

УДК 581.6:582.5:581.192

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВИДОВ РОДА VIOLA (VIOLACEAE) ФЛОРЫ РОССИИ

© Н.В. Петрова*, Н.А. Медведева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376 (Россия), e-mail: NPetrova@binran.ru

В обзоре приведены сведения о компонентном составе и биологической активности видов рода *Viola* L. (Violaceae) флоры России по результатам исследований последних десятилетий. Данные по вторичным метаболитам и их активности представлены для 24 видов из более чем 100, произрастающих на территории России. В корнях, в надземной части, а также в цветках и листьях обнаружены разнообразные по структуре компоненты из числа флавоноидов, циклотидов, антоцианов, фенолкарбоновых кислот, кумаринов, алкалоидов, высших жирных кислот и их производных и т.д. Наиболее подробно представлен обзор флавоноидов, антоцианов, кумаринов и алкалоидов, с указанием структуры 137 веществ и источников выделения. Систематизированы сведения об эфирных маслах, выделенных из листьев *V. tricolor* L., *V. arvensis* Murray, *V. yedoensis* Makino и *V. odorata* L. Показано, что экстракты и фракции, а также отдельные компоненты проявляют разные типы биологической активности, в том числе противовоспалительную, цитотоксическую и антивирусную. Выявленный спектр биологической активности подтверждает целесообразность использования видов рода *Viola* в народной и традиционной медицине.

Ключевые слова: *Viola* L., Violaceae Batsch., химический состав, биологическая активность.

Работа выполнена по теме государственного задания Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН ААА-А19-119031290052-1 «Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы» (0126-2019-0035).

Род фиалка – *Viola* L. (Violaceae Batsch.) – сложный в таксономическом отношении род, насчитывающий около 550 видов [1], произрастающих на всех континентах, кроме Антарктиды. Центром происхождения рода *Viola* считают Южную и Центральную Америку, с центрами видового разнообразия – юго-восточно-азиатским, юго-западно-европейским, североамериканским и центрально-южноамериканским [1, 2]. Растения этого рода – многолетние травы, реже однолетники или двулетники, с разнообразными по форме листьями от сердцевидных и почковидных до ланцетных, от цельных до мелко- и мелкокорассеченных. Листья очередные, простые, обычно на черешке и с прилистниками. Цветки обоеполые, зигоморфные, у многих представителей как хазмогамные, так и клейстогамные, расположенные по одному или в соцветии в пазухах листьев, на цветоножках с двумя прицветничками. Плод – многосемянная коробочка, обычно растрескивающаяся тремя лодочкообразными створками [3]. В России род представлен более чем 100 видами [4–6], для которых характерен полиморфизм и спонтанная гибридизация [7, 8], что затрудняет идентификацию видов. Многие виды рода *Viola* широко распространены на территории России, другие являются узкими эндемиками. Ареалы видов разнообразны: от узколокального (*V. macroceras* Bunge и *V. disjuncta* W. Becker) до циркумбореального и голарктического (*V. epipsiloides* A. Löve & D. Löve, *V. tricolor* L., *V. selkirkii* Pursh ex Goldie) [9, 10]. Виды рода *Viola* входят в состав различных растительных сообществ; большая часть видов в своем распространении связана с хвойными и лиственными лесами, их опушками, полянами, лугами, а также берегами водоемов и заболоченными территориями. В целом, участие в сложении растительных сообществ видов рода *Viola* невелико, они редко образуют крупные ценопопуляции, встречаясь в основном одиночными особями или небольшими группами [2].

Петрова Наталья Валериевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, e-mail: NPetrova@binran.ru
Медведева Нина Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, e-mail: namedvedeva@mail.ru

Ряд однолетних видов *Viola* из подрода *Melanium* (Ging.) Peterm., чье хазмогамное цветение длится в течение всего вегетационного сезона,

* Автор, с которым следует вести переписку.

стали основой для селекции при выведении декоративных садовых форм. В настоящее время *V. × wittrockiana* Gams объединяет многочисленные сорта и сортогруппы сложного гибридного происхождения, полученные с участием *V. altaica* Ker Gawl., *V. lutea* Huds., *V. tricolor* L. [3].

Фиалки используются в народной медицине таких стран, как Германия, Румыния, Иран и др., в качестве отхаркивающего и противовоспалительного средства, а также применяются при лечении трофических язв и других кожных заболеваний [11, 12]. Надземная часть *V. yedoensis* Makino включена в Фармакопею Китая как средство, уменьшающее отеки и оказывающее ранозаживляющее воздействие на кожу [13]. В России *V. arvensis* Murray и *V. tricolor* L. являются фармакопейными видами, источниками флавоноидов и полисахаридов [14].

Правомерность использования экстрактов и настоек фиалок в народной медицине подтверждена многочисленными фармакологическими исследованиями: так, доказано противовоспалительное действие экстрактов *V. odorata* L., *V. patrinii* Ging., *V. tricolor* L. и *V. yedoensis* Makino, а также их жаропонижающий эффект [15–21]. Настои трав *V. tricolor* L., *V. odorata* L. и *V. mirabilis* L. обладали фармакологическими свойствами при стафилококковой пневмонии, способствовали улучшению газообменной функции легких, снижали проявления воспалительной реакции, уменьшали лейкоцитоз и заметно снижали скорость оседания эритроцитов (СОЭ) [22]. Водный экстракт, полученный из надземной части *V. odorata* L., в дозировке 400 мг/кг, проявлял анальгезирующие свойства [23], а метанольный – в эксперименте обладал диуретическими свойствами [24]. Настой, отвар и метанольный экстракт *V. tricolor* L. ингибировали рост *Staphylococcus aureus*, *S. epidermis*, *Escherichia coli* и др., причем отдельные фракции показали более низкую активность, чем экстракты в целом [25]. Метанольный экстракт *V. odorata* L. (концентрация 200 мг/мл⁻¹) показал антибактериальную активность в отношении таких патогенов, как *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S. aureus* и *Haemophilus influenzae* [26]. Водные и спиртовые экстракты *V. yedoensis* Makino также проявляли выраженную антибактериальную активность [27]. Экстракты *V. yedoensis* Makino и *V. odorata* L. проявляли цитотоксические свойства: *V. yedoensis* Makino эффективно подавлял метастазирование клеточной линии рака легких человека (A549) [28], а водно-спиртовой экстракт *V. odorata* L. оказывал цитотоксическое действие на клетки линии 4T1 (рак молочной железы) [29]. Этанольный экстракт *V. mandshurica* W. Becker значительно ингибировал повышение уровней общего иммуноглобулина E и эффективно подавлял гиперреактивность дыхательных путей, эозинофилию и гиперсекрецию слизи у мышей на модели бронхиальной астмы [30], а сироп на основе цветков *V. odorata* L. облегчал кашель у больных астмой [31]. Известно иммуномодулирующее действие водных экстрактов *V. yedoensis* Makino и *V. tricolor* L. [32–34], гепатопротективное действие водного экстракта *V. odorata* L. [35–37], а также установлено, что сборы, в состав которых входит *V. odorata* L., эффективны в профилактике приступов мигрени [38]. Экстракты *V. uniflora* L. (в дозе 100 мг/кг) обладали гастропротективными свойствами на модели деструкции слизистой желудка крыс, вызванных «Вольгареном» в дозировке 50 мг/кг, причем наибольшей противоязвенной активностью обладал спиртовой экстракт по сравнению с водным [39].

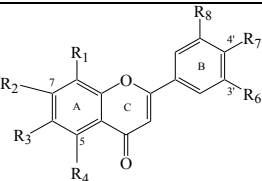
Род *Viola* является источником различных классов биологически активных веществ, таких как фенольные соединения, терпеноиды, циклотиды, стероиды, алкалоиды и др. [40].

Характерной особенностью фиалок является синтез полифенольных соединений. Первым флавоноидом, выделенным из экстракта *V. odorata* L. в 1962 году, был рутин [41], а в настоящий момент идентифицировано более 90 соединений фенольной природы, которые можно разделить на флавоноиды: флавоны, флавонолы, флаваноны, изофлавоны и др., фенолкарбоновые кислоты, антоцианидины и др. (табл. 1).

Основная структура флавоноидов обычно модифицируется с помощью гидроксилирования и/или метилирования в С-3, С-5, С-7, С-3', С-4' и С-5' положении. Не менее часто к флавоноидному остову присоединяются сахара, что делает молекулу менее реакционно способной и растворимой в воде. Гликозилирование может происходить по гидроксильной группе агликона (О-гликозиды флавонов (21–24) и О-гликозиды флавонолов (32–49)) или по связи углерод-углерод (С-гликозиды флавонов (6–20) и С-гликозид флавонолов (50)). Теоретически гликозилирование может пройти по любой гидроксильной группе в молекуле агликона, однако чаще всего у С-гликозидов флавонов и флавонолов это происходит в положении С-6 и С-8, а у О-гликозидов – в положении С-3 и С-7. Только у производного текторидина (56), выделенного из надземной части *V. patrinii* Ging. гликозилирование идет в С-4' положении. В экстрактах фиалок чаще всего обнаруживаются производные кверцетина (12 соединений), апигенина (9 соединений), кемпферола (8 соединений), лютеолина (5 соединений), изорамнетина (4 соединения), по одному соединению хризозериола и акацетина и т.д.

Наиболее часто в качестве углеводного остатка выступают глюкоза или рамноза, реже – арабиноза, ксилоза или глюкуроновая кислота. В работах V. Vukics с соавторами [42] у 13 веществ, производных апигенина, лютеолина и кверцетина, выделенных из надземной части *V. arvensis* Мухгау не указан конкретный углевод, а есть только уточнение – пентоза или гексоза, в работе Koike с соавторами [43] по определению веществ в цветках *V. tricolor* L. – указаны гликозиды и не уточнено их положение в производном изорамнетина, а в работе А.М. Мартынова [39] по определению биологически активных веществ у *V. brachyceras* Turcz. – у двух веществ дается только указание на гликозилирование лютеолина и кемпферола по 3 и 7 положению и не уточняется углеводный остаток.

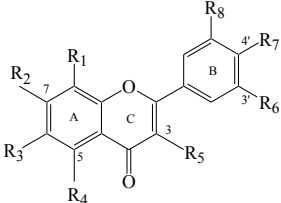
Таблица 1. Флавоноиды видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России

№	Название соединения	Структурная формула	Виды	Часть растения	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
Флавоны					
					
1	Apigenin (5,7,4'-trihydroxyflavone)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH	<i>V. ambigua</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. uniflora</i> <i>V. ambigua</i> <i>V. brachyceras</i>	Надземная часть, корни	53, 54, 56, 60–62, 64
2	Luteolin (5,7, 3',4'- tetrahydroxyflavone)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH	<i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	36, 39, 40, 53, 54, 56, 57, 114
3	Tricin (5,7,4'-trihydroxy-3',5'-dimethoxyflavone)	R ₁ =R ₃ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =R ₈ =O-CH ₃	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	47
4	7-Hydroxy-5-methoxyflavone	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₇ =R ₈ =H R ₂ =OH R ₄ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	111
5	Chrysoeriol (5,7,4'-trihydroxy-3'-methoxyflavone)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₈ =O-CH ₃	<i>V. ambigua</i> <i>V. odorata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	47, 54, 71
Флавоны С-гликозиды					
6	Vicenin 2 (apigenin 6,8-di-C-glycopyranoside)	R ₁ =R ₃ =Glc R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =R ₈ =H	<i>V. arvensis</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. yedoensis</i> <i>V. ambigua</i> <i>V. arenaria</i> <i>V. canina</i>	Надземная часть	40, 54, 55, 84, 113
7	Vitexin (apigenin 8-C-glucoside)	R ₁ =Glc R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH	<i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. sachalinensis</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть	40, 53, 54, 56–58, 60, 62

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
8	Isovitexin (apigenin 6-C-glucoside)	R ₁ =R ₆ =R ₈ =H R ₃ =Glc R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH	<i>V. odorata</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	40, 54, 116
9	Apigenin 6-C- α -L-arabinopyranosyl-8-C- β -L-arabinopyranoside	R ₁ = α -L-Ara R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = β -L-Ara R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
10	Apigenin 6,8-di-C- α -L-arabinopyranoside)	R ₁ =R ₃ = α -L-Ara R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
11	Schaftoside (apigenin 6-C- β -D-glucopyranosyl-8-C- α -L-arabinopyranoside)	R ₁ = α -L-Ara R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = β -D-Glc R ₆ =R ₈ =H	<i>V. mandshurica</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	49, 84, 113
12	Isoschaftoside (apigenin 6-C- α -L-arabinopyranosyl-8-C- β -D-glucopyranoside)	R ₁ = β -D-Glc R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = α -L-Ara R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
13	Neoschaftoside (apigenin 6-C- β -D-glucopyranosyl-8-C- β -L-arabinopyranoside)	R ₁ = β -L-Ara R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = β -D-Glc R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
14	Violarvensin (apigenin 6-C- β -D-glucopyranosyl-8-C- β -D-6-deoxyglucopyranoside)	R ₁ =deoxy-Glc R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ =Glc R ₆ =R ₈ =H	<i>V. arvensis</i>	Надземная часть	45
15	Apigenin 6-C- α -L-arabinopyranosyl-8-C- β -D-xylopyranoside	R ₁ = β -D-Xyl R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = α -L-Ara R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
16	Apigenin 6-C- β -D-xylopyranosyl-8-C- α -L-arabinopyranoside	R ₁ = α -L-Ara R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ = β -D-Xyl R ₆ =R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
17	Orientin (luteolin 8-C-glucoside)	R ₁ =Glc R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₃ =R ₈ =H	<i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть, корни	40, 54-56, 60, 61
18	Isoorientin (luteolin 6-C- β -D-glucopyranoside)	R ₁ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₃ =Glc	<i>V. tricolor</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	40, 84, 113
19	Isocarlinoside (luteolin 6-C- α -L-arabinopyranosyl-8-C- β -D-glucopyranoside)	R ₁ = β -D-Glc R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₃ = α -L-Ara R ₈ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	84, 113
20	Isoscoparin (chrysoeriol-6-C-glucoside)	R ₁ =R ₆ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ =Glc R ₈ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87, 114
Флавоны О-гликозиды					
21	Cynaroside (luteolin 7-O- β -D-glucoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =O-Glc R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH	<i>V. langsdorfii</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть	40, 54, 55, 60, 62
22	Luteolin 3'-O- β -D-glucuronide	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =O-Glr	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	85, 110
23	Cosmosiin (apigenin 7-O-glucopyranoside)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =O-Glc R ₄ =R ₇ =OH	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	54, 110

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
24	Acacetin 7-O-β-D-apiosyl-(1→2)-β-D-glucoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =O-Glc-(1→2)-Api R ₄ =OH R ₇ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	71
Флавонолы					
					
25	5,7-Dihydroxy-3,6-dimethoxyflavone	R ₁ =R ₆ =R ₇ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =OH R ₃ =R ₅ =O-CH ₃	<i>V. odorata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	47, 72
26	Quercetin (3,5,7,3',4'-pentahydroxyflavone)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =OH	<i>V. ambigua</i> <i>V. arenaria</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. sachalinensis</i> <i>V. uniflora</i> <i>V. arvensis</i> <i>V. langsdorfii</i>	Надземная часть, корни	40, 53, 54, 56-59, 61, 64
27	Kaempferol (3,5,7,4'-tetrahydroxyflavone)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₅ =R ₇ =OH	<i>V. sachalinensis</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. uniflora</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть, корни	42, 44, 50, 54, 60, 62, 64, 114
28	Myricetin (3,5,7,3',4',5'-hexahydroxyflavone)	R ₁ =R ₃ =H R ₂ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =R ₈ =OH	<i>V. tricolor</i>	Надземная часть	44
29	Dihydroquercetin (3,5,6,7,8,3',4'-hexahydroxyflavonol)	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =OH R ₈ =H	<i>V. langsdorfii</i>	Корни	60, 62
30	Patuletin (3,5,7,3',4'-pentahydroxy-6-methoxyflavone)	R ₁ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =R ₇ =OH R ₃ =O-CH ₃	<i>V. tricolor</i>	Надземная часть	44
31	Isorhamnetin (3'-O-methylquercetin)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₅ =R ₇ =OH R ₆ =O-CH ₃	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	36
Флавонолы О-гликозиды					
32	Isorhamnetin 3-O-(6-O-rhamnosyl-galactoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Gal-(1→6)-Rha R ₆ =O-CH ₃	<i>V. tricolor</i>	Цветки	43
33	Rutin (quercetin-3-O-rutinoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Glc-(1→6)-Rha	<i>V. ambigua</i> <i>V. arvensis</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. canina</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. uniflora</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть, корни	39, 40, 43, 52, 53-55, 57, 60, 52, 64, 110, 114

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
34	Hyperoside (quercetin 3-O-β-D-galactoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Gal	<i>V. ambigua</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. uniflora</i>	Надземная часть	53-57, 64, 85
35	Quercitrin (quercetin-3-O-rhamnoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha	<i>V. tricolor</i>	Надземная часть	44
36	Isoquercitrin (quercetin 3-O-β-D-glucopyranoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Glc	<i>V. arvensis</i> <i>V. collina</i> <i>V. odorata</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. tricolor</i> <i>V. variegata</i>	Надземная часть	42, 44, 50, 54, 85, 110, 115
37	Quercetin 3-O-(6-O-rhamnosyl-glucosyl)-7-O-rhamnoside	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =O-Rha R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Glc-O-Rha	<i>V. tricolor</i>	Цветки	43
38	Quercetin 3-O-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-rhamnopyranosyl-(1→6)]-β-glucopyranosyl-7-O-α-rhamnopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =O-Rha R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha-(1→2)-[α-Rha-(1→6)]-β-Glc	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	110
39	Quercetin 3-O-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-rhamnopyranosyl-(1→6)]-β-glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha-(1→2)-[α-Rha-(1→6)]-β-Glc	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	110
40	Acetylquercetin 3-O-(6-O-rhamnosyl-glucoside)-7-O-rhamnoside	R ₁ =R ₈ =H R ₂ =O-Rha R ₄ =R ₆ =R ₇ =OH R ₃ =COCH ₃ R ₅ =O-Glc-(1→6)-Rha	<i>V. tricolor</i>	Цветки	43
41	Afzelin (kaempferol 3-O-rhamnopyranoside)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha	<i>V. langsdorfii</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	60, 62, 84
42	Astragalin (kaempferol 3-O-glucopyranoside)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Glc	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	54, 85, 110
43	Nicotiflorin (kaempferol 3-O-rutinoside)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rut	<i>V. odorata</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть, цветки	43, 52, 85, 110, 116
44	Kaempferol 7-O-glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₅ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =O-Glc R ₄ =R ₇ =OH	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	54, 110
45	Robinin (kaempferol 3-O-robinoside-7-rhamnoside)	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =O-Rha R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Gal-(1→6)-Rha	<i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i>	Надземная часть	53, 56, 57, 60, 62
46	Kaempferol 3-O-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-rhamnopyranosyl-(1→6)]-β-glucopyranosyl-7-O-α-rhamnopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =O-Rha R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha-(1→2)-[α-Rha-(1→6)]-β-Glc	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	110

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
47	Kaempferol 3-O-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-rhamnopyranosyl-(1→6)]-β-glucopyranoside	R ₁ =R ₃ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =O-Rha-(1→2)-[α-Rha-(1→6)]-β-Glc	<i>V. odorata</i>	Надземная часть	110
48	Typhaneoside (isorhamnetin 3-O-(2,6-di-O-rhamnosyl)-glucopyranoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =O-CH ₃ R ₅ =O-Rha-Rha-Glc	<i>V. tricolor</i>	Цветки	43
49	Narcissin (isorhamnetin 3-O-rutinoside)	R ₁ =R ₃ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₆ =O-CH ₃ R ₅ =O-Rut	<i>V. tricolor</i>	Цветки	43
Флавонолы С-гликозиды					
50	Kaempferol 6-C-glucopyranoside	R ₁ =R ₅ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₃ =Glc	<i>V. odorata</i> <i>V. patrinii</i>	Надземная часть	54, 110
Флавононы					
51	Naringenin (5,7,4'-trihydroxyflavanone)	R ₂ =R ₄ =R ₇ =OH R ₅ =R ₆ =R ₈ =H R ₂ =Rha-(1→6)-Glc-O	<i>V. brachyceras</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	39
52	Hesperidin (hesperitin-7-O-rutinoside)	R ₅ =R ₈ =H R ₆ =OH R ₇ =O-CH ₃	<i>V. arvensis</i> <i>V. canina</i> <i>V. patrinii</i>	Надземная часть	42, 50, 53, 54, 57
53	4'-Hydroxy-7,3'-dimethoxyflavanone	R ₂ =R ₆ =O-CH ₃ R ₅ =R ₈ =H R ₇ =OH	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	72
54	7-Hydroxy-4'-methoxyflavanone	R ₂ =OH R ₅ =R ₆ =R ₈ =H R ₇ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	72
Изофлавоны					
55	Tectorigenin 7-O-β-D-glucoside	R ₂ =O-Glc R ₇ =OH	<i>V. patrinii</i>	Надземная часть	117
56	Tectoridin -4'-O-β-D-glucopyranoside	R ₂ =R ₇ =O-Glc	<i>V. patrinii</i>	Надземная часть, корни	72

В 1998 г. из надземной части *V. arvensis* Murray A.P. Carnat с соавторами методом ЯМР-спектроскопии идентифицировали новое соединение, представляющее собой 6-С-β-D-глюкопиранозил-8-С-β-D-деокси-глюкопиранозид апигенина, и назвали виоларвенсин [45]. До настоящего времени это соединение было найдено только у этого вида.

Экстракт *V. odorata* L. (в дозировках 250 и 500 мг/кг), содержащий флавоноиды изорамнетин (31) и лютеолин (2), ослабляет воспаление и гепатоцеллюлярный некроз у мышей, вызванный применением больших доз парацетамола [46]. Хризозеиол (5), 5,7-дигидрокси-3,6-диметоксифлавонон (25) и трицин (3), выделенные из надземной части этого же вида, оказывают антидепрессантоподобные свойства (дозировка 1-30 мг/кг) на моделях нервно-психических расстройств [47]. Этанольный экстракт *V. yedoensis* Makino и входящие в его состав изошафтозид (12) и 6,8-ди-С-α-L-арабинопиранозид апигенина (10) проявляют противовоспалительную активность, регулируя секрецию оксида азота и подавляя активацию сигнальных путей NO-1,

NF-κB, MAPK в макрофагах линии RAW 264,7 [48]. Пероральное введение водного и этанольного экстрактов из надземной части *V. mandshurica*, содержащих шафтозид (0.1%) (**11**) и кумарин эскулетин (0.5%) (**103**), (в дозировках 50, 100 или 200 мг/г) снижало прирост массы тела, жировую массу и концентрацию липидов в крови у мышей с индуцированным ожирением [49]. Надземная часть *V. tricolor* L. – перспективный источник виолантина – известного антиоксиданта [45].

В цветках и надземной части *V. odorata* L., *V. prionantha* Bunge, *V. yedoensis* Makino и *V. tricolor* L. обнаружены антоциановые гликозиды (**57–74**), а у *V. biflora* L., *V. elatior* Fries, *V. mirabilis* L. и *V. persicifolia* Schreb. (*V. stagnina* Kit.) – лейкоантоцианидины (**75, 76**) (табл. 2).

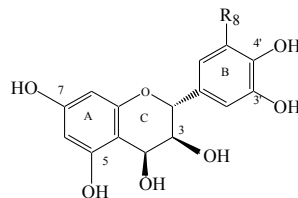
Первый антоциан был выделен из цветков *V. tricolor* L. в 1933 г. и назван виоланин [51]. Антоцианы рода *Viola* представляют собой гликозиды и ацилгликозиды антоцианидинов, которые различаются гидроксильными (иногда гидроксилы ацетилированы) или метоксильными заместителями в основном скелете. В качестве агликонов антоцианов у видов рода *Viola* представлены дельфинидин, петунидин, цианидин и пеонидин. Углеводная часть всегда связана с агликоном в 3 и 5 положениях, при этом в роли углеводного остатка чаще всего выступают глюкоза и (или) рамноза. У видов рода *Viola* обнаружены лейкоцианидин (**76**) и лейкодельфинидин (**75**), наиболее распространенные в растительном мире лейкоантоцианидины.

Таблица 2. Антоцианы видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России

№	Название соединения	Структурная формула	Вид	Часть растения	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
57	Anthocyanin (2-phenylchromenylium)	$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_8=H$	<i>V. odorata</i>	Листья	85
58	Delphinidin (3,5,7,3',4',5'-hexahydroxyflavylium)	$R_1=R_3=H$ $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=R_8=OH$	<i>V. tricolor</i>	Цветки	72
59	Cyanidin (3,5,7,3',4'-pentahydroxyflavylium)	$R_1=R_3=R_8=H$ $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=OH$	<i>V. tricolor</i>	Цветки	72
60	Violanin (delphinidin 3-O-(4'-O-p-coumaroylrutinoside)-5-O-glucoside)	$R_1=R_3=H$ $R_2=R_6=R_7=R_8=OH$ $R_4=O-Glc$ $R_5=O-coumaroyl-Rut$	<i>V. odorata</i> <i>V. tricolor</i>	Цветки	110, 128
61	Keracyanin (cyanidin 3-O-rutinoside)	$R_1=R_3=R_8=H$ $R_2=R_4=R_6=R_7=OH$ $R_5=O-Rut$	<i>V. tricolor</i>	Надземная часть	72
62	Delphinidin 3-rutinoside-5-glucoside	$R_2=R_6=R_7=R_8=OH$ $R_4=Glc$ $R_5=Rut$ $R_1=R_3=H$	<i>V. prionantha</i>	Цветки	112
63	Delphinidin 3-(acetyl)-rutinoside-5-glucoside	$R_2=R_6=R_7=R_8=OH$ $R_4=Glc$ $R_5=acetyl-Rut$ $R_1=R_3=H$	<i>V. prionantha</i>	Цветки	112
64	Delphinidin 3-(cis-p-coumaroyl)-rutinoside-5-glucoside	$R_2=R_6=R_7=R_8=OH$ $R_4=Glc$ $R_5=cis-coumaroyl-Rut$ $R_1=R_3=H$	<i>V. prionantha</i> <i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
65	Delphinidin 3-(trans-p-coumaroyl)-rutinoside-5-glucoside	$R_2=R_6=R_7=R_8=OH$ $R_4=Glc$ $R_5=trans-coumaroyl-Rut$ $R_1=R_3=H$	<i>V. prionantha</i> <i>V. yedoensis</i>	Цветки	112

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
66	Cyanidin 3-O-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=R8=H R2=R6=R7=OH R4=O-Glc R5=O-Rut	<i>V. prionantha</i>	Цветки	112
67	Cyanidin 3-p-cis-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=R8=H R2=R6=R7=OH R4=O-Glc R5=cis-Rut	<i>V. prionantha</i> <i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
68	Peonidin 3-O-(acetyl)-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=R8=H R2=R7=OH R4=O-Glc R5=O-acetyl-Rut R6=O-CH3	<i>V. prionantha</i>	Цветки	112
69	Peonidin-3-p-cis-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=R8=H R2=R7=OH R4=Glc R5=cis-Rut R6=O-CH3	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
70	Petunidin-3-O-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=H R2=R7=R8=OH R4=O-Glc R5=O-Rut R6=O-CH3	<i>V. prionantha</i>	Цветки	112
71	Petunidin-3-(cis-p-coumaroyl)-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=H R2=R7=R8=OH R4=O-Glc R5=cis-coumaroyl-Rut R6=O-CH3	<i>V. prionantha</i> <i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
72	Petunidin 3-(trans-p-coumaroyl)-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=H R2=R7=R8=OH R4=O-Glc R5=trans-coumaroyl-Rut R6=O-CH3	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
73	Malvidin 3-(trans-p-coumaroyl)-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=H R2=R7=OH R4=O-Glc R5=trans-coumaroyl-Rut R6=R8=O-CH3	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	112
74	Malvidin 3-(cis-p-coumaroyl)-rutinoside-5-O-glucoside	R1=R3=H R2=R7=OH R4=O-Glc R5=cis-coumaroyl-Rut R6=R8=O-CH3	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	112

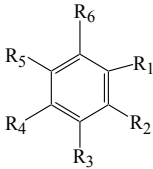
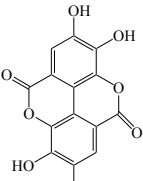
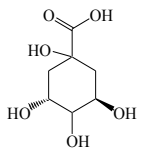
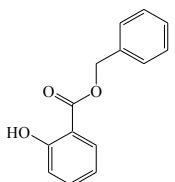


75	Leucodelphinidin (3,4,5,7,3',4',5'-heptahydroxyflavan)	R8=OH	<i>V. biflora</i> <i>V. elatior</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. persicifolia</i>	Цветки	118
76	Leucocyanidin (2R,3S,4S)-3,4,5,7,3',4'-hexahydroxyflavan)	R8=H	<i>V. biflora</i> <i>V. elatior</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. persicifolia</i>	Цветки	118

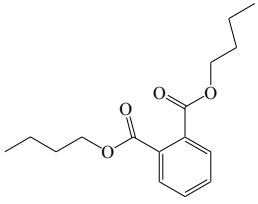
У большинства исследованных видов рода *Viola*, произрастающих на территории России была обнаружена 21 фенолкарбоновая кислота и их производные (табл. 3).

Чаще всего у фиалок фиксируется наличие кофейной (94), хлорогеновой (88) и феруловой (95) кислот. Остальные кислоты были обнаружены у 1–6 исследованных видов. Обычно наличие фенолкарбоновых кислот фиксируется в надземной части фиалок.

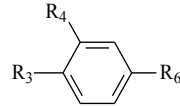
Таблица 3. Фенолкарбоновые кислоты и их производные видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России

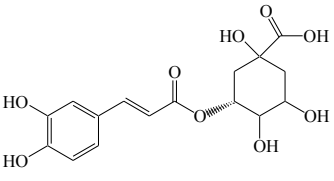
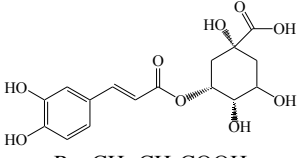
№	Название соединения	Структурная формула	Вид	Часть растения	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
Фенолоксиолы					
					
77	<i>n</i> -Hydroxybenzoic acid	R ₁ =R ₂ =R ₄ =R ₅ =H R ₃ =COOH R ₆ =OH	<i>V. arvensis</i>	Надземная часть	119
78	Salicylic acid	R ₁ =R ₄ =R ₅ =R ₆ =H R ₂ =OH R ₃ =COOH	<i>V. arvensis</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть, цветки	52, 54, 57, 119
79	Protocatechuic acid	R ₁ =R ₂ =R ₅ =H R ₃ =R ₄ =OH R ₆ =COOH	<i>V. arvensis</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87, 119
80	Gentisic acid	R ₁ =R ₃ =R ₄ =H R ₂ =R ₅ =OH R ₆ =COOH	<i>V. arvensis</i>	Надземная часть	119
81	Gallic acid	R ₁ =R ₅ =H R ₂ =R ₃ =R ₄ =OH R ₆ =COOH	<i>V. arenaria</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. odorata</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. sachalinensis</i>	Надземная часть, корни	39, 58-61
82	Vanillic acid	R ₁ =R ₂ =R ₅ =H R ₄ =O-CH ₃ R ₃ =OH R ₆ =COOH	<i>V. arvensis</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	88, 119
83	4-Hydroxyphenylacetic acid	R ₁ =R ₂ =R ₄ =R ₅ =H R ₃ =CH ₂ -COOH R ₆ =OH	<i>V. arvensis</i>	Надземная часть	119
84	Ellagic acid		<i>V. ambigua</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. mirabilis</i>	Надземная часть	53, 54, 56, 57
85	Quinic acid		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87
86	Benzyl salicylate		<i>V. arvensis</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть	75

Продолжение таблицы 3

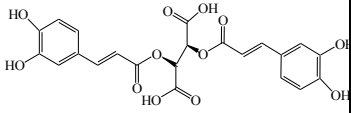
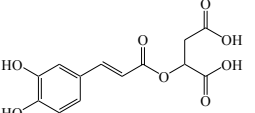
1	2	3	4	5	6
87	Dibutylphthalate		<i>V. biflora</i>	Надземная часть	120

Оксикоричные кислоты



88	Chlorogenic acid		<i>V. ambigua</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. sachalinensis</i>	Надземная часть, корни	39, 53, 54, 56, 57, 59-61, 85
89	Neochlorogenic acid		<i>V. arenaria</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. odorata</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. sachalinensis</i>	Надземная часть	39, 55, 58, 61
90	<i>cis-p</i> -Coumaric acid	$R_3=CH=CH-COOH$ $R_4=H$ $R_6=OH$	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	88
91	<i>trans-p</i> -Coumaric acid	$R_3=CH=CH-COOH$ $R_4=H$ $R_6=OH$	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87, 88
92	Cinnamic acid	$R_3=R_4=H$ $R_6=CH=CH-COOH$	<i>V. brachyceras</i> <i>V. hirta</i> <i>V. mirabilis</i>	Надземная часть	39, 54, 56, 57
93	<i>trans-p</i> -Hydroxycinnamic acid	$R_3=CH=CH-COOH$ $R_4=H$ $R_6=OH$	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87
94	Caffeic acid	$R_3=R_4=OH$ $R_6=CH=CH-COOH$	<i>V. arenaria</i> <i>V. arvensis</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. odorata</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. sachalinensis</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть, корни	39, 53-61, 87, 114, 119
95	Ferulic acid	$R_3=OH$ $R_4=O-CH_3$ $R_6=CH=CH-COOH$	<i>V. arvensis</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. rupestris</i> <i>V. tricolor</i>	Надземная часть, корни	39, 53-57, 59, 60, 62

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
96	Chicoric acid		<i>V. arenaria</i> <i>V. brachyceras</i> <i>V. langsdorfii</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. sachalinensis</i>	Надземная часть, корни	39, 58-61
97	Caffeoylmalic acid		<i>V. odorata</i>	Листья	85

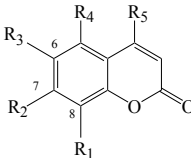
Мазь с экстрактом *V. tricolor* L., мажорными в составе которой были салициловая и хлорогеновая кислоты, обладает противовоспалительными свойствами [52].

Фенольные соединения найдены во многих видах фиалок, произрастающих в России, однако наиболее полно они изучены у 10–15 видов. Большой вклад в изучение веществ фенольной природы отечественных видов фиалок внесли Р.А. Бубенчиков и А.М. Мартынов с соавторами: различными методами хроматографии (бумажной, тонкослойной, ВЭЖХ) в исследуемых растениях идентифицировано более 30 фенольных соединений, из них 21 – впервые. Выделено 23 вещества фенольной природы и подтверждена их структура. По результатам исследований была выпущена серия статей, причем данные о химическом составе *V. uniflora* L., *V. sachalinensis* H. Boissieu, *V. patrinii* Ging., *V. langsdorfii* Fisch. ex Ging., *V. brachyceras* Turcz. и *V. arenaria* DC. были получены авторами впервые [44, 53–64].

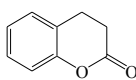
В надземной части 17 видов рода *Viola*, произрастающих на территории России, были обнаружены кумарины (табл. 4).

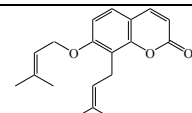
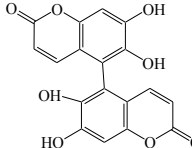
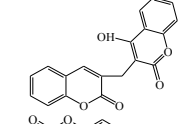
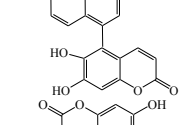
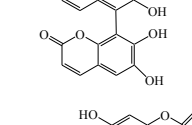
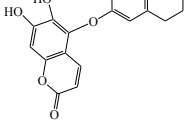
Большинство их относятся к окси-, метокси- и алкилированным производным кумарина (замещение происходит в 6, 7 и 8 положениях, редко в 4 и 5) и к симметричным и несимметричным дикумаринам. Скополетин (**104**) был идентифицирован у 10 видов, а эскулетин (**103**) – у 7 видов. Димерэскулетин (**120**) до настоящего времени обнаружен только у *V. yedoensis* Makino. Кумарины эскулетин (**103**), 6,7-диметоксикумарин (**100**), скополетин (**104**) и 5-метокси-7-гидроксиметилкумарин (**109**), выделенные из экстракта *V. yedoensis* Makino, проявляют антибактериальную активность в отношении *Streptococcus aureus*, *S. agalactiae*, *S. uberris*, *S. dysgalactiae* и др. [65]. Установлено, что содержание эскулетина (**103**) в этанольном экстракте *V. mandshurica* W. Becker, более чем в 2 раза превышало его содержание в водном экстракте, а пероральный прием этого кумарина (30 мг/кг) снижал уровень общего холестерина и глюкозы у мышей, страдающих ожирением (HFD) [66, 67]. Скополетин (**104**), также выделенный из экстракта *V. mandshurica* W. Becker, обладал подобными свойствами [68]. Метанольный экстракт *V. yedoensis* Makino в целом, а также выделенный из него дикумарин 5,5'-би-6,7-дигидроксикумарин (**118**) ингибировали активность протеазы HCV NS3/4A (IC₅₀=0.5 µg/ml) [69].

Таблица 4. Кумарины видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России

№	Название соединения	Структурная формула	Вид	Часть растения	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
					
98	Coumarin (2H-1-benzopyран-2-one)	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =H	<i>V. ambigua</i> <i>V. arvensis</i> <i>V. hirta</i> <i>V. odorata</i> <i>V. sachalinensis</i> <i>V. uniflora</i>	Надземная часть	53, 54, 61, 64, 85
99	7-Hydroxy-8-methoxycoumarin	R ₁ =O-CH ₃ R ₂ =OH R ₃ =R ₄ =R ₅ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	121

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
100	6,7-Dimethoxycoumarin	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =R ₃ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	65
101	7,8-Dimethoxycoumarin	R ₁ =R ₂ =O-CH ₃ R ₃ =R ₄ =R ₅ =H	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	72
102	Umbelliferone (7-hydroxycoumarin)	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =OH	<i>V. arvensis</i> <i>V. langsдорфii</i> <i>V. sachalinensis</i> <i>V. biflora</i> <i>V. collina</i>	Надземная часть	54, 61
103	Esculetin (aesculetin) (6,7-dihydroxycoumarin)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =R ₃ =OH	<i>V. mandshurica</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. variegata</i> <i>V. yedoensis</i> <i>V. arvensis</i> <i>V. biflora</i> <i>V. canina</i> <i>V. collina</i>	Надземная часть	49, 65, 68-70, 86- 88, 115, 120-124
104	Scopoletin (6-methoxy-7-hydroxycoumarin)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =OH R ₃ =O-CH ₃	<i>V. mandshurica</i> <i>V. mirabilis</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. variegata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	49, 53, 54, 57, 65, 68, 69, 87, 88, 115, 120, 122, 124
105	Isoscooletin (6-hydroxy-7-methoxycoumarin)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =O-CH ₃ R ₃ =OH	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	70, 87, 124
106	Esculin (aesculin) (6-β-D-glucopyranosyloxy)-7-hydroxy-2H-1-benzopyran-2-one)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =OH R ₃ =O-Glc	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	65, 87, 122
107	Isofraxidin (7-hydroxy-6,8-dimethoxycoumarin)	R ₁ =R ₃ =O-CH ₃ R ₂ =OH R ₄ =R ₅ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	65
108	Herniarin (7-methoxycoumarin)	R ₁ =R ₃ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =O-CH ₃	<i>V. mirabilis</i>	Надземная часть	54, 57
109	5-Methoxy-7-hydroxymethylcoumarin	R ₁ =R ₃ =R ₅ =H R ₂ =CH ₂ -OH R ₄ =O-CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	65
110	4-Oxycoumarin	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =H R ₅ =OH	<i>V. canina</i> <i>V. hirta</i> <i>V. mirabilis</i>	Надземная часть	53, 54, 56, 57
111	Prionanthoside (7-[(6-O-acetyl-β-D-glucopyranosyl)oxy]-6-hydroxy-2H-1-benzopyran-2-one)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =O-Acetyl-Glc-O R ₃ =OH	<i>V. patrinii</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. variegata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87, 115, 122
112	Cichoriin (7-(β-D-glucopyranosyloxy)-6-hydroxy-2H-1-benzopyran-2-one)	R ₁ =R ₄ =R ₅ =H R ₂ =O-Glc R ₃ =OH	<i>V. collina</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. variegata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	69, 87, 115, 122
113	8-(3-Methylbut-3-en-1-yl)-7-[(3-methylbut-3-en-1-yl)oxy]coumarin	R ₁ =3-MeBut-3-en-1-yl R ₂ =[(3-MeBut-3-en-1-yl)oxy] R ₃ =R ₄ =R ₅ =H	<i>V. yedoensis</i>	Цветки	72
114	Dihydrocoumarin (3,4-dihydro-1-benzopyran-2-on)		<i>V. uniflora</i>	Надземная часть	64

1	2	3	4	5	6
115	8-Isopentenyl-7-O-isopentenylcoumarin		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	87
116	Euphorbetin (5-(6,7-dihydroxy-2-oxochromen-5-yl)-6,7-dihydroxychromen-2-one)		<i>V. collina</i> <i>V. patrinii</i> <i>V. prionantha</i> <i>V. variegata</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	69, 115, 122, 123
117	Dicoumarin (3,3'-methylene-bis(4-hydroxycoumarin))		<i>V. hirta</i>	Надземная часть	54, 56
118	5,5'-bi-6,7-Dihydroxycoumarin		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	69, 70
119	6,6',7,7'-Tetrahydroxy-5,8'-bicoumarin		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	70
120	Dimeresculetin (7-hydroxy-6[(6,7-dihydroxy-2-oxo-2H-1-benzopyran-5-yl)oxy]-2H-1-benzopyran-2-one)		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	69, 87, 123

До 30 терпеноидов было выделено из видов рода *Viola*, произрастающих на территории России. Наиболее подробно изучен терпеноидный состав *V. tricolor* L., *V. yedoensis* Makino и *V. odorata* L., до 80% которого составляют монотерпеноиды, такие как лимонен, гераниол, спатуленол, гексагидрофарнезил-ацетон и др., из дитерпеноидов чаще всего фиксировали наличие фитола и крассифола, из тритерпеноидов – лупеола и урсоловой кислоты [43, 70–72].

В 2007 г. Н.Н. Moon с соавторами протестировали 15 видов фиалок, произрастающих в Северной Корее, на антиплазмодийную активность в отношении *Plasmodium falciparum*. Наиболее эффективным оказался экстракт *V. verecunda* A. Gray (IC 50; 0.18 мкг/мл), содержащий эпиолеаноловую кислоту [73]. Сесквитерпеноиды *V. yedoensis* Makino, такие как иеоденсины А и В и версиколактон В, активируют иммунные комплексы организма [74].

В литературе имеется очень ограниченная информация о наличии и составе эфирных масел фиалок. Известен состав эфирных масел четырех видов: *V. tricolor* L., *V. arvensis* Murray, *V. yedoensis* Makino и *V. odorata* L. [43, 75–78]. В эфирном масле надземной части *V. tricolor* L. идентифицировано более 35 компонентов, основу которых составили сесквитерпеноиды (59%), а также алифатические соединения (29%) и производные шикимовой кислоты (8%), мажорными соединениями являлись оксид бизаболена, *транс*- β -фарнезен, а также оксиды бизаболола А и В. В составе эфирного масла *V. arvensis* Murray идентифицировано более 24 компонентов, среди которых алифатические соединения составили 42%, производные шикимовой кислоты – 11%, а сесквитерпеноиды – 5%, мажорными соединениями являлись гексагидрофарнезил-ацетон, метилсалицилат и β -йонон. Состав эфирного масла листьев *V. odorata* L. изучен наиболее подробно, поскольку оно традиционно используется в парфюмерной промышленности в качестве основы духов и туалетной воды. Содержание эфирного масла *V. odorata* колеблется от 0.05 до 0.13% от массы свежих листьев. Основными источниками сырья *V. odorata* L. являются некоторые регионы Египта и Франции, однако поставляемое из Египта сырье часто идет с примесью листьев шпината, схожих по внешнему виду с листьями фиалок, но значительно более дешевыми и не содержащими нужных для парфюмерии веществ, а часть французского сырья – с добавлением синтетического (*E,Z*)-2,6-нонадиенала [77]. L. Saint-Lary с соавторами [76] попытались получить маркеры эфирных масел *V. odorata* L., собранных в различных регионах Египта и Франции; ими установлено, что пент-1-ен-3-ол, 3-метилбут-2-еналь, 2-метокси-3-(1-метилэтил)-пирозин, 4-этилбензальдегид, β -фенетилформиат, 2-метокси-3-(2-метилпропил)пирозин – маркеры эфирного масла *V.*

odorata L. в образцах из Франции, а оксиды *цис*- и *транс*-розы и 3,5,5-триметилциклогексен-2-он – маркеры египетского сырья. А. Тоіu с коллегами изучали состав эфирных масел двух видов: *V. tricolor* L. и *V. arvensis* Murray, произрастающих в Румынии [75]. Предположение авторов о том, что метилсалицилат, составляющий до 96% изученного ими ранее эфирного масла *V. etrusca* M. Erben. будет основным компонентом масел других видов фиалок, не подтвердилось: было установлено, что основным компонентом эфирных масел *V. tricolor* L. является оксид безаболонна, *V. arvensis* Murray – 2-пентилфуран, а содержание метилсалицилата у исследуемых ими видов составило менее 2%.

Эфирное масло, выделенное из листьев *V. odorata* L., проявляет репеллентную активность [79], а также эффективно при хронической бессоннице [80]. А эфирное масло из цветков *V. odorata* L. в концентрации 6 до 25 $\mu\text{л/мл}$ проявляет антифунгальную активность в отношении *Botrytis cinerea* [129].

β -Ситостерин был выделен из экстракта *V. yedoensis* Makino, а из цветков и надземной части *V. odorata* L., помимо β -ситостерина – β -D-глюкозид β -ситостерина и стигмастерин [81, 82].

До недавнего времени о наличии азотсодержащих соединений в экстрактах фиалок были отрывочные сведения, при этом некоторые соединения впервые были выделены из экстрактов видов рода *Viola*. Так, из корней *V. arvensis* Murray был выделен алкалоид виола-эментин (**135**) [83], а из экстракта *V. yedoensis* Makino был выделен виолаэдоенамид (**131**) – азотсодержащее вещество, идентифицированное как тетракозаноил-*n*-гидроксибензиламин [84]. До настоящего времени эти соединения были найдены только у этих видов. Начиная с 2010 года появилось несколько публикаций о наличии еще ряда азотсодержащих соединений в экстрактах *V. yedoensis* Makino [71, 86–88]. В 2017 году опубликована статья D.S. Du с соавторами, в которой сообщается о выделении из спиртового экстракта надземной части *V. yedoensis* Makino 15 алкалоидов (табл. 5): неозчайнулин А (**139**), *N*-бензоил-*L*-*p*-гидрокси-фенилаланинол (**121**), аурантиамид (**122**) и его ацетат (**123**), анабелламид (**124**), тричосанатин (**125**), метиловый эфир индол-3-карбоксиловой кислоты (**126**), 3-карбоксииндол (**127**), *N*-*транс*-ферулоилтирамин (**130**), папразин (**128**), 7'-(3',4'-дигидроксифенил)-*N*-[(4-метоксифенил)этил]пропенамид (**129**), каннабисин F (**131**), *N*-(4-гидроксибензил)октакозанамида (**132**), *N*-(4-гидроксибензил)гексакозанамида (**133**) и *N*-бензоил-*L*-фенилаланинол (**121**), обладающих антикомплементарными свойствами [89].

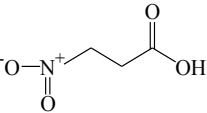
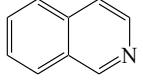
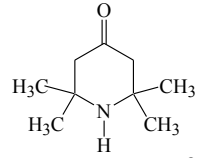
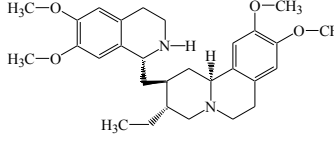
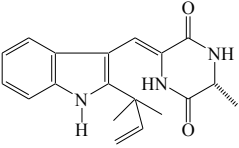
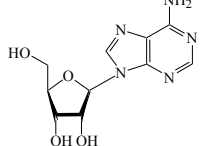
Циклотиды – семейство низкомолекулярных растительных белков, характерных и наиболее широко представленных у видов рода *Viola* [90]. Основу циклотидов составляют циклические пептиды с особым строением, делающим их достаточно устойчивым к термическому, химическому, а также ферментному воздействию. В настоящий момент, помимо видов *Viola*, циклотиды найдены у видов семейства Rubiaceae [91], Solanaceae [92], Cucurbitaceae [93], Fabaceae [94], а среди однодольных – у видов семейства Poaceae [95]. Циклотиды varv A и varv F, выделенные из экстракта *V. arvensis* Murray, проявляли цитотоксическую активность ($\text{IC}_{50}=2.7\text{--}6.35 \mu\text{M}$ и $\text{IC}_{50}=2.6\text{--}7.4 \mu\text{M}$ соответственно) в отношении 10 линий опухолевых клеток человека, с определенной устойчивостью к цитотоксическим лекарственным средствам [96]. Цитотоксическая активность выявлена также у ряда циклотидов *V. biflora* L. Так, в эксперименте циклотиды vibi E, G и H (IC_{50} от 0.96 до 5.0 μM) ингибировали активность клеток линии U-937 GTВ (лимфома человека) [97]. Циклотид varv A из экстракта *V. yedoensis* Makino, эффективен при борьбе с раком яичника (линии клеток A2780, Igr0v-1 и Ovcar-8) [98]. Цикловиолацин O2, выделенный из экстракта *V. odorata*, инициирует гибель клеток рака молочной железы (линий MCF-7 и MCF-7/ADR), а также лимфомы человека (U-937), увеличивая проницаемость мембран патогенных клеток, при этом не затрагивая мембран остальных клеток [99, 100]. Цикловиолацин O8 ($\text{IC}_{50} 25\text{--}30 \mu\text{M}$), выделенный также у *V. odorata*, показал цитотоксическую активность в отношении клеток рака простаты (PC-3), рака яичников (OVCAR-3) и противогрибковую активность в отношении *Fusarium graminearum* [101]. Циклотиды *V. odorata* L. цикловиолацины O13, O14, O16 и O24 показали протеолитическую устойчивость к действию трипсина, пепсина и термолизина и не меняли своей структуры даже после 6 ч инкубации с этими ферментами, что дает возможность вводить эти циклотиды перорально [102].

Цикловиолацин O2, выделенный из экстракта *V. odorata* L., ингибирует рост граммотрицательных бактерий [103], аналогичную антибактериальную активность проявлял циклотид varv A, особенно в отношении *Flavobacterium psychrophilum* [104]. Выделенные из экстрактов *V. odorata* L. и *V. yedoensis* Makino 7 цикловиолацинов, были протестированы *in vitro* в отношении *Haemonchus contortus* и *Trichostrongylus colubriformis*: цикловиолацин O2 и цикловиолацин O14 оказались в 18 раз более эффективными, чем циклотид kalata B1, применяемый как антигельминтное средство ранее [105].

Таблица 5. Азотсодержащие соединения видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России

№	Название соединения	Структурная формула	Вид	Часть растения	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
121	N-benzoyl-L-p-hydroxyphenylalaninol	R=OH	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
122	Aurantiamide		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	85, 89
123	Aurantiamide acetate		<i>V. biflora</i> <i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	85, 89, 120
124	Anabellamide		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
125	Trichosanatine		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
126	Indole-3-carboxylic acid methyl ester	R=CH ₃	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
127	3-Carboxyindole	R=H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
128	Paprazine	R ₁ =R ₂ =R ₃ =H	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
129	7'-(3',4'-dihydroxyphenyl)-N-[(4-methoxyphenethyl]propenamide	R ₁ =H R ₂ =CH ₃ R ₃ =OH	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
130	N-trans-feruloyl-tyramine	R ₁ =CH ₃ R ₂ =H R ₃ =OH	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
131	Cannabisin F		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
132	N-(4-hydroxyphenethyl)-octacosanamide	n=25	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
133	N-(4-hydroxyphenethyl)-hexacosanamide	n=23	<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
134	Violydoenamamide	n=22	<i>V. yedoensis</i>		84
135	3-Nitropropionic acid		<i>V. odorata</i>	Корни	125
136	Isoquinoline		<i>V. odorata</i>	Листья	85
137	Odoratine (2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidinone)		<i>V. odorata</i>	Листья	126, 127
138	Viola-ementin (violine)		<i>V. arvensis</i> , <i>V. odorata</i>	Листья, корни	83, 85
139	Neoechinulin A		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	89
140	Adenosine		<i>V. yedoensis</i>	Надземная часть	86, 88

Циклотиды цикловиолацин Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, varv A, varv E, kalata B1, выделенные из экстракта *V. yedoensis* Makino, были протестированы *in vitro* на антивирусную активность в отношении ВИЧ. Установлено, что наиболее активным является цикловиолацин Y5, а также установлена положительная корреляция между гидрофобностью циклотидов и антивирусной активностью [106]. Цикловиолацины Y5 и VY1, а также пептид E из экстракта *V. yedoensis* Makino, активны в отношении вируса АН1N1 [107]. Цикловиолацины O2, O13, O14, O15, O24, varv A и kalata B1 обладают гемолитическими свойствами [102].

Важную биологическую роль играет липофильный комплекс, влияющий на липидный обмен и уровень холестерина в организме, поэтому представляет интерес изучение состава высших жирных кислот видов рода *Viola*. Из жирорастворимой фракции листьев и цветков *V. odorata* L., получена сумма жирных кислот, содержащая до 70% олеиновой, до 18% линолевой, до 9% пальмитиновой и до 1% стеариновой и пальмитоолеиновой кислот [108]. Изучен состав и содержание жирных кислот в надземной части *V. uniflora* L., преобладающей (до 40%) у этого вида является линолевая кислота [63]. Установлен также жирнокислотный состав у *V. yedoensis* Makino [84].

В надземных частях *V. sachalinensis* H. Boissieu, *V. langsdorfii* Fischer ex Ging., *V. tricolor* L., *V. arvensis* Murray, *V. uniflora* L., *V. biflora* L. обнаружены до 15 свободных аминокислот, состав которых представлен глицином, орнитином, аспарагиновой кислотой, фенилаланином и другими аминокислотами [54, 60, 61, 63].

Подробно исследованы водорастворимые полисахаридные комплексы надземных частей *V. hirta* L., *V. mirabilis* L., *V. rupestris* F. W. Schmidt, *V. tanaitica* Grosset и др. Эта группа веществ представлена полисахаридами, пектиновыми веществами и гемицеллюлозами. В гидролизатах полисахаридных комплексов чаще всего обнаруживаются такие моносахариды, как глюкоза, галактоза, арабиноза, рамноза, ксилоза и др. Основу пектиновых веществ составляет галактурановая кислота (до 80%) [54–57]. Авторами показано, что полисахаридные комплексы *V. tanaitica* Grosset обладают отхаркивающими свойствами, сравнимыми с препаратом Мукалтином, а полисахаридные комплексы *V. odorata* L. – противовоспалительным действием; пектиновые вещества *V. canina* L. оказывают антимикробное действие и могут быть использованы в качестве детоксикантов [54, 55, 109]. Отечественными учеными получены патенты на способ получения водорастворимых полисахаридов из *V. odorata* L. и способ получения пектинов из *V. canina* L. [54, 130, 131].

Анализ литературных данных показал, что есть сведения о химическом составе и биологической активности только для 24 из более чем 100 видов рода *Viola*, произрастающих на территории России. Фиалки содержат комплекс биологически активных соединений: флавоноиды, циклотиды, фенолкарбоновые кислоты, азотсодержащие соединения, кумарины, антоцианы и другие группы веществ. Для некоторых отдельных компонентов экспериментально доказана различная биологическая активность, что подтверждает целесообразность использования видов в научной и традиционной медицинах. Однако в большинстве случаев работы относятся к фармакопейным видам, а другие представители этого рода изучены фрагментарно или данные о них отсутствуют. Тем не менее велика вероятность обнаружения этих веществ и у других видов, произрастающих на территории России, а также выделения и идентификации новых компонентов, обладающих ценными терапевтическими свойствами. Поэтому виды рода *Viola*, произрастающие на территории России, представляют наибольший интерес для изучения их химического состава и фармакологических свойств.

Список литературы

- Ballard H.E., de Paula-Souza J., Wahlert G.A. *Violaceae* // Families and genera of vascular plants. The flowering plants. Springer, 2014. Vol. 11. Pp. 303–322.
- Никитин В.В. Фиалки (*Viola* L., *Violaceae*) Тувы // Новости сист. высш. растен. 2008. Т. 40. С. 164–183.
- Елисафенко Т.В. Два типа цветения у редких сибирских видов *Viola* (*Violaceae*) // Бот. журн. 1998. Т. 83. №6. С. 66–73.
- Юзепчук С.В. Семейство *Violaceae* // Флора СССР. М., Л.: Из-во АН СССР, 1949. Т. 15. С. 350–452.
- Зуев В.В. Семейство *Violaceae* Batsch // Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. Новосибирск, 2012. С. 147–151.
- Никитин В.В., Силантьева М.М. Фиалки (*Viola* L., *Violaceae*) Алтайского края // Новости сист. высш. растен. 2006. Т. 38. С. 165–201.
- Федченко Б.А. Флора Азиатской России. Фиалковые. Петроград, 1915. Вып. 8. 106 с.
- Никитин В.В. Гибридизация в роде *Viola* (*Violaceae*) // Бот. журн. 2007. Т. 93б. №2. С. 212–227.
- Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960. 450 с.
- Секретарева Н.А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М., 2004. 129 с.
- Kumar K., Sharma Y.P., Manhas R.K., Bhatia H. Ethnomedicinal plants of Shankaracharya Hill, Srinagar, J&K, India // J. Ethnopharmacol. 2015. Vol. 170. Pp. 255–274. DOI: 10.1016/j.ep.2015.05.021.
- Feyzabadi Z., Ghorbani F., Vazani Y., Zarshenas M.M. A critical review on phytochemistry, pharmacology of *Viola odorata* L. and related multipotential products in traditional Persian medicine // Phytother. Res. 2017. Vol. 31. N11. Pp. 1669–1675. DOI: 10.1002/ptr.5909.
- Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Beijing, 2010. Vol. 1. 951 p.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. М., 2018. Т. 4. 7019 с.
- Ghorbani A., Yousofabad N.J., Rakhshandeh H. Effect of *Viola tricolor* on pentobarbital-induced sleep in mice // African J. Pharmac. Pharmacol. 2012. Vol. 6. N35. Pp. 2600–2606. DOI: 10.5897/ajpp12.721.
- Gonçalves A.F.K., Friedrich R.B., Boligon A.A., Piana M., Beck R.C.R., Athayde M.L. Anti-oxidant capacity, total phenolic contents and HPLC determination of rutin in *Viola tricolor* L. flowers // Free Radicals Antioxid. 2012. Vol. 2. Pp. 32–37. DOI: 10.5530/ax.2012.4.6.
- Li B., Lee D.S., Choi H.G., Kim K.S., Jeong G.S., An R.B., Kim Y.C. Involvement of heme oxygenase-1 induction in the cytoprotective and immunomodulatory activities of *Viola patrinii* in murine hippocampal and microglia cells // Evid. Based. Complement. Alternat. Med. 2012. Vol. 2012. Article 128019. DOI: 10.1155/2012/128019.
- Li W., Xie J.Y., Li H., Zhang Y.Y., Cao J., Cheng Z.H., Chen D.F. *Viola yedoensis* liposoluble fraction ameliorates lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice // Am. J. Chin. Med. 2012. Vol. 40. N5. Pp. 1007–1018. DOI: 10.1142/s0192415x12500747.
- Pan Y.Y., Song Z.P., Zhu G.F., Zhu Y.Z., Lu Y., Li W.L., Cao J., Cheng Z.H. Antipyretic effects of liposoluble fractions of *Viola yedoensis* // Chin. Herb. Med. 2015. Vol. 7. N1. Pp. 80–87. DOI: 10.1016/s1674-6384(15)60024-7.
- Jeong Y.H., Oh Y.C., Cho W.K., Shin H., Lee K.Y., Ma J.Y. Anti-inflammatory effects of *Viola yedoensis* and the application of cell extraction methods for investigating bioactive constituents in macrophages // BMC Compl. Altern. Med. 2016. Vol. 16. P. 180. DOI: 10.1186/s12906-016-1142-9.
- Rahima V.B., Askari V.R., Emami S.A., Tayarani-Najaran Z. Anti-melanogenic activity of *Viola odorata* different extracts on B16F10 murine melanoma cells // Iran J. Basic Med. 2017. Vol. 20. N3. Pp. 242–249. DOI: 10.22038/ijbms.2017.8350.
- Покровский М.В., Бубенчиков Р.А. Фармакотерапевтическая эффективность растений рода фиалка при стафилококковой пневмонии // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Мед. Фармац. 2010. №22(93), вып. 12/2. С. 19–22.
- Anti V., Kumar P., Kannappan N., Diwan A., Saini P., Singh S. Evaluation of the analgesic activity of *Viola odorata* aerial parts in rats // J. Nat. Pharm. 2011. Vol. 2. N1. Pp. 24–27.
- Vishal A., Parveen K., Pooja S., Kannappan N., Kumar S. *Pharmacology online*, 2009, vol. 1, pp. 739–748. DOI: 10.1016/s0367-326x(01)00345-8.

25. Witkowska-Banaszczyk E., Bylka W., Matlawska J., Goślińska O., Muszyński Z. Antimicrobial activity of *Viola tricolor* herb // *Fitoterapia*. 2005. Vol. 76. N5. Pp. 458–461.
26. Gautam S.S., Navneet, Kumar S. The antibacterial and phytochemical aspects of *Viola odorata* L. extracts against respiratory tract pathogens // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 2012. Vol. 82. N4. Pp. 567–672. DOI: 10.1007/s40011-012-0064-7.
27. Zeng H.R., Wang B., Zhao Z., Zhang Q., Liang M.Y., Yao Y.Q., Bian K., Zhang W.R. Effects of *Viola yedoensis* Makino anti-itching compound on degranulation and cytokine generation in RBL-2H3 mast cells // *J. Ethnopharmacol.* 2016. Vol. 189. Pp. 132–138. DOI: 10.1016/j.jep.2016.05030.
28. Huang S.F., Chu S.C., Hsieh Y.H., Chen P.N., Hsieh Y.S. *Viola yedoensis* suppresses cell invasion by targeting the protease and NF- κ B activities in A549 and lewis lung carcinoma cells // *Int. J. Med. Sci.* 2018. Vol. 15. N4. Pp. 280–290. DOI: 10.7150/ijms.22793.
29. Alipanah H., Bigdeli M.R., Esmaceli M.A. Inhibitory effect of *Viola odorata* extract on tumor growth and metastasis in 4T1 breast cancer model // *Iran J. Pharm. Res.* 2018. Vol. 17. N1. Pp. 276–291.
30. Lee M.Y., Yuk J.E., Kwon O.K., Kim H.S., Oh S.R., Lee H.K., Ahn K.S. Anti-inflammatory and anti-asthmatic effects of *Viola mandshurica* W. Becker (VM) ethanolic (EtOH) extract on airway inflammation in a mouse model of allergic asthma // *J. Ethnopharmacol.* 2010. Vol. 127. N1. Pp. 159–164. DOI: 10.1016/j.jep.2009.09.033.
31. Qasemzadeh M.J., Sharifi H., Hamedanian M., Gharehbeglou M., Heydari M., Sardari M., Akhlaghdoust M., Minae M.B. The effect of *Viola odorata* flower syrup on the cough of children with asthma: a double-blind, randomized controlled trial // *J. Evid. Based Compl. Altrn. Med.* 2015. Vol. 20. N4. Pp. 287–291. DOI: 10.1177/2156587215584862.
32. Wang Y., Wu Z., Ao D., Zhou Y. Inhibition of *Viola yedoensis* Makino on HBsAg secreted by HepG2.2.15 cells // *Acta Acad. Med. Zunyi.* 2009. Vol. 32. N6. Pp. 559–561.
33. Wang Y., Wu Z., Luo G., Wang M. Effect of *Viola yedoensis* Makino on hepatitis B virus detected by laser confocal scanning microscopy // *Acta Acad. Med. Zunyi.* 2010. Vol. 33. N3. Pp. 208–211.
34. Hellinger R., Koehbach J., Fedchuk H., Sauer B., Huber R., Gruber C.W., Gründemann C. Immunosuppressive activity of an aqueous *Viola tricolor* herbal extract // *J. Ethnopharmacol.* 2014. Vol. 151. N1. Pp. 299–306. DOI: 10.1016/j.jep.2013.10.044.
35. Siddiqi H.S., Mehmood M.H., Rehman N.U., Gilani A.H. Studies on the antihypertensive and antidyslipidemic activities of *Viola odorata* leaves extract // *Lipids Health. Dis.* 2012. Vol. 11. P. 6. DOI: 10.1186/1476-511X-11-6.
36. Qadir M.I., Ali M., Ali M., Saleem M., Hanif M. Hepatoprotective activity of aqueous methanolic extract of *Viola odorata* against paracetamol-induced liver injury in mice // *Bangladesh J. Pharm.* 2014. Vol. 9. N2. Pp. 198–202. DOI: 10.3329/bjp.v18049.
37. Rahima V.B., Askari V.R., Emami S.A., Tayarani-Najaran Z. Anti-melanogenic activity of *Viola odorata* different extracts on B16F10 murine melanoma cells // *Iran J. Basic Med. Sci.* 2017. Vol. 20. N3. Pp. 242–249. DOI: 10.22038/ijbms.2017.8350.
38. Kamali M., Seifadini R., Kamali H., Mehrabani M., Jahani Y., Tajadini H. Efficacy of combination of *Viola odorata*, *Rosa damascena* and *Coriandrum sativum* in prevention of migraine attacks: a randomized, double blind, placebo-controlled clinical trial // *Electron Physician.* 2018. Vol. 10. N3. Pp. 6430–6438. DOI: 10.19082/6430.
39. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. Биологически активные соединения травы фиалки короткошпорцевой // *Хим.-фарм. журнал.* 2012. Т. 46. №7. С. 435–437. DOI: 10.30906/0023-1134-2012-46-7-31-33.
40. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Семейства Actinidaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae. СПб., М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. Т. 2. 513с.
41. Bate-Smith E.E. The phenolic constituents of plants and their taxonomic significance // *Bot. J. Linn. Soc.* 1962. Vol. 58. N371. Pp. 95–137.
42. Vukics V., Kery A., Guttman A. Analysis of polar antioxidants in Heartsease (*Viola tricolor* L.) and Garden pansy (*Viola × wittrockiana* Garms.) // *J. Chromatogr. Sci.* 2008. Vol. 46. N9. Pp. 823–827.
43. Koike A., Barreira J.C.M., Barros L., Santos-Buelga C., Villavicencio A.L.C.H., Ferreira R.I.C.F. Edible flowers of *Viola tricolor* L. as a new functional food: antioxidant activity, individual phenolics and effects of gamma and electron-beam irradiation // *Food Chem.* 2015. Vol. 179. Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.123.
44. Toiu A., Vlase L., Oniga I., Tămaş M. LC-MS analysis of flavonoids from *Viola tricolor* L. (Violaceae) // *Farmacia.* 2007. Vol. 55. N5. P. 509.
45. Carnat A.P., Carnat A., Fraisse D., Lamaison J.L. Violarvensin, a new flavones di-C-glycoside from *Viola arvensis* // *J. Nat. Prod.* 1998. Vol. 61. Pp. 272–274.
46. Qadir M.I., Ali M., Ali M., Saleem M., Hanif M. Hepatoprotective activity of aqueous methanolic extract of *Viola odorata* against paracetamol-induced liver injury in mice // *Bangladesh J. Pharm.* 2014. Vol. 9. N2. Pp. 198–202. DOI: 10.3329/bjp.v18049.
47. Karim N., Khan I., Abdelhalim A., Khan A., Halim S.A. Antidepressant potential of novel flavonoids derivatives from sweet violet (*Viola odorata* L.): pharmacological, biochemical and computational evidences for possible involvement of serotonergic mechanism // *Fitoterapia.* 2018. Vol. 128. Pp. 148–161. DOI: 10.1016/j.fitote.2018.05.016.
48. Jeong Y.H., Oh Y.C., Cho W.K., Shin H., Lee K.Y., Ma J.Y. Anti-inflammatory effects of *Viola yedoensis* and the application of cell extraction methods for investigating bioactive constituents in macrophages // *BMC complement Altern. Med.* 2016. Vol. 16. P. 180. DOI: 10.1186/s12906-016-1142-9.

49. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim S.H., Kim H.K. Anti-obesity activity, acute toxicity, and chemical constituents of aqueous and ethanol *Viola mandshurica* extracts // BMC complement Altern. Med. 2017. Vol. 17. N1. P. 297. DOI: 10.1186/s12906-017-1810-4.
50. Toiu A., Oniga I., Vlase L. Determination of flavonoids from *Viola arvensis* and *V. declinata* (Violaceae) // Hop Med. Pl. 2017. Vol. XXV. N1-2. Pp. 125–130.
51. Karrer P., de Meuron G. In geringer Menge aus den Blüten des blau violet blühende Garten stiefmütterchen = *Viola tricolor* // Helv. Chim. Acta. 1933. Vol. 16. P. 292.
52. Piana M., Silva M.A., Trevisan G., de Brum T.F., Silva C.R., Boligon A.A., Olivera S.M., Zadra M., Hoffmeister C., Rossato M.F., Tonello R., Laporta L.V., Freitas R.B., Belke B.V., Jesus Rda S., Ferreira J., Athayde M.L. Antiinflammatory effects of *Viola tricolor* gel in a model of sunburn in rats and the gel stability study // J. Ethnopharmacol. 2013. Vol. 150. N2. Pp. 458–465. DOI: 10.1016/j.jep.2013.08.040.
53. Бубенчиков Р.А. Фенольные соединения и полисахариды фиалки собачьей // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2004. №1. С. 156–159.
54. Бубенчиков Р.А. Фармакогностическое изучение растений рода Фиалка и спектр их фармакологической активности: автореф. дисс. ...докт. фарм. наук. Пенза, 2011. 49 с.
55. Бубенчиков Р.А. Изучение фенольных соединений и полисахаридов травы фиалки скальной // Башкирский хим. журнал. 2011. Т. 18. №1. С. 128–130.
56. Литвиненко В.И., Бубенчиков Р.А. Фенольные соединения и полисахариды *Viola hirta* L. // Фармаком. 2004. №3. С. 23–27.
57. Маркарян А.А., Бубенчиков Р.А., Квасова А.О. Фенольные соединения и полисахариды надземной части *Viola mirabilis* L. // Вопр. Обесп. Качест. Лек. Ср-в. 2016. №1(11). С. 31–36.
58. Мартынов А.М. Состав и содержание полифенольных соединений в надземной части фиалки песчаной // Сиб. мед. журнал. 2012. №2. С. 114–116.
59. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д. Фенольные соединения и водорастворимые полисахариды фиалки патрэна // Сиб. мед. журнал. 2009. №7. С. 213–215.
60. Мартынов А.М., Собенин А.М. Фенольные соединения и аминокислоты травы *Viola langsdorffii* Fischer ex Ging. // Вопр. биол., мед., фарм. хим. 2008. №4. С. 37–39.
61. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д., Собенин А.М. Изучение химического состава надземной части фиалки сахалинской // Башкирский хим. журнал. 2010. Т. 17. №2. С. 109–112.
62. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. Исследование химического состава подземных органов фиалки лангдорфа // Сиб. мед. журнал. 2010. №6. С. 218–219.
63. Мартынов А.М., Пупыкина К.А., Даргаева Т.Д. Состав высших жирных кислот надземной части *Viola uniflora* // Вестник ВГУ. Сер.: География, геоэкология. 2011. №2. С. 96–98.
64. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. Состав и стандартизация спиртового экстракта *Viola uniflora* // Вопр. обесп. кач. лекарств. ср-в. 2013. №1. С. 19–24.
65. Sun Y., Du L., Zhou L., Zhang W., Miao F., Yang X., Geng H. Study on antibacterial active components from *Viola yedoensis* // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2011. Vol. 36. N19. Pp. 2666–2671.
66. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim H.K. *Viola mandshurica* ethanolic extract prevents high-fat-diet-induced obesity in mice by activating AMP-activated protein kinase // Environ. Toxicol. Pharmacol. 2014. Vol. 38. N1. Pp. 41–50. DOI: 10.1016/j.etab.2014.04.028.
67. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim S.H., Kim K. Anti-obesity activity, acute toxicity, and chemical constituents of aqueous and ethanol *Viola mandshurica* extracts // BMC compl. Altern. Med. 2017. Vol. 17. Pp. 297. DOI: 10.1186/s12906-017-1810-4.
68. Park S.H., Sung Y.Y., Nho K.J., Kim D.S., Kim H.K. Effects of *Viola mandshurica* on Atherosclerosis and hepatic steatosis in ApoE ^{-/-} via the AMPK pathway // Amer. J. Chin. Med. 2017. Vol. 45. N4. Pp. 757–772. DOI: 10.1142/s192415x1700409.
69. Zhang L., Li M.Y., Wang L.W., Gao J., Ma C.M. Isolation, identification, quantification and inhibitory activity on HCV protease of coumarins from *Viola yedoensis* // Canadian Chem. Transact. 2013. Vol. 1. N3. Pp. 157–164. DOI: 10.13179/canchemtrans.2013.01.03.0025.
70. Huang J., Yang J., Xue Q., Yu L., Zhang D. Studies on chemical constituents from herbs of *Viola yedoensis* // Zhongguo Zhongyao Zazhi. 2009. Vol. 34. N9. Pp. 1114–1116.
71. Xu J.Z., Zeng S.S., Qu H.B. Chemical constituents from *Viola yedoensis* // Chin. Trad. Herb. Drugs. 2010. Vol. 41. N9. P. 1423.
72. Zhu H., Qin S.S., Zhang N., Yang D.W., Han H.R., Wei K.H., Li M.H. Chemical constituents and biological activities of plants from the genus *Viola* // Chem. Biodivers. 2015. Vol. 12. Pp. 1777–1808.
73. Moon H.J., Jung J., Lee J. Antiplasmodial activity of triterpenoid isolated from whole plants of *Viola* genus from South Korea // Parasitol. Res. 2007. Vol. 100. N3. Pp. 641–644. DOI: 10.1007/s00436-006-0279-8.
74. Du D., Cheng Z., Chen D. Anti-complement sesquiterpenes from *Viola yedoensis* // Fitoterapia. 2015. Vol. 1. Pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.fitote.2014.12.015.
75. Toiu A., Verite P., Oniga I., Tamas M. Composition of essential oils of *Viola tricolor* and *V. arvensis* from Romania // Chem. Nat. Compds. 2009. Vol. 45. N1. Pp. 91–92. DOI: 10.1007/s10600-009-9244-y.

76. Saint-Lary L., Roy C., Paris J.P., Tournayre P., Berdague J.L., Thomas O.P., Fernandez X. Volatile compounds of *Viola odorata* absolutes: identification of odorant active markers to distinguish plants originating from France and Egypt // Chem. Biodivers. 2014. Vol. 11. N6. Pp. 843–860. DOI: 10.1002/cbdv.201300387.
77. Saint-Lary L., Roy C., Paris J.P., Martin J.F., Thomas O.P., Fernandez X. Metabolomics for the authentication of natural extracts used in flavors and fragrances: the case study of violet leaf absolutes from *Viola odorata* // Chem. Biodivers. 2016. Vol. 13. N6. Pp. 737–747. DOI: 10.1002/cbdv.201500230.
78. Akhbari M., Batooli H., Kashi F.J. Composition of essential oil and biological activity of extracts of *Viola odorata* L. from central Iran // Nat. Prod. Res. 2012. Vol. 26. N9. Pp. 802–809. DOI: 10.1080/14786419.2011.558013.
79. Amer A., Mehlhorn H. Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles* and *Cules* mosquitoes // Parasitol. Res. 2006. Vol. 99. N4. Pp. 478–490.
80. Feyzabadi Z., Jafari F., Kamali S. H., Ashayeri H., Badiiee Aval S., Esfahani M.M., Sadeghpour O. Efficacy of *Viola odorata* L. in treatment of chronic insomnia // Iran Red. Crescent. Med. J. 2014. Vol. 16. N12. e17511. DOI: 10.5812/ircmj.17511.
81. Jaber B.M., Jasim S.F. Phytochemical study of stigmasterol and β -sitosterol in *Viola odorata* plant cultivated in Iraq // Iraqi J. Biotechnol. 2014. Vol. 13. N2. Pp. 86–94.
82. Pershin T., Kar H.K. Isolation and characterization of β -sitosterol-3-O- β -D-glucoside from the extract of the flowers of *Viola odorata* // British J. Pharm. Res. 2017. Vol. 16. N4. Pp. 1–8.
83. Kolosné Pethes E. *Violae arvensis* herbarutin-észossz flavonoid-tartalmának meghatározása ésezekvaltozasa a vegetacios időszakban // Acta Pharm. Hung. 1965. Vol. 35. N5. Pp. 225–230.
84. Xiao Y.Q., Bi J.Y., Liu X.H., Tu Y.Y. Studies on the chemical constituents of *Viola yedoensis* Mak. // Acta Bot. Sin. 1987. Vol. 29. N5. Pp. 532–536.
85. Rasool A.A., Muhammad K.A. Estimation of some plant secondary products in *Urtica dioica* L., *Viola odorata* L. and *Melissa officinalis* L. naturally grown in Hawraman-Kurdistan region in Iraq // J. Agr. Sci. Techn. B. 2013. Vol. 3. Pp. 480–486.
86. Cao J., Qin Y., Yin C.L., Cheng Z.H. Chemical constituents of *Viola yedoensis* and their antioxidant activity // Chinese J. Exp. Trad. Med. Form. 2013. Vol. 19. Pp. 77–81.
87. Li Y.S., He X.R., Yang Y. Study advancement about chemical composition and pharmacological action of *Viola yedoensis* // Global Trad. Chin. Med. 2013. Vol. 6. N4. Pp. 313–318.
88. Oshima N., Narukawa Y., Takeda T., Kiuchi F. Collagenase inhibitors from *Viola yedoensis* // J. Nat. Med. 2013. Vol. 67. N1. Pp. 240–245. DOI: 10.1007/s11418-012-0665-8.
89. Du D.S., Cheng Z.H., Chen D.F. Anti-complement alkaloids from whole plants of *Viola yedoensis* // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2017. Vol. 42. N24. Pp. 4794–4800. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.20170928.012.
90. Park S.H., Yoo K.O., Marcussen T., Backlund A., Jacobsson E., Rosengren K.J., Doo I., Göransson U. Cyclotide evolution: insights from the analyses of their precursor sequences, structures and distribution in Violets (*Viola*) // Frontiers Pl. Sci. 2017. Vol. 8. Pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.02058.
91. Gran L. On the effect of a polypeptide isolated from "Kalata-Kalata" (*Oldenlandia affinis* DC) on the oestrogen dominated uterus // Acta Pharmacol. Toxicol. (Copenh). 1973. Vol. 33. Pp. 400–408.
92. Poth A.G., Mylne J.S., Grassl J., Lyons R.E., Millar A.H., Colgrave M.L., Craik D.J. Cyclotides associate with leaf vasculature and are the products of a novel precursor in *Petunia* (Solanaceae) // J. Biol. Chem. 2012. Vol. 287. N32. Pp. 27033–27046. DOI: 10.1074/jbc.M112.370841.
93. Hernandez J.F., Gagnon J., Chiche L., Nguyen T.M., Andrieu J.P., Heitz A., Trinh Hong T., Pham T.T., Le Nguyen D. Squash trypsin inhibitors from *Momordica cochinchinensis* exhibit an atypical macrocyclic structure // Biochem. 2000. Vol. 39. N19. Pp. 5722–5730. DOI: 10.1021/bi9929756.
94. Poth A.G., Colgrave M.L., Lyons R.E., Daly N.L., Cirak D.J. Discovery of an unusual biosynthetic origin for circular proteins in legumens // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 2011. Vol. 108. Pp. 10127–10132. DOI: 10.1073/pnas.1103660108.
95. Nguyen G.K., Lian Y., Pang E.W., Nguyen P.Q., Tran T.D., Tam J.P. Discovery of linear cyclotides in monocot plant *Panicum laxum* of Poaceae family provides new insights into evolution and distribution of cyclotides in plants // J. Biol. Chem. 2013. Vol. 288. Pp. 3370–3380. DOI: 10.1074/jbc.M112.415356.
96. Lindholm P., Göransson U., Johansson S., Claesson P., Gulbo J., Larsson R., Bohlin L., Backlund A. Cyclotides: a novel type of cytotoxic agents 1 P. L. and U. G. contributed equally to this manuscript // Mol. Cancer. Ther. 2002. Vol. 1. N6. Pp. 365–369.
97. Hermann A., Burman R., Mylne J. S., Karlsson G., Gulbo J., Craik D.J., Clark R.J., Göransson U. The alpine violet, *Viola biflora*, is a rich source of cyclotides with potent cytotoxicity // Phytochemistry. 2008. Vol. 69. N4. Pp. 939–952. DOI: 10.1016/j.phytochem.2007.10.023.
98. Uche F.I., Li W.W., Richardson A., Greenhough T.J. Anticancer activities of cyclotides from *Viola yedoensis* Makino (Violaceae) // Planta Med. 2014. Vol. 80. N10. DOI: 10.1055/s-0034-1382606.
99. Svängård E., Burman R., Gunasekera S., Lövborg H., Gulbo J., Göransson U. Mechanism of action of cytotoxic cyclotides: cycloviolacin O2 disrupts lipid membranes // J. Nat. Prod. 2007. Vol. 70. N4. Pp. 643–647. DOI: 10.1021/np070007v.
100. Gerlach S.L., Rathinakumar R., Chakravarty G., Göransson U., Wimley W.C., Darwin S.P., Mondal D. Anticancer and chemosensitizing abilities of cycloviolacin O2 from *Viola odorata* and psyllecyclotides from *Psychotria leptothyrsa* // Biopolymers. 2010. Vol. 94. N5. Pp. 617–625. DOI: 10.1002/bip.21435.

101. Parsley N.C., Kirkpatrick C.L., Crittenden C.M., Rad J.G., Hoskin D.W., Brodbelt J.S., Hicks L.M. PepSAVI-MS reveals anticancer and antifungal cycloviolacins in *Viola odorata* // *Phytochemistry*. 2018. Vol. 152. Pp. 61–70. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.04.014.
102. Ireland D.C., Colgrave M.L., Nguyencong P., Daly N.L., Craik D.J. Discovery and characterization of a linear cyclotide from *Viola odorata*: implications for the processing of circular proteins // *J. Mol. Biol.* 2006. Vol. 357. N5. Pp. 1522–1535. DOI: 10.1016/j.jmb.2006.01.051.
103. Pranting M., Lovv C., Burman R., Goransson U., Andersson D.I. The cyclotide cycloviolacin O2 from *Viola odorata* has potent bactericidal activity against Gram-negative bacteria // *J. Antimicrob. Chemother.* 2010. Vol. 65. N9. Pp. 1964–1971. DOI: 10.1093/jac/dkq220.
104. Álvarez C.A., Santana P.A., Luna O., Cardenas C., Albericio F., Romero M.S., Guzman F. Chemical synthesis and functional analysis of Varv A cyclotide // *Molecules*. 2018. Vol. 23. N4. E952. DOI: 10.3390/molecules23040952.
105. Colgrave M.L., Kotze A.C., Ireland D.C., Wang C.K., Craik D.J. The anthelmintic activity of the cyclotides: natural variants with enhanced activity // *Chembiochem*. 2008. Vol. 9. N12. Pp. 1939–1945. DOI: 10.1002/cbic.200800174.
106. Wang C.K., Colgrave M.L., Gustafson K.R., Ireland D.C., Goransson U., Craik D.J. Anti-HIV cyclotides from Chinese medicinal herb *Viola yedoensis* // *J. Nat. Prod.* 2008. Vol. 71. N1. Pp. 47–52. DOI: 10.1021/np070393g.
107. Liu M.Z., Yang Y., Zhang S.X., Tang L., Wang H.M., Chen C.J., Shen Z.F., Cheng K.D., Kong J.Q., Wang W.A. cyclotide against influenza A H1N1 virus from *Viola yedoensis* // *Yao Xue Xue Bao*. 2014. Vol. 49. N6. Pp. 905–912.
108. Feyzabadi Z., Pasalar M. Analysis almond-violet oil by gaz-chromatography (a traditional formula) // *Iran J. Med. Sci.* 2016. Vol. 41. N3. P. 2.
109. Дроздова И.Л., Бубенчиков Р.А. Антиоксидантная активность полифенольных комплексов *Viola odorata* L. и *Fragaria vesca* L. // *Растит. ресурсы*. 2004. Т. 40, вып. 2. С. 92–96.
110. Karioti A., Furlan C., Vincieri F.F., Bilia A.R. Analysis of the constituents and quality control of *Viola odorata* aqueous preparations by HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS // *Anal. Bioanal. Chem.* 2011. Vol. 399. Pp. 1715–1723. DOI: 10.1007/s00216-010-4473-2.
111. Wang Y.W., Shen X.H., Zhang Z.W., Zhang D.D., Li Y. Studies on extraction and identification for the flowers of *Viola yedoensis* Makino // *J. Heb. Norm. Univ. Sci. Technol.* 2011. Vol. 25. N4. P. 53.
112. Zhang J., Wang L.S., Gao J.M., Xu Y.J., Li L.F., Li C.H. Rapid separation and identification of anthocyanins from flowers of *Viola yedoensis* and *V. prionantha* by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection-electrospray ionization mass spectrometry // *Phytochem. Anal.* 2012. Vol. 23. N1. Pp. 16–22. DOI: 10.1002/pca.1320.
113. Xie C., Veitch N.C., Houghton P.J., Simmons M.S.J. Flavone C-glycosides from *Viola yedoensis* Makino // *Chem. Pharm. Bull.* 2003. Vol. 51. N10. Pp. 1204–1207.
114. Gao Y., Zhou G., Zhang C., Yu L., Qin H. Simultaneous determination of six active components in *Viola yedoensis* Makino by HPLC // *Food Sci.* 2016. Vol. 37. N6. Pp. 101–105. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201606017.
115. Hong J.L., Zhou H.Y., Zhu J., Li L., Shu P., Qin X.Y., Wu G., Lin B.B., Wang G.K., Wang Q., Qin M.J. Comparative analysis of major constituents in *Viola yedoensis* Makino and different species from the genus *Viola* by high-performance liquid chromatography with chemometrics methods // *J. Med. Pl. Res.* 2011. Vol. 5. N21. Pp. 5230–5239.
116. Orhan E.I., Senol F.S., Erdem S.A.S., Tatli I.I., Kartal M., Alp S. Tyrosinase and cholinesterase inhibitory potential and flavonoid characterization of *Viola odorata* // *Phytother. Res.* 2015. Vol. 29. N9. Pp. 1304–1310. DOI: 10.1002/ptr.5378.
117. Kim K.S., Kwak Y.J., Kim K.M., Yu H.Y., Kang B.W., Chung E., Lee Y.C., Kim J.I., Lee J.H. Purification and structure determination of gelatinase and collagenase inhibitors from *Viola patrinii* fermentation extracts // *Immunopharmacol. Immunotoxicol.* 2010. Vol. 32. N4. Pp. 614–616. DOI: 10.3109/08923971003645631.
118. Lebreton P., Bouchez M.R. Recherche chimiotaxonomiques sur les plantes // *Phytochemistry*. 1967. Vol. 6. N12. Pp. 1601–1608.
119. Komorowski T., Mosiniak T., Kryszczuk Z., Rosinski G. Kwasyfenolowe w krajowych gatunkach *Viola tricolor* L. i *Viola arvensis* Murr. // *Herba Pol.* 1983. Vol. 29. N11. Pp. 5–11.
120. Cong W.L., Chen Y.T., Zhao W.B., Zhang Z., Wang Q. Chemical constituents of ethyl acetate extract from *Viola biflora* // *Zhong Yao Cai*. 2016. Vol. 39. N5. Pp. 1041–1044.
121. Liu H., Hu W., Fang Y. Chemical constituents in ethyl acetate fraction from *Viola yedoensis* // *Anhui Med. Pharm. J.* 2015. Vol. 6. Pp. 1068–1070.
122. Zhou H.Y., Qin M.J., Hong J.L., Ni Y.J., Wu G. Chemical constituents of *Viola yedoensis* // *Chin. J. Nat. Med.* 2009. Vol. 7. N4. Pp. 290–292. DOI: 10.3724/sp.j.1009.2009.00290.
123. Zhou H.Y., Hong J.L., Shu P., Ni Y.J., Qin M.J. A new dicoumarin and anticoagulant activity from *Viola yedoensis* Makino // *Fitoterapia*. 2009. Vol. 80. Pp. 283–285. DOI: 10.1016/j.fitote.2009.03.005.
124. Yao X., Luo X.Z., Xie C. Chemical constituents from *Viola yedoensis* // *Chem. Nat. Compds.* 2010. Vol. 46. N5. Pp. 809–810.
125. Pailer M., Nowotny K. ber das Vorkommen von β -Nitropropionsure in den Wurzeln des wohlriechenden Veilchens (*Viola odorata*) // *Naturwissenschaften*. Jahrg. 1958. Vol. 45. N17. P. 419.
126. Ladwa P.H., Dutta N.L. Chemical investigation of *Viola odorata* // *Indian J. Appl. Chem.* 1969. Vol. 32. N6. Pp. 399–400.
127. Rodrigues V., Cardoso C., Paixao J., Costa M. 2,2,6,6-Tetramethyl-4-oxopiperidinum nitrate // *Acta Crystallogr. sec.C: Cryst. Struct. Commun.* 2007. Vol. 63. Pp. 243–245.

128. Мартынов А.М., Собенин А.М. Полифенольные соединения и аминокислоты надземной части *Viola uniflora* (Violaceae) // Растит. ресурсы. 2011. Вып. 2. С. 118–122.
129. Hammami I., Kamoun N., Rebai A. Biocontrol of *Botrytis cinerea* with essential oil and methanol extract of *Viola odorata* L. flowers // Appl. Sci. Res. 2011. Vol. 3. N5. Pp. 44–51.
130. Патент 2232774 (РФ). Способ получения водорастворимых полисахаридов / Р.А. Бубенчиков, В.Н. Бубенчикова, И.Л. Дроздова. 20.04.2004. 5 с.
131. Патент 2285536 (РФ). Способ получения пектинов / Р.А. Бубенчиков, И.Л. Дроздова. 20.10.2006. 4 с.

Поступила в редакцию 8 августа 2019 г.

После переработки 4 декабря 2019 г.

Принята к публикации 5 декабря 2019 г.

Для цитирования: Петрова Н.В., Медведева Н.А. Компонентный состав и биологическая активность видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 19–45. DOI: 10.14258/jcrpm.2020026305.

*Petrova N.V.**, *Medvedeva N.A.* COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF GENUS *VIOLA* (VIOLACEAE) OF RUSSIAN FLORA

Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Professora Popova st., 2, St. Petersburg, 197376 (Russia), e-mail: NPetrova@binran.ru

The subject of the review is the component composition and biological activity of species of genus *Viola* L. (Violaceae) from the flora of the Russian Federation according publications appeared over the past few decades. Chemical constituents and biological activities have been reported for 24 species of the 100 *Viola* species occurring in Russian. Components of various structures: flavonoids, cyclotides, anthocyanidins, phenylpropanoic acids, coumarins, alkaloids, fatty acids and its derivatives and ect. were found in the roots, aerial parts, flowers and leaves. Composition of 137 flavonoids, alkaloids, coumarins etc. was expanded with references to their chemical formulas and literature sources. Data of the essential oils isolated from the leaves of *V. tricolor* L., *V. arvensis* Murray, *V. yedoensis* Makino и *V. odorata* L. is systematized. It was demonstrated that extracts, their fractions, and some components showed different types of biological activity, including anti-inflammatory, cytotoxic and antiviral ones. The revealed range of biological activity partially confirmed expediency of using species of genus *Viola* in folk and standard practice medicine.

Keywords: *Viola* L., Violaceae Batsch., chemical constituents, biological activities.

*Corresponding author.

References

1. Ballard H.E., de Paula-Souza J., Wahlert G.A. *Families and genera of vascular plants. The flowering plants*. Springer, 2014, vol. 11, pp. 303–322.
2. Nikitin V.V. *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*, 2008, vol. 40, pp. 164–183. (in Russ.).
3. Yelisafenko T.V. *Botanicheskiy zhurnal*, 1998, vol. 83, no. 6, pp. 66–73. (in Russ.).
4. Yuzepchuk S.V. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Moscow, Leningrad, 1949, vol. 15, pp. 350–452. (in Russ.).
5. Zuyev V.V. *Konspekt flory Aziatskoy Rossii: Sosudistyye rasteniya*. [Abstract of flora of Asian Russia: Vascular plants]. Novosibirsk, 2012, pp. 147–151. (in Russ.).
6. Nikitin V.V., Silant'yeva M.M. *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*, 2006, vol. 38, pp. 165–201. (in Russ.).
7. Fedchenko B.A. *Flora Aziatskoy Rossii. Fialkovyye*. [Flora of Asian Russia. Violet]. Petrograd, 1915, no. 8, 106 p. (in Russ.).
8. Nikitin V.V. *Botanicheskiy zhurnal*, 2007, vol. 93b, no. 2, pp. 212–227. (in Russ.).
9. Kuminova A.V. *Rastitel'nyy pokrov Altaya*. [Altai vegetation cover]. Novosibirsk, 1960, 450 p. (in Russ.).
10. Sekretareva N.A. *Sosudistyye rasteniya Rossiyskoy Arktiki i soprodel'nykh territoriy*. [Vascular plants of the Russian Arctic and adjacent territories]. Moscow, 2004, 129 p. (in Russ.).
11. Kumar K., Sharma Y.P., Manhas R.K., Bhatia H. *J. Ethnopharmacol.*, 2015, vol. 170, pp. 255–274. DOI: 10.1016/j.ep.2015.05.021.
12. Feyzabadi Z., Ghorbani F., Vazani Y., Zarshenas M.M. *Phytother. Res.*, 2017, vol. 31, no. 11, pp. 1669–1675. DOI: 10.1002/ptr.5909.
13. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China*. Beijing, 2010, vol. 1, 951 p.
14. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. 14-ye izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th ed.]. Moscow, 2018, vol. 4, 7019 p. (in Russ.).
15. Ghorbani A., Yousofabad N.J., Rakhshandeh H. *African J. Pharm. Pharmacol.*, 2012, vol. 6, no. 35, pp. 2600–2606. DOI: 10.5897/ajpp12.721.
16. Gonçalves A.F.K., Friedrich R.B., Boligon A.A., Piana M., Beck R.C.R., Athayde M.L. *Free Radicals Antioxid*, 2012, vol. 2, pp. 32–37. DOI: 10.5530/ax.2012.4.6.
17. Li B., Lee D.S., Choi H.G., Kim K.S., Jeong G.S., An R.B., Kim Y.C. *Evid. Based. Complement. Alternat. Med.*, 2012, vol. 2012, article 128019. DOI: 10.1155/2012/128019.
18. Li W., Xie J.Y., Li H., Zhang Y.Y., Cao J., Cheng Z.H., Chen D.F. *Am. J. Chin. Med.*, 2012, vol. 40, no. 5, pp. 1007–1018. DOI: 10.1142/s0192415x12500747.
19. Pan Y.Y., Song Z.P., Zhu G.F., Zhu Y.Z., Lu Y., Li W.L., Cao J., Cheng Z.H. *Chin. Herb. Med.* 2015, vol. 7, no. 1, pp. 80–87. DOI: 10.1016/s1674-6384(15)60024-7.
20. Jeong Y.H., Oh Y.C., Cho W.K., Shin H., Lee K.Y., Ma J.Y. *BMC Compl. Altern. Med.*, 2016, vol. 16, p. 180. DOI: 10.1186/s12906-016-1142-9.
21. Rahima V.B., Askari V.R., Emami S.A., Tayarani-Najaran Z. *Iran J. Basic Med.*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 242–249. DOI: 10.22038/ijbms.2017.8350.
22. Pokrovskiy M.V., Bubenchikov R.A. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya Meditsina. Farmatsiya*, 2010, vol. 22(93), no. 12/2, pp. 19–22. (in Russ.).
23. Anti V., Kumar P., Kannappan N., Diwan A., Saini P., Singh S. *J. N. at. Pharm.*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 24–27.
24. Vishal A., Parveen K., Pooja S., Kannappan N., Kumar S. *Pharmacology online*, 2009, vol. 1, pp. 739–748. DOI: 10.1016/s0367-326x(01)00345-8.
25. Witkowska-Banaszczak E., Bylka W., Matlawska J., Goślińska O., Muszyński Z. *Fitoterapia*, 2005, vol. 76, no. 5, pp. 458–461.
26. Gautam S.S., Navneet, Kumar S. *Proc. N. at. Acad. Sci.*, 2012, vol. 82, no. 4, pp. 567–672. DOI: 10.1007/s40011-012-0064-7.
27. Zeng H.R., Wang B., Zhao Z., Zhang Q., Liang M.Y., Yao Y.Q., Bian K., Zhang W.R. *J. Ethnopharmacol.*, 2016, vol. 189, pp. 132–138, DOI: 10.1016/j.jep.2016.05030.
28. Huang S.F., Chu S.C., Hsieh Y.H., Chen P.N., Hsieh Y.S. *Int. J. Med. Sci.*, 2018, vol. 15, no. 4, pp. 280–290. DOI: 10.7150/ijms.22793.
29. Alipanah H., Bigdeli M.R., Esmaeili M.A. *Iran J. Pharm. Res.*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 276–291.
30. Lee M.Y., Yuk J.E., Kwon O.K., Kim H.S., Oh S.R., Lee H.K., Ahn K.S. *J. Ethnopharmacol.*, 2010, vol. 127, no. 1, pp. 159–164. DOI: 10.1016/j.jep.2009.09.033.
31. Qasemzadeh M.J., Sharifi H., Hamedanian M., Gharehbeglou M., Heydari M., Sardari M., Akhlaghdoust M., Minae M.B. *J. Evid. Based Compl. Altrn. Med.*, 2015, vol. 20, no. 4, pp. 287–291. DOI: 10.1177/2156587215584862.
32. Wang Y., Wu Z., Ao D., Zhou Y. *Acta Acad. Med. Zunyi.*, 2009, vol. 32, no. 6, pp. 559–561.
33. Wang Y., Wu Z., Luo G., Wang M. *Acta Acad. Med. Zunyi.* 2010, vol. 33, no. 3, pp. 208–211.
34. Hellinger R., Koehbach J., Fedchuk H., Sauer B., Huber R., Gruber C.W., Gründemann C. *J. Ethnopharmacol.*, 2014, vol. 151, no. 1, pp. 299–306. DOI: 10.1016/j.jep.2013.10.044.
35. Siddigi H.S., Mehmood M.H., Rehman N.U., Gilani A.H. *Lipids Health. Dis.*, 2012, vol. 11, p. 6. DOI: 10.1186/1476-511X-11-6.
36. Qadir M.I., Ali M., Ali M., Saleem M., Hanif M. *Bangladesh J. Pharm.*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 198–202. DOI: 10.3329/bjp.v18049.

37. Rahima V.B., Askari V.R., Emami S.A., Tayarani-Najaran Z. *Iran J. Basic Med. Sci.*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 242–249. DOI: 10.22038/ijbms.2017.8350.
38. Kamali M., Seifadini R., Kamali H., Mehrabani M., Jahani Y., Tajadini H. *Electron Physician*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 6430–6438. DOI: 10.19082/6430.
39. Martynov A.M., Dargayeva T.D., Chuparina Ye.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2012, vol. 46, no. 7, pp. 435–437. DOI: 10.30906/0023-1134-2012-46-7-31-33. (in Russ.).
40. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. Semeystva Actinidaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae*. [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Families Actinidaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae]. Saint Petersburg, Moscow, 2009, vol. 2, 513 p. (in Russ.).
41. Bate-Smith E.E. *Bot. J. Linn. Soc.*, 1962, vol. 58, no. 371, pp. 95–137.
42. Vukics V., Kery A., Guttman A. *J. Chromatogr. Sci.*, 2008, vol. 46, no. 9, pp. 823–827.
43. Koike A., Barreira J.C.M., Barros L., Santos-Buelga C., Villavicencio A.L.C.H., Ferreira R.I.C.F. *Food Chem.*, 2015, vol. 179, pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.123.
44. Toiu A., Vlase L., Oniga I., Tămaș M. *Farmacia*, 2007, vol. 55, no. 5, p. 509.
45. Carnat A.P., Carnat A., Fraisse D., Lamaison J.L. *J. N. at. Prod.*, 1998, vol. 61, pp. 272–274.
46. Qadir M.I., Ali M., Ali M., Saleem M., Hanif M. *Bangladesh J. Pharm.*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 198–202. DOI: 10.3329/bjp.v18049.
47. Karim N., Khan I., Abdelhalim A., Khan A., Halim S.A. *Fitoterapia*, 2018, vol. 128, pp. 148–161. DOI: 10.1016/j.fitote.2018.05.016.
48. Jeong Y.H., Oh Y.C., Cho W.K., Shin H., Lee K.Y., Ma J.Y. *BMC complement Altern. Med.*, 2016, vol. 16, p. 180. DOI: 10.1186/s12906-016-1142-9.
49. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim S.H., Kim H.K. *BMC complement Altern. Med.*, 2017, vol. 17, no. 1, p. 297. DOI: 10.1186/s12906-017-1810-4.
50. Toiu A., Oniga I., Vlase L. *Hop Med. Pl.*, 2017, vol. XXV, no. 1–2, pp. 125–130.
51. Karrer P., de Meuron G. *Helv. Chim. Acta*, 1933, vol. 16, p. 292.
52. Piana M., Silva M.A., Trevisan G., de Brum T.F., Silva C.R., Boligon A.A., Olivera S.M., Zadra M., Hoffmeister C., Rossato M.F., Tonello R., Laporta L.V., Freitas R.B., Belke B.V., Jesus Rda S., Ferreira J., Athayde M.L. *J. Ethnopharmacol.*, 2013, vol. 150, no. 2, pp. 458–465. DOI: 10.1016/j.jep.2013.08.040.
53. Bubenichikov R.A. *Vestnik VGU. Seriya. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2004, no. 1, pp. 156–159. (in Russ.).
54. Bubenichikov R.A. *Farmakognosticheskoye izucheniyе rasteniy roda Fialka i spektr ikh farmakologicheskoy aktivnosti: Avtoref. diss. ...dok. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of plants of the genus Violet and the spectrum of their pharmacological activity: Abstract. diss. ... doc. farm. sciences]. Pyatigorsk, 2011, 49 p. (in Russ.).
55. Bubenichikov R.A. *Bashkirskiykhimimicheskizhurnal*, 2011, vol. 18, no. 1, pp. 128–130. (in Russ.).
56. Litvinenko V.I., Bubenichikov R.A. *Farmakom*, 2004, no. 3, pp. 23–27. (in Russ.).
57. Markaryan A.A., Bubenichikov R.A., Kvasova A.O. *Voprosy Obespecheniya Kachestva Lekarstvennykh Sredstv*, 2016, no. 1(11), pp. 31–36. (in Russ.).
58. Martynov A.M. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2012, no. 2, pp. 114–116. (in Russ.).
59. Martynov A.M., Dargayeva T.D. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2009, no. 7, pp. 213–215. (in Russ.).
60. Martynov A.M., Sobenin A.M. *Voprosy biologii, meditsiny, farmatsii, khimii*, 2008, no. 4, pp. 37–39. (in Russ.).
61. Martynov A.M., Dargayeva T.D., Sobenin A.M. *Bashkirskiy khimimicheskizhurnal*, 2010, vol. 17, no. 2, pp. 109–112. (in Russ.).
62. Martynov A.M., Dargayeva T.D., Chuparina Ye.V. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2010, no. 6, pp. 218–219. (in Russ.).
63. Martynov A.M., Pupykina K.A., Dargayeva T.D. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya, geoekologiya*. 2011, no. 2, pp. 96–98. (in Russ.).
64. Martynov A.M., Dargayeva T.D., Chuparina Ye.V. *Voprosy Obespecheniya Kachestva Lekarstvennykh Sredstv*, 2013, no. 1, pp. 19–24. (in Russ.).
65. Sun Y., Du L., Zhou L., Zhang W., Miao F., Yang X., Geng H. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2011, vol. 36, no. 19, pp. 2666–2671.
66. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim H.K. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2014, vol. 38, no. 1, pp. 41–50. DOI: 10.1016/j.etab.2014.04.028.
67. Sung Y.Y., Kim D.S., Kim S.H., Kim K. *BMC compl. Altern. Med.*, 2017, vol. 17, p. 297. DOI: 10.1186/s12906-017-1810-4.
68. Park S.H., Sung Y.Y., Nho K.J., Kim D.S., Kim H.K. *Amer. J. Chin. Med.*, 2017, vol. 45, no. 4, pp. 757–772. DOI: 10.1142/s192415x1700409.
69. Zhang L., Li M.Y., Wang L.W., Gao J., Ma C.M. *Canadian Chem. Transact.*, 2013, vol. 1, no. 3, pp. 157–164. DOI: 10.13179/canchemtrans.2013.01.03.0025.
70. Huang J., Yang J., Xue Q., Yu L., Zhang D. *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, 2009, vol. 34, no. 9, pp. 1114–1116.
71. Xu J.Z., Zeng S.S., Qu H.B. *Chin. Trad. Herb. Drugs*, 2010, vol. 41, no. 9, p. 1423.
72. Zhu H., Qin S.S., Zhang N., Yang D.W., Han H.R., Wei K.H., Li M.H. *Chem. Biodivers.*, 2015, vol. 12, pp. 1777–1808.
73. Moon H.J., Jung J., Lee J. *Parasitol. Res.*, 2007, vol. 100, no. 3, pp. 641–644. DOI: 10.1007/s00436-006-0279-8.
74. Du D., Cheng Z., Chen D. *Fitoterapia*, 2015, vol. 1, pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.fitote.2014.12.015.

75. Toiu A., Verite P., Oniga I., Tamas M. *Chem. N. at. Compsd.*, 2009, vol. 45, no. 1, pp. 91–92. DOI: 10.1007/s10600-009-9244-y.
76. Saint-Lary L., Roy C., Paris J.P., Tournayre P., Berdague J.L., Thomas O.P., Fernandez X. *Chem. Biodivers*, 2014, vol. 11, no. 6, pp. 843–860. DOI: 10.1002/cbdv.201300387.
77. Saint-Lary L., Roy C., Paris J.P., Martin J.F., Thomas O.P., Fernandez X. *Chem. Biodivers*, 2016, vol. 13, no. 6, pp. 737–747. DOI: 10.1002/cbdv.201500230.
78. Akhbari M., Batooli H., Kashi F.J. *Nat. Prod. Res.*, 2012, vol. 26, no. 9, pp. 802–809. DOI: 10.1080/14786419.2011.558013.
79. Amer A., Mehlhorn H. *Parasitol. Res.*, 2006, vol. 99, no. 4, pp. 478–490.
80. Feyzabadi Z., Jafari F., Kamali S. H., Ashayeri H., Badiee Aval S., Esfahani M.M., Sadeghpour O. *Iran Red. Crescent. Med. J.*, 2014, vol. 16, no. 12, e17511. DOI: 10.5812/ircmj.17511.
81. Jaber B.M., Jasim S.F. *Iraqi J. Biotechnol.*, 2014, vol. 13, no. 2, pp. 86–94.
82. Pershin T., Kar H.K. *British J. Pharm. Res.*, 2017, vol. 16, no. 4, pp. 1–8.
83. Kolosné Pethes E. *Acta Pharm. Hung.*, 1965, vol. 35, no. 5, pp. 225–230.
84. Xiao Y.Q., Bi J.Y., Liu X.H., Tu Y.Y. *Acta Bot. Sin.*, 1987, vol. 29, no. 5, pp. 532–536.
85. Rasool A.A., Muhammad K.A. *J. Agr. Sci. Techn. B*, 2013, vol. 3, pp. 480–486.
86. Cao J., Qin Y., Yin C.L., Cheng Z.H. *Chinese J. Exp. Trad. Med. Form.*, 2013, vol. 19, pp. 77–81.
87. Li Y.S., He X.R., Yang Y. *Global Trad. Chin. Med.*, 2013, vol. 6, no. 4, pp. 313–318.
88. Oshima N., Narukawa Y., Takeda T., Kiuchi F. *J. N. at. Med.*, 2013, vol. 67, no. 1, pp. 240–245, DOI: 10.1007/s11418-012-0665-8.
89. Du D.S., Cheng Z.H., Chen D.F. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2017, vol. 42, no. 24, pp. 4794–4800. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20170928.012.
90. Park S.H., Yoo K.O., Marcussen T., Backlund A., Jacobsson E., Rosengren K.J., Doo I., Göransson U. *Frontiers Pl. Sci.*, 2017, vol. 8, pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.02058.
91. Gran L. *Acta Pharmacol. Toxicol. (Copenh)*, 1973, vol. 33, pp. 400–408.
92. Poth A.G., Mylne J.S., Grassl J., Lyons R.E., Millar A.H., Colgrave M.L., Craik D.J. *J. Biol. Chem.*, 2012, vol. 287, no. 32, pp. 27033–27046. DOI: 10.1074/jbc.M112.370841.
93. Hernandez J.F., Gagnon J., Chiche L., Nguyen T.M., Andrieu J.P., Heitz A., Trinh Hong T., Pham T.T., Le Nguyen D. *Biochem.*, 2000, vol. 39, no. 19, pp. 5722–5730. DOI: 10.1021/bi9929756.
94. Poth A.G., Colgrave M.L., Lyons R.E., Daly N.L., Cirak D.J. *Proc. N. atl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2011, vol. 108, pp. 10127–10132. DOI: 10.1073/pnas.1103660108.
95. Nguyen G.K., Lian Y., Pang E.W., Nguyen P.Q., Tran T.D., Tam J.P. *J. Biol. Chem.*, 2013, vol. 288, pp. 3370–3380. DOI: 10.1074/jbc.M112.415356.
96. Lindholm P., Göransson U., Johansson S., Claeson P., Gulbo J., Larsson R., Bohlin L., Backlund A. *Mol. Cancer. Ther.*, 2002, vol. 1, no. 6, pp. 365–369.
97. Hermann A., Burman R., Mylne J. S., Karlsson G., Gulbo J., Craik D.J., Clark R.J., Göransson U. *Phytochemistry*, 2008, vol. 69, no. 4, pp. 939–952. DOI: 10.1016/j.phytochem.2007.10.023.
98. Uche F.I., Li W.W., Richardson A., Greenhough T.J. *Planta Med.*, 2014, vol. 80, no. 10, DOI: 10.1055/s-0034-1382606.
99. Svängård E., Burman R., Gunasekera S., Lövborg H., Gulbo J., Göransson U. *J. N. at. Prod.*, 2007, vol. 70, no. 4, pp. 643–647. DOI: 10.1021/np070007v.
100. Gerlach S.L., Rathinakumar R., Chakravarty G., Göransson U., Wimley W.C., Darwin S.P., Mondal D. *Biopolymers*, 2010, vol. 94, no. 5, pp. 617–625. DOI: 10.1002/bip.21435.
101. Parsley N.C., Kirkpatrick C.L., Crittenden C.M., Rad J.G., Hoskin D.W., Brodbelt J.S., Hicks L.M. *Phytochemistry*, 2018, vol. 152, pp. 61–70. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.04.014.
102. Ireland D.C., Colgrave M.L., Nguyencong P., Daly N.L., Craik D.J. *J. Mol. Biol.*, 2006, vol. 357, no. 5, pp. 1522–1535. DOI: 10.1016/j.jmb.2006.01.051.
103. Pránting M., Lööv C., Burman R., Göransson U., Andersson D.I. *J. Antimicrob. Chemother.*, 2010, vol. 65, no. 9, pp. 1964–1971. DOI: 10.1093/jac/dkq220.
104. Álvarez C.A., Santana P.A., Luna O., Cardenas C., Albericio F., Romero M.S., Guzman F. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 4, E952. DOI: 10.3390/molecules23040952.
105. Colgrave M.L., Kotze A.C., Ireland D.C., Wang C.K., Craik D.J. *Chembiochem*, 2008, vol. 9, no. 12, pp. 1939–1945. DOI: 10.1002/cbic.200800174.
106. Wang C.K., Colgrave M.L., Gustafson K.R., Ireland D.C., Goransson U., Craik D.J. *J. N. at. Prod.*, 2008, vol. 71, no. 1, pp. 47–52. DOI: 10.1021/np070393g.
107. Liu M.Z., Yang Y., Zhang S.X., Tang L., Wang H.M., Chen C.J., Shen Z.F., Cheng K.D., Kong J.Q., Wang W. *Yao Xue Xue Bao*, 2014, vol. 49, no. 6, pp. 905–912.
108. Feyzabadi Z., Pasalar M. *Iran J. Med. Sci.*, 2016, vol. 41, no. 3, p. 2.
109. Drozdova I.L., Bubenchikov R.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2004, vol. 40, no. 2, pp. 92–96. (in Russ.).
110. Karioti A., Furlan C., Vincieri F.F., Bilia A.R. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2011, vol. 399, pp. 1715–1723. DOI: 10.1007/s00216-010-4473-2.
111. Wang Y.W., Shen X.H., Zhang Z.W., Zhang D.D., Li Y. *J. Heb. Norm. Univ. Sci. Technol.*, 2011, vol. 25, no. 4, p. 53.

112. Zhang J., Wang L.S., Gao J.M., Xu Y.J., Li L.F., Li C.H. *Phytochem. Anal.*, 2012, vol. 23, no. 1, pp. 16–22. DOI: 10.1002/pca.1320.
113. Xie C., Veitch N.C., Houghton P.J., Simmons M.S.J. *Chem. Pharm. Bull.*, 2003, vol. 51, no. 10, pp. 1204–1207.
114. Gao Y., Zhou G., Zhang C., Yu L., Qin H. *Food Sci.*, 2016, vol. 37, no. 6, pp. 101–105. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201606017.
115. Hong J.L., Zhou H.Y., Zhu J., Li L., Shu P., Qin X.Y., Wu G., Lin B.B., Wang G.K., Wang Q., Qin M.J. *J. Med. Pl. Res.*, 2011, vol. 5, no. 21, pp. 5230–5239.
116. Orhan E.I., Senol F.S., Erdem S.A.S., Tatli I.I., Kartal M., Alp S. *Phytother. Res.*, 2015, vol. 29, no. 9, pp. 1304–1310. DOI: 10.1002/ptr.5378.
117. Kim K.S., Kwak Y.J., Kim K.M., Yu H.Y., Kang B.W., Chung E., Lee Y.C., Kim J.I., Lee J.H. *Immunopharmacol. Immunotoxicol.*, 2010, vol. 32, no. 4, pp. 614–616. DOI: 10.3109/08923971003645631.
118. Lebreton P., Bouchez M.R. *Phytochemistry*, 1967, vol. 6, no. 12, pp. 1601–1608.
119. Komorowski T., Mosiniak T., Kryszczuk Z., Rosinski G. *Herba Pol.*, 1983, vol. 29, no. 11, pp. 5–11.
120. Cong W.L., Chen Y.T., Zhao W.B., Zhang Z., Wang Q. *Zhong Yao Cai*, 2016, vol. 39, no. 5, pp. 1041–1044.
121. Liu H., Hu W., Fang Y. *Anhui Med. Pharm. J.*, 2015, vol. 6, pp. 1068–1070.
122. Zhou H. Y., Qin M.J., Hong J. L., Ni Y.J., Wu G. *Chin. J. N. at. Med.*, 2009, vol. 7, no. 4, pp. 290–292. DOI: 10.3724/sp.j.1009.2009.00290.
123. Zhou H.Y., Hong J.L., Shu P., Ni Y.J., Qin M.J. *Fitoterapia*, 2009, vol. 80, pp. 283–285. DOI: 10.1016/j.fitote.2009.03.005.
124. Yao X., Luo X.Z., Xie C. *Chem. N. at. Compds.* 2010, vol. 46, no. 5, pp. 809–810.
125. Pailer M., Nowotny K. *Naturwissenschaften. Jahrg.*, 1958, vol. 45, no. 17, p. 419.
126. Ladwa P.H., Dutta N.L. *Indian J. Appl. Chem.*, 1969, vol. 32, no. 6, pp. 399–400.
127. Rodrigues V., Cardoso C., Paixao J., Costa M. *Acta Crystallogr. sec.C: Cryst. Struct. Communic.*, 2007, vol. 63, pp. 243–245.
128. Martynov A.M., Sobenin A.M. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, no. 2, pp. 118–122. (in Russ.).
129. Hammami I., Kamoun N., Rebai A. *Appl. Sci. Res.*, 2011, vol. 3, no. 5, pp. 44–51.
130. Patent 2232774 (RU). 20.04.2004. (in Russ.).
131. Patent 2285536 (RU). 20.10.2006. (in Russ.).

Received August 8, 2019

Revised December 4, 2019

Accepted December 5, 2019

For citing: Petrova N.V., Medvedeva N.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 19–45. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020026305.

