоты, гликозиды флавоноидов и другие соединения), но и гидрофобные вещества.

В составе водных экстрактов БАС лепестков календулы идентифицировано



45, а шалфея лекарственного – 111 гидрофобных органических соединений.

Полученные сведения о составе экстрактов БАС из лепестков календулы и шалфея лекарственного позволяют целенаправленно планировать применение соединений из этих растений в качестве биологически активных добавок.

### Список литературы

1. Попов Е.С., Родионова Н.С., Соколова О.А., Мазуренко Н.Ю. Оценка перспектив производства сбалансированных по полиненасыщенным жирным кислотам продуктов из отечественного растительного сырья // *Гигиена и санитария*. 2016. № 1. С. 75-79.
2. Бутова С.Н., Голованова К.Ю. Использование биологически активных веществ в технологии биологически активных добавок // *Материалы международной конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств»* М. МГУПП. 2019. С. 120-125.
3. Алексеева Т.В., Калгина Ю.А., Раздобарина Н.В., Бокарев Д.А., Малакова Л.А., Евлакова В.С. Расширение ассортимента молочной продукции путем применения вторичных ресурсов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2017. № 10. С. 37-43.
4. Bolotov V.M., Savvin P.N., Komarova E.V., Koshevarova I.B. Effect of natura carotenoids and anthocyanins on properties of

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье

healthu food products. 2021. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 052001.

### References

1. Popov E.S., Rodionova N.S., Sokolova O.A., Mazurenko N.Yu. Assessment of the prospects for manufacturing foods from domestic plant raw materials balanced in polyunsaturated fatty acids. *Hygiene and sanitation*. 2016; 1: 75-79. (In Russ.)
2. Butova S.N., Golovanova K.Yu. The use of biologically active substances in the technology of biologically active additives. Food ingredients and biologically active additives in the technologies of food, perfumery and cosmetics. M. MGUPP. 2019, 120-125. (In Russ.)
3. Alekseeva V.T., Kalgina Yu.A., Razdobarina N.V., Bokarev D.A., Malakova L.A., Yevlakova V.S. Expansion of the range of dairy products through the use of secondary resources. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2017; 10: 37-43. (In Russ.)
4. Bolotov V. M., Savvin P. N., Komarova E. V., Koshevarova I. B. Effect of natura carotenoids and anthocyanins on properties of healthu food products. 2021. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 052001.

### Информация об авторах / Information about the authors

**В.М. Болотов** – профессор кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, д.т.н., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**Х.С. Шихалиев** – заведующий кафедрой органической химии, д.х.н., профессор, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**V.M. Bolotov** – prof., grand Ph.D (technology), department of Technology of Organic Compounds, Polymer Processing and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: za.bolotova@mail.ru, ORCID 0000-0001-6743-1399

**Kh.S. Shikhaliev** – Head of the Department of Organic Chemistry, grand Ph.D (chemistry), Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: Shikh1961@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6576-0305



**М.А. Потапов** – ведущий инженер, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Е.В. Комарова** – доцент кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, к.т.н., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**П.Н. Саввин** – доцент кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, к.т.н., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**И.Б. Кошеварова** – старший преподаватель кафедры иностранных языков, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**M.A. Potapov** – Lead Engineer, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: amidines@mail.ru, ORCID 0000-0002-1795-7605

**E.V. Komarova** – Associate Professor, Ph.D (technology), department of Technology of Organic Compounds, Polymer Processing and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: kev.vgta@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1882-6743

**P.N. Savvin** – Associate Professor, Ph.D (technology), department of Technology of Organic Compounds, Polymer Processing and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: pashkasavvin@yandex.ru, ORCID 0000-0003-0073-5624

**I.B. Koshevarova** – Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: koshevarovairina@rambler.ru, ORCID 0000-0001-7772-4021

*Статья поступила в редакцию 07.06.2022; одобрена после рецензирования 30.09.2022; принята к публикации 05.10.2022.*

*The article was submitted 07.06.2022; approved after reviewing 30.09.2022; accepted for publication 05.10.2022.*