

УДК 633.88:615.322

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *AGASTACHE RUGOSA* (*LAMIACEAE*), ИНТРОДУЦИРУЕМОГО В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*

© Н.Э. Коломиец^{1,2**}, О.Н. Шплис^{1,3}

¹ Сибирский государственный медицинский университет, ул. Московский тракт, 2/7, Томск, 634004 (Россия), e-mail: borkol47@mail.ru

² Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, 22а, Кемерово, 650056 (Россия)

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050 (Россия)

В работе представлены результаты изучения состава биологически активных веществ различных частей и органов *Agastache rugosa*, интродуцируемого в условиях Западной Сибири. Образцы сырья для исследования собраны авторами в июле-августе 2021–2022 гг. на территории Томской области. Из сырья получали водные и водно-спиртовые извлечения. Исследование состава биологически активных веществ проведено методами хроматографии на бумаге, в тонком слое сорбента, УФ-спектроскопии, титриметрии. Эфирное масло изучено методом ГХ-МС на газовом хроматографе Agilent 6890 с квадрупольным масс-спектрометром (HPMSD 5973N). Во всех органах растения обнаружены витамины и пигменты (аскорбиновая кислота, каротиноиды), полисахариды, фенольные соединения (флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества), эфирное масло. Сапонины присутствуют в цветках и траве. Установлено присутствие акацетина, апигенина, кверцетина, тилианина, розмариновой кислоты, кофейной кислоты, хлорогеновой кислоты, что совпадает с данными других исследователей, изучавших *Agastache rugosa* из других регионов мира. Выявлено различие в содержании биологически активных веществ в разных органах. Доминирующими группами в разных частях и органах растения являются эфирное масло, фенолкарбоновые кислоты, каротиноиды, аскорбиновая кислота. В составе эфирного масла обнаружено 50 индивидуальных монотерпенов, сесквитерпенов, из них 30 – впервые. Флавоноиды и хлорофилл во всех органах этого вида относятся к группе минорных БАВ.

Ключевые слова: *Agastache rugosa*, интродукция, Западная Сибирь, фенолкарбоновые кислоты, эфирное масло.

Введение

Научно обоснованный поиск новых источников природного сырья, которые могут быть использованы для получения лекарственных препаратов для человека и животных, БАДов, продуктов функционального питания, кормов для животных – актуальная задача для исследователей из разных областей научного знания. Помимо практической составляющей, полученные данные представляют фундаментальный интерес для пополнения базы данных и уточнения хемосистематического положения видов рода *Agastache*. За последние 5–10 лет публикаций, посвященных перспективным объектам, представляющим теоретический и практический интерес, в отечественных журналах появилось достаточно много. Например, стевия, хитозан-глюкановые комплексы из высших грибов, ферула, полынь крупноголовчатая, ирис молочно-белый, смолевка, лядвенец рогатый, касатик молочно-белый, лилейник, виды рода лопух и хвощ, ряска малая и др. [1–14].

В одной из публикаций сообщалось о таком перспективном для изучения роде травянистых цветковых растений – *Agastache* J.Clayton ex Gronov. (Многоколосник) семейства *Lamiaceae*. Из 22 видов растений

Коломиец Наталья Эдуардовна – доктор фармацевтических наук, профессор, профессор кафедры фармацевтического анализа, профессор кафедры фармации, e-mail: borkol47@mail.ru

Шплис Ольга Николаевна – кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармацевтического анализа, e-mail: o.shplis@yandex.ru

этого семейства, известных на сегодняшний день, только один вид произрастает в Восточной Азии, в Северном полушарии – *Agastache rugosa* (многоколосник морщинистый, лофант тибетский, баечохян) [15].

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20230211640s

** Автор, с которым следует вести переписку.

База научного цитирования Scopus содержит не более 40 публикаций по химическому составу этого вида и около 20 публикаций, связанных с изучением его фармакологических свойств. При этом большинство статей посвящено дикорастущему в странах Восточной Азии *Agastache rugosa*. На территории России в интродукцию этот вид вводится на территории Среднего Урала, Якутии [13, 16]. Однако всего в пяти публикациях авторы из Белоруссии, Польши и России (Центральная Якутия) приводят результаты изучения полисахаридов, эфирного масла *Agastache rugosa*, интродуцируемого в ботанических садах этих регионов [16–20].

Таким образом, цель данного исследования состояла в изучении состава первичных и вторичных метаболитов *Agastache rugosa*, интродуцированного на территории Томской области.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись разные морфологические группы сырья *Agastache rugosa*, собранного авторами статьи в июле, августе 2021 и 2022 гг. Заготовленное сырье (цветки, листья, трава, плоды) упаковывали и хранили в соответствии с требованиями нормативной документации – ГФ XIV [21].

Исследования качественного состава и количественного содержания БАВ проводили в трехкратной повторности для каждого образца. Качественное обнаружение полисахаридов, флавоноидов, сапонинов, аскорбиновой кислоты, каротиноидов, фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ, алкалоидов проводили по общепринятым в фитохимическом анализе методам и методикам, и включающим проведение реакций с различными реактивами, хроматографии на бумаге и в тонком слое сорбента [22, 23].

Для получения 40, 70, 95% экстрактов сырье измельчали до частиц с размером 0.5–1 см. Навеску сырья (300 г) помещали в реактор с паровой рубашкой (Radleys, Германия), подключенный к погруженному циркуляционному блоку регулирования температуры «МО1» (Термэкс, Россия), верхнеприводной мешалке RZR 2020 (Heidolph, Германия) и шариковому холодильнику. Добавляли этиловый спирт в соотношении 1 : 30 (по массе), экстрагирование вели при температуре 80 °С в течение 60 мин методом динамической дробной мацерации. Готовые экстракты отстаивали при температуре не выше 10 °С до получения прозрачной жидкости не менее 2 суток, фильтровали и хранили в прохладном, защищенном от света месте. Для проведения хроматографического исследования экстракты концентрировали под вакуумом на ротационно-вакуумном испарителе при температуре не выше 70 °С.

Для восходящей хроматографии на бумаге (БХ) использовали хроматографическую бумагу FN-6, FN-12 (Sartorius AG, Germany); для тонкослойной хроматографии – пластины на алюминиевой подложке со слоем силикагеля Сорбфилл (Краснодар, Россия).

В качестве веществ сравнения использовали известные вещества: рутин (Sigma-Aldrich 84082), кверцетин (Sigma-Aldrich 83370), дигидрокверцетин (Supelco 78666), лютеолин (Sigma-Aldrich 491703), изокверцетрин (Supelco 16654); апигенин (Sigma-Aldrich SMB00702); акацетин (Supelco49975); тилианин (PHL85779); феруловую кислоту (Fluka 46280-F); хлорогеновую кислоту (Sigma C3878); коричную кислоту (Aldrich C80857); салициловую кислоту (Sigma-Aldrich 84210); изохлорогеновую кислоту (SMB00131 Sigma); кофейную кислоту (C0625 Sigma); ванилиновую кислоту (94770 Sigma); розмариновую кислоту (Sigma-Aldrich R4033); п-кумаровую кислоту (Sigma-Aldrich C9008).

На ТСХ пластины и хроматографическую бумагу исследуемые экстракты наносили микропипеткой на линию старта в объеме 4–6 мкл в виде полосы длиной 0.8–1 см; 0.1% растворы рабочих стандартных образцов (PCO) веществ сравнения наносили в объеме 3 мкл. Детектирование веществ проводили в видимом и УФ-свете при длинах волн 254 и 365 нм.

Для восходящей хроматографии и исследования состава фенольных соединений использовали систему растворителей: *n*-бутанол: ледяная уксусная кислота: вода (4 : 1 : 2); дополнительно для уточнения состава фенолкарбоновых кислот использовали системы 2 и 15% уксусной кислот.

Определение БАВ проводили с использованием фармакопейных методов, адаптированных для исследуемого сырья. Сумму дубильных веществ определяли титриметрически в пересчете на таннин [21]; флавоноидов – спектрофотометрически с использованием комплексообразующей реакции с 5% спиртовым раствором алюминия (III) хлорида в пересчете на рутин [21]; фенолокислот – спектрофотометрически в пересчете на розмариновую кислоту [21]; сумму каротиноидов в пересчете на β-каротин – спектрофотометрически [21]; содержание аскорбиновой кислоты титриметрически [21]; сумму полисахаридов – спектрофотометрически в пересчете на глюкозу [21]; суммы хлорофилла в пересчете на *b*-хлорофилл [24].

Электронные спектры поглощения снимали спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр», Россия) в кварцевых кюветах, с толщиной слоя 10 мм.

Эфирное масло из листьев, цветков, травы получали из воздушно-сухого сырья фармакопейным методом 2 [21] из 100–300 г сырья и исследовали методом ГЖХ на газовом хроматографе Agilent 6890 с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973N). Условия: 30-метровая кварцевая колонка HP-5MS с внутренним диаметром 0.25 мм, толщина пленки – 0.25 μм (сополимер 5%, дифенил 95% диметилсилоксан), газ-носитель – гелий (постоянный поток – 1 мл/мин), температура колонки – 50 °С (изотерма 2 мин), 50–200 °С (4 °С в мин), 200–280 °С (200 °С/мин), 280 °С (изотерма 5 мин), температура источника ионов – 170 °С, интерфейс между газовым хроматографом и масс-селективным детектором 280 °С. Энергия ионизирующих электронов 70 эВ. Объем вводимой пробы 1 мкл с разделением потока 60 : 1. Для расчета линейных индексов удерживания перед проведением хромато-масс-спектрометрического анализа анализируемую пробу (1–10 мкл) растворяли в 500 мкл ацетона, к полученному раствору добавляли 100 мкл гексанового раствора смеси, содержащей равные весовые количества нормальных углеводов C₈, C₉ ... C₂₄ суммарной концентрации 0.1% (Sigma Aldrich 40147-U). Вычисление линейных индексов удерживания *RI* проводили по формуле

$$RI = R_n + 100k \frac{t_{RI} - t_{Rn}}{t_{R(n+k)} - t_{Rn}},$$

где $R_n = 100n$ – индекс удерживания *n*-алкана, содержащего в молекуле *n* атомов углерода, t_R – абсолютные времена удерживания компонентов, t_{RI} – время удерживания исследуемого вещества, t_{Rn} и $t_{R(n+k)}$ – времена удерживания ближайших реперных *n*-алканов с числом атомов углерода.

Количественное содержание вычисляли по площадям пиков на хроматограмме без использования корректирующих коэффициентов. Компонентный состав определяли путем сравнения времен и линейных индексов удерживания, значений масс-спектров, базы данных библиотеки хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения [25].

Данные по количественному определению, представленные в тексте статьи, представляют собой средние значения из трех параллельных определений (\pm стандартное отклонение, SD).

Обсуждение результатов

В цветках, листьях, плодах и траве (верхняя олиственная часть стебля) изучен качественный состав групп БАВ, результаты которого представлены в таблице 1. Во всех морфологических органах *Agastache rugosa* обнаружены аскорбиновая кислота, каротиноиды, полисахариды, флавоноиды, дубильные вещества, фенолкарбоновые кислоты. Эфирные масла, как и сапонины, обнаружены только в цветках, листьях, траве. Алкалоиды обнаружены не были. Как следует из предварительных данных, в качестве доминирующих веществ в разных частях и органах *Agastache rugosa* можно отметить эфирное масло, фенолкарбоновые кислоты, каротиноиды, аскорбиновую кислоту.

На следующем этапе исследования проведена количественная оценка групп БАВ, присутствие которых подтверждено результатами качественных реакций и хроматографии.

Таблица 1. Состав БАВ *Agastache rugosa*

Группа	Цветки	Трава	Листья	Плоды
Аскорбиновая кислота	++	+++	++	+
Каротиноиды	+++	++	++	+
Полисахариды	++	++	++	+
Флавоноиды	+	+	+	–
Фенолкарбоновые кислоты	++	+++	++	++
Алкалоиды	–	–	–	–
Дубильные вещества	+	++	++	+
Сапонины	+	+	+	–
Эфирное масло	+++	+	++	–

Примечание: «+», «++», «+++» – интенсивность реакции, характеризующая присутствие группы БАВ; «–» – отсутствие реакции.

Полученные нами электронные спектры поглощения 40, 70 и 95% экстрактов цветков, листьев, травы имеют выраженный максимум в области 286–334 нм, характерный для фенолкарбоновых кислот (ФКК) и некоторых флавоноидов (рис. 1–3 электронного приложения). С учетом того, что доминирующими компонентами по размерам зон адсорбции на БХ и ТСХ хроматограммах являлись фенолкарбоновые кислоты, можно сделать предварительный вывод о вкладе именно этой группы веществ в характер кривых поглощения полученных нами УФ-спектров. В исследованиях других авторов также было отмечено, что фенолкарбоновые кислоты являются доминирующей группой БАВ не только для *Agastache rugosa*, но и для всех видов рода *Agastache* [26].

Количественная оценка содержания фенолкарбоновых кислот в разных частях и органах *Agastache rugosa* показал наибольшее их накопление в цветках 0.11–2.25% (табл. 2). Другой группой БАВ, содержащейся в значительных количествах, являются каротиноиды и дубильные вещества. Их содержание в разных органах составляет от 0.1 до 6.5 мг/% и 2.04 до 6.04% соответственно. Цветки и листья накапливают большие количества аскорбиновой кислоты, чем трава (1.28, 1.23 и 1.19% соответственно). В листьях, цветках и траве определены низкие концентрации хлорофилла. Содержание хлорофилла в зрелых плодах не определяли, поскольку известно, что в процессе созревания плодов хлоропласты превращаются в нефотосинтезирующие хромопласты, в которых хлорофилл разрушается. Как и хлорофилл, флавоноиды в интродуцируемом в Томской области *Agastache rugosa* относятся к группе минорных БАВ, о чем свидетельствуют данные таблицы 2. Содержание эфирного масла в разных органах варьирует от следовых количеств до 0.31%. По данным литературы, в цветках, листьях, траве содержание эфирного масла в *Agastache rugosa* из других регионов варьирует от 0.19–2.73% [27–32]. Содержание эфирного масла в плодах ранее в литературе не описывалось.

Для определения состава флавоноидов и фенолкарбоновых кислот *Agastache rugosa* получали 40, 70, 95% экстракты цветков, листьев, травы, плодов, которые изучали методом хроматографии на бумаге и в тонком слое сорбента. Идентификацию веществ проводили по окраске зон адсорбции, значениям R_f в сравнении с известными веществами и данными литературы. Результаты показали присутствие акацетина, апигенина, кверцитина, тилианина, розмариновой кислоты, кофейной кислоты, хлорогеновой кислоты. Полученные нами данные совпадают с данными других исследователей [33–37].

Как следует из представленных в таблице 3 данных, в составе эфирных масел цветков и листьев терпены представлены фракциями монотерпенов и сесквитерпенов. Наибольшая доля приходится на монотерпены (86.02–84.63%), из них кислородсодержащих – 57.37–60.07%. Значительно меньше содержится сесквитерпенов, на долю которых приходится 11.60–12.05%.

В нашем исследовании в составе эфирных масел цветков и листьев обнаружено 50 индивидуальных компонентов. В более ранних работах других авторов в цветках, листьях и траве *Agastache rugosa* из других регионов мира было идентифицировано от 21 до 30 компонентов [27–32]. Доминирующими компонентами в составе фракции монотерпенов являются метилхвикола, хавикола, тимол, α -пинен, лимонен, β -фелландрен, β -пинен, терпинолен, β -мирцен, линалоол, цис-лимонен-оксид; в составе сесквитерпенов – кариофиллен, гермакрен D. Интродуцируемый в Томской области *Agastache rugosa* относится в типичному эстрагалсо-держателю хемотипу из 5 известных на сегодняшний день хемотипов этого рода [31]. В изученных образцах эфирного масла не были идентифицированы пулегон, п-ментан-3-он ((-)-изоментон, эликсен, γ -мууролен, виридифлорол, ментофуран, гермакрен B, *p*-анисовый альдегид, 4-метоксикоричный альдегид γ -лимонен гексадекановая кислота, линолевая кислота, октагидро-7-метил-метилден-4-(1-метилэтил)-1*H*-циклопента[1,3]циклопропа[1,2]бензол, которые были обнаружены в образцах из Восточной Азии [27, 32, 37].

Впервые в составе эфирного масла *Agastache rugosa* идентифицированы: камфен, β -мирцен, α -фелландрен, β -фелландрен, 1,8-цинеол, терпинолен, линалоол, *p*-цис-мент-2-ен-1-ол, цис-лимонен оксид, *транс*-пинокарвеол, пинокарвон, *n*-мента-1,5-диен-8-ол, терпинен-4-ол, камфора, *транс*-карвеол, кар-2-ен-4-он, цис-карвеол, метиловый эфир тимола, кар-3-ен-5-он, α -терпинеола ацетат, цис-муурола-3,5-диен (*E*-), β -фарнезен, цис-муурола-4(14),5-диен, *транс*-кадина-1(6),4-диен, γ -гумулен, γ -кадинен, Δ -кадинен, Δ -кадинол, α -кадинол, α -бисаболол.

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ в цветках, траве, листьях и плодах *Agastache rugosa*

Группа БАВ	Цветки			Трава			Листья			Плоды		
	40%	70%	95%	40%	70%	95%	40%	70%	95%	40%	70%	95%
Флавоноиды, 10 ⁻³ %	0.06 ±0.006	7,0 ±0.6	–	0.7 ±0.07	50,0 ±4,0	–	1.2 ±0.1	60,0 ±6,0	–	н/о	н/о	–
Фенолкарбоновые кислоты, %	2.1 ±0.2	2.5 ±0.2	1.9 ±0.1	0.5 ±0.04	0.3 ±0.03	н/о	2.6 ±0.2	1.7 ±0.1	2.7 ±0.2	1.3 ±0.1	1.0 ±0.08	0.1 ±0.01
Хлорофилл, 10 ⁻³ %	–	0.4 ±0.04	0.6 ±0.05	–	1.9 ±0.2	2,0 ±0.2	–	0.24 ±0.02	2,0 ±0.2	–	–	–
Аскорбиновая кислота, %	1.3±0.09			1.0±0.08			1.2±0.1			н/о		
Каротиноиды, мг/%	6.5±0.6			3.2±0.3			3.6±0.3			0.1±0.01		
Дубильные вещества, %	2.0±0.2			6.0±0.6			2.5±0.2			2.9±0.3		
Эфирное масло, %	0.3±0.3			0.2±0.02			0.2±0.02			н/о		

Примечание: н/о – ниже предела обнаружения (следы); «–» – не определяли.

Таблица 3. Компонентный состав эфирного масла *Agastache rugosa*

Компонент	RT	RI	цветки	листья
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Хавикол	7.54	927	6.32	9.18
α-пинен	7.62	932	3.26	4.12
d-лимонен	7.99	943	1.34	3.9
Камфен	8.08	947	0.2	0.19
Сабинен	8.9	973	0.07	0.14
β-пинен	8.99	975	3.72	3.17
β-мирцен	9.5	991	3.79	3.43
α-фелландрен	9.94	1004	0.15	0.23
α-терпинен	10.36	1017	3.33	3.25
β-фелландрен	10.79	1028	9.23	10.11
Метилхавикол	10.83	1030	34.1	26.3
1,8- цинеол	10.86	1031	0.09	0.1
γ-терпинен	11.84	1058	0.75	0.52
Терпинолен	12.89	1088	4.12	2.44
Линалоол	13.35	1100	3.11	2.16
<i>n</i> -цис-мент-2-ен-1-ол	14.04	1121	0.09	0.13
<i>цис</i> -лимонен оксид	14.54	1133	2.36	3.14
<i>транс</i> -пинокарвеол	14.66	1138	0.04	0.11
Пинокарвон	15.52	1162	0.06	0.14
<i>n</i> -мента-1,5-диен-8-ол	15.66	1168	0.66	1.26
Терпинен-4-ол	16.03	1177	0.13	0.21
α-терпинеол	16.5	1191	0.72	1.52
Камфора	14.88	1144	0.09	0.12
<i>транс</i> -карвеол	17.47	1219	0.07	0.13
Кар-2-ен-4-он	17.62	1223	0.06	0.22
<i>цис</i> -карвеол	17.88	1233	0.07	0.1
Метилловый эфир тимола	18.05	1236	0.37	0.55
Карвон	18.35	1245	0.04	0.1
Тимол	18.51	1268	4.16	5.27
Карвакрол	20.29	1302	3.33	4.13
Кар-3-ен-5-он	20.63	1315	0.11	0.2
α-терпинеола ацетат	21.91	1351	0.08	0.06
Итого монотерпенов, из них кислородсодержащих, %			86.02/60.07	84.63/57.37
Кариофиллен	24.18	1422	3.01	2.56
<i>цис</i> -муурола-3,5-диен	25.14	1448	0.12	0.15
(<i>E</i>)-, β-фарнезен	25.3	1458	0.03	0.08
<i>цис</i> -муурола-4(14),5-диен	25.53	1465	0.09	0.2
<i>транс</i> -кадина-1(6),4-диен	25.85	1476	0.15	0.21
γ-мууролен	25.94	1480	1.25	1.38
Гермакрен D	26.09	1484	2.46	1.31
γ-гумулен	26.16	1484	0.03	0.07
α-мууролен	26.66	1502	1.57	1.74

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
γ-кадинен	27.08	1517	0.09	0.21
Δ-кадинен	27.35	1527	0.07	0.14
Спатуленол	28.94	1580	0.04	0.11
Кариофиллен оксид	29.11	1586	1.63	1.48
тау-муурол	30.76	1644	0.67	0.94
Δ-кадинол	30.88	1649	0.14	0.17
α-кадинол	31.12	1658	0.62	0.72
α-бисаболол	31.96	1688	0.08	0.13
Итого сесквитерпенов, %			12.05	11.60

Заключение

В результате установлено, что во всех частях и органах *Agastache rugosa* содержатся аскорбиновая кислота, каротиноиды, полисахариды, флавоноиды, эфирное масло, дубильные вещества, хлорофилл. Сапонины обнаружены в цветках и траве. Доминирующими группами БАВ для исследованного вида являются эфирное масло, фенолкарбоновые кислоты, каротиноиды и аскорбиновая кислота. Флавоноиды и хлорофилл во всех органах этого вида относятся к группе минорных БАВ. Установлено присутствие акацетина, апигенина, кверцитина, тилианина, розмариновой кислоты, кофейной кислоты, хлорогеновой кислоты, что совпадает с данными других исследователей, изучавших *Agastache rugosa* из других регионов мира. Содержание эфирного масла в цветках, листьях, траве, плодах варьирует от следовых количеств до 0,31%. При этом эфирное масло в плодах данного вида ранее в литературе не изучалось и не описывалось. В составе эфирных масел обнаружено 50 индивидуальных компонентов, 30 из которых идентифицированы впервые.

Список литературы

1. Курдюков Е.Е., Кузнецова А.В., Семенова Е.Ф., Моисеева И.Я. К вопросу стандартизации по содержанию флавоноидов листьев Стевии как перспективного лекарственного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 217–224. DOI: 10.14258/jcprp.2019014067.
2. Минаков Д.В., Верещагин А.Л., Мороженко Ю.В., Базарнова Н.Г. Хитозан-глюкановые комплексы высших грибов: выделение, идентификация и определение некоторых свойств // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 251–257. DOI: 10.14258/jcprp.2019014368.
3. Маматханова М.А., Халилов Р.М., Котенко Л.Д., Маматханов А.У. Разработка технологии получения субстанции тенэстрола эстрогенного действия из надземной части *Ferula tenuisecta* // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 269–276. DOI: 10.14258/jcprp.2019013988.
4. Жигжитжапова С.В., Рэнцэнбямбаа С., Рандалова Т.Э., Раднаева Л.Д. Состав эфирного масла *Artemisia macrocephala* Jacque ex Besser., произрастающей в Монголии // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 105–112. DOI: 10.14258/jcprp.2018012972.
5. Антипова Е.А., Лейтес Е.А. Определение содержания ксантонов и элементного состава надземной части и экстракта *Iris lactea* Pall // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 189–196. DOI: 10.14258/jcprp.2019024011.
6. Зибарева Л.Н., Волкова О.В., Морозов С.В., Черняк Е.И. Фитостероиды корней *Silene frivaldszkyana* Hampe // Химия растительного сырья. 2016. №1. С. 71–75. DOI: 10.14258/jcprp.2017011416.
7. Змеева О.Н., Коломиец Н.Э., Абрамцев Н.Ю., Бондарчук Р.А. *Lotus corniculatus* L. – перспективный вид рода *Lotus* L. // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 5–14. DOI: 10.14258/jcprp.2017041779.
8. Лужанин В.Г., Уэйли А.К., Понкратова А.О., Жохова Е.В., Зингалюк М.А., Пряхина Н.И. Касатик молочно-белый (*Iris lactea* Pall.) – перспективный источник биологически активных веществ // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 5–17. DOI: 10.14258/jcprp.2021038890.
9. Седельникова Л.Л., Кукушкина Т.А. Биологически активные и запасные вещества в вегетативных органах *Hemerocallis hybrida* сорта Vambery crismas // Химия растительного сырья. 2022. №1. С. 153–160. DOI: 10.14258/jcprp.2022019544.
10. Коломиец Н.Э., Боев Р.С., Жалнина Л.В. и др. Химический состав и биологическая активность метаболитов видов рода *Arctium* L. // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 29–57. DOI: 10.14258/jcprp.2021028315.
11. Никифоров Л.Н., Кривошеков С.В., Коломиец Н.Э. и др. Разработка параметров стандартизации сырья ряски малой (*Lemna minor* L.). // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2021. №10(1). С. 74–81. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-1-74-81.
12. Марьин А.А., Коломиец Н.Э. Лекарственные растения и биологически активные вещества противогрибкового действия // Фундаментальная и клиническая медицина. 2017. Т. 2. №4. С. 45–55. DOI: 10.23946/2500-0764-2017-2-4-45-55.
13. Марьин А.А., Танцерева И.Г., Большаков В.В., Коломиец Н.Э. Лекарственные растения в коррекции климактерических расстройств // Фундаментальная и клиническая медицина. 2019. Т. 4. №1. С. 80–90. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-1-80-90.

14. Коломиец Н.Э., Калинин Г.И. Растения рода Хвощ (*Equisetum* L.) систематика, химический состав, перспективы использования в медицине. Томск, 2009. 87 с.
15. Коломиец Н.Э., Шплис О.Н. Виды рода *Agastache* J. Clayton ex Gronov.: распространение, использование, степень изученности (обзор) // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 5–27. DOI: 10.14258/jcpr.20220411043.
16. Абрамук А.В., Сапарклычева С.Е., Чулкова В.В. Продуктивность лофанта тибетского (*Agastache rugosa*) в зависимости от агротехнических приемов возделывания в условиях интродукции на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала. Спец. Вып. «Биология и биотехнология». 2020. С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-2-9.
17. Слепцов И.В., Журавская А.Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях Центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 73–79. DOI: 10.14258/jcpr.2018043809.
18. Shutava H.G., Kavalenka N.A., Supichenka H.N. et al. Essential Oils of Lamiaceae with High Content of α -, β -Pinene and Limonene Enantiomers // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 2014. Vol. 17(1). Pp. 18–25. DOI: 10.1080/0972060X.2014.884816.
19. Skakovskii E.D., Kiselev W.P., Tychinskaya L. Yu. et al. Characterization of the essential oil of *Agastache rugosa* by NMR spectroscopy // Journal of Applied Spectroscopy. 2010. Vol. 77(3). Pp. 329–334. DOI: 10.1007/s10812-010-9335-3.
20. Zielińska S., Kolniak-Ostek J., Dziadas M. et al. Characterization of polyphenols in *Agastache rugosa* leaves and inflorescences by UPLC-qTOF-MS following FCPC separation // Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies. 2016. Vol. 39(4). Pp. 209–219. DOI: 10.1080/10826076.2016.1147461.
21. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_4/HTML/index.html.
22. Гринкевич Н.И., Сафронич Л.А. Химический анализ лекарственных растений. М., 1983. 176 с.
23. Георгиевский В.П., Комиссаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. Новосибирск, 1990. 336 с.
24. Коломиец Н.Э., Калинин Г.И., Сапронова Н.Н. Стандартизация листьев крапивы двудомной // Фармация. 2011. №6. С. 22–24.
25. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
26. Fuentes-Granados R., Widrechner M.P., Wilson L.A. An overview of *Agastache* research // Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants. 1998. Vol. 6(1). Pp. 69–97. DOI: 10.1300/J044v06n01_09.
27. Svoboda K.P., Gough J., Hampson J., Galambosi B. Analysis of the essential oils of some *Agastache* species grown in Scotland from various seed sources // Flavour and Fragrance Journal. 1995. Vol. 10 (3). Pp. 139–145. DOI: 10.1002/ffj.2730100305.
28. Charles D.J., Simon J.E., Widrechner M.P. Characterization of essential oil of *Agastache* species // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1991. Vol. 39(11). Pp. 1946–1949. DOI: 10.1021/jf00011a011
29. Charles D.J., Simon J.E., Glowacki C. et al. Major essential oil constituents of *Agastache* spp. // Acta Horticulturae. 1992. Vol. 306. Pp. 327–330. DOI: 10.17660/ActaHortic.1992/306/42.
30. Dung N.X., Cu L.D., Thai N.H. et al. Constituents of the leaf and flower oils of *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) O. Kuntze from Vietnam // Journal of Essential Oil Research. 1996. Vol. 8(2). Pp. 135–138. DOI: 10.1080/10412905.1996.9700580.
31. Wang J.G. GC-MS Analysis of chemical composition of volatile oil from *Agastache rugosa* // Food Science. 2010. Vol. 31(8). Pp. 223–225.
32. Gong H., Zhou X., Zhu M. Constituents of essential oil isolated from the dried flower and leaf of *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) from Xinjiang, in China // Journal of Essential Oil-bearing Plants. 2012. Vol. 15(4). Pp. 534–538. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644084.
33. Tuan P.A., Park W.T., Xu H. Accumulation of tilianin and rosmarinic acid and expression of phenylpropanoid biosynthetic genes in *Agastache rugosa* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. Vol. 60(23). Pp. 5945–5951. DOI: 10.1021/jf300833m
34. Janicsak G., Mathe I., Mikklosy-Vari V. Comparative studies of the rosmarinic and caffeic acid contents of Lamiaceae species // Biochemical Systematics and Ecology. 1999. Vol. 27. Pp. 733–738. DOI: 10.1016/S0305-1978(99)00007-1.
35. Zakharova O.I., Zakharov A.M., Glyzin V.I. Flavonoids of *Agastache rugosa* // Chemistry of Natural Compounds. 1979. Vol. 15. Pp. 561–564. DOI: 10.1007/BF00565924.
36. Suchorska-Tropiło K., Pióro-Jabrucka E. Morphological, developmental and chemical analysis of the chosen *Agastache* species // Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Horticult Landsc Architect. 2004. Vol. 25. Pp. 25–31.
37. Gong H.Y., Ding J.B., Zhu M. Phytochemical investigation and antimicrobial activity of *Agastache rugosa* growing in Xinjiang, China // Asian Journal of Chemistry. 2012. Vol. 24(7). Pp. 2961–2964.

Поступила в редакцию 2 сентября 2022 г.

После переработки 6 декабря 2022 г.

Принята к публикации 7 декабря 2022 г.

Для цитирования: Коломиец Н.Э., Шплис О.Н. Биологически активные вещества *Agastache rugosa* (Lamiaceae), интродуцируемого в Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2023. №2. С. 133–141. DOI: 10.14258/jcpr.20230211640.

Kolomiets N.E.^{1,2*}, Shplis O.N.^{1,3} BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF AGASTACHE RUGOSA (LAMIACEAE), INTRODUCED IN WESTERN SIBERIA

¹ Siberian State Medical University, Moscovskiy trakt, 2/7, Tomsk, 634004 (Russia), e-mail: borkol47@mail.ru

² Kemerovo State Medical University, Voroshilova st., 22a, Kemerovo, 650056 (Russia)

³ National Research Tomsk State University, Lenina av., 36, Tomsk, 634050 (Russia)

The report presents the results of the study of the chemical composition of biologically active substances of various parts and organs of *Agastache rugosa* introduced in Western Siberia. *Agastache rugosa* were collected by the authors in July–August 2021–2022 in the territories of Tomsk regions. Water and water-alcohol extracts were obtained from raw materials. The studies was conducted using PC, TLC, UV-spectroscopy, titrimetry. The component composition of the essential oil was studied by GLC-MS on the gas chromatograph Agilent 6890 with quadrupole mass spectrometer (HP MSD 5973N). About 50 individual components were found, 30 of them for the first time. Vitamins (ascorbic acid, carotenoids), polysaccharides, phenolic compounds (flavonoids, phenolcarboxylic acids, tannins), essential oil were found in all organs of the plant. Saponins are present in flowers and herbs, but not found in fruits. The presence of acacetin, apigenin, quercetin, tilianine, rosemary acid, caffeic acid, chlorogenic acid was found. The difference in the content of biologically active substances in different organs was established. The dominant groups in different parts and organs of the plant are essential oil, phenol carboxylic acids, carotenoids, ascorbic acid. Flavonoids and chlorophyll in all organs of this species belong to the group of minor BAS.

Keywords: *Agastache rugosa*, introduction, Western Siberia, phenolcarboxylic acids, essential oil.

References

1. Kurdyukov Ye.Ye., Kuznetsova A.V., Semenova Ye.F., Moiseyeva I.Ya. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 217–224. DOI: 10.14258/jcprm.2019014067. (in Russ.).
2. Minakov D.V., Vereshchagin A.L., Morozhenko Yu.V., Bazarnova N.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 251–257. DOI: 10.14258/jcprm.2019014368. (in Russ.).
3. Mamatkhanova M.A., Khalilov R.M., Kotenko L.D., Mamatkhanov A.U. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 269–276. DOI: 10.14258/jcprm.2019013988. (in Russ.).
4. Zhigzhitzhapova S.V., Rentsenbyambaa S., Randalova T.E., Radnayeva L.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 105–112. DOI: 10.14258/jcprm.2018012972. (in Russ.).
5. Antipova Ye.A., Leytes Ye.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 189–196. DOI: 10.14258/jcprm.2019024011. (in Russ.).
6. Zibareva L.N., Volkova O.V., Morozov S.V., Chernyak Ye.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 1, pp. 71–75. DOI: 10.14258/jcprm.2017011416. (in Russ.).
7. Zmeyeva O.N., Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Bondarchuk R.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 5–14. DOI: 10.14258/jcprm.2017041779. (in Russ.).
8. Luzhanin V.G., Ueyli A.K., Ponkratova A.O., Zhokhova Ye.V., Zingalyuk M.A., Pryakhina N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 5–17. DOI: 10.14258/jcprm.2021038890. (in Russ.).
9. Sedel'nikova L.L., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 1, pp. 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544. (in Russ.).
10. Kolomiyets N.E., Boyev R.S., Zhalnina L.V. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 29–57. DOI: 10.14258/jcprm.2021028315. (in Russ.).
11. Nikiforov L.N., Krivoshchekov S.V., Kolomiyets N.E. i dr. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*. 2021, no. 10(1), pp. 74–81. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-1-74-81. (in Russ.).
12. Mar'in A.A., Kolomiyets N.E. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*, 2017, vol. 2, no. 4, pp. 45–55. DOI: 10.23946/2500-0764-2017-2-4-45-55. (in Russ.).
13. Mar'in A.A., Tantsereva I.G., Bol'shakov V.V., Kolomiyets N.E. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 80–90. DOI: 10.23946/2500-0764-2019-4-1-80-90. (in Russ.).
14. Kolomiyets N.E., Kalinkina G.I. *Rasteniya roda Khvoshch (Equisetum L.) sistematika, khimicheskiy sostav, perspektivy ispol'zovaniya v meditsine*. [Plants of the genus Horsetail (*Equisetum L.*) systematics, chemical composition, prospects for use in medicine]. Tomsk, 2009. 87. (in Russ.).
15. Kolomiyets N.E., Shplis O.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 5–27. DOI: 10.14258/jcprm.20220411043. (in Russ.).
16. Abramuk A.V., Saparklycheva S.Ye., Chulkova V.V. *Agrarnyy vestnik Urala. Spets. Vyp. «Biologiya i biotekhnologiya»*, 2020, pp. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-2-9. (in Russ.).
17. Sleptsov I.V., Zhuravskaya A.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 73–79. DOI: 10.14258/jcprm.2018043809. (in Russ.).
18. Shutava H.G., Kavalenka N.A., Supichenka H.N. et al. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 2014, vol. 17(1), pp. 18–25. DOI: 10.1080/0972060X.2014.884816.
19. Skakovskii E.D., Kiselev W.P., Tychinskaya L.Yu. et al. *Journal of Applied Spectroscopy*, 2010, vol. 77(3), pp. 329–334. DOI: 10.1007/s10812-010-9335-3.
20. Zielińska S., Kolniak-Ostek J., Dziadas M. et al. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 2016, vol. 39(4), pp. 209–219. DOI: 10.1080/10826076.2016.1147461.

* Corresponding author.

21. Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, XIV izdaniya. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition]. Moscow, 2018. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_4/HTML/index.html. (in Russ.).
22. Grinkevich N.I., Safronich L.A. *Khimicheskiy analiz lekarstvennykh rasteniy*. [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, 1983, 176 p. (in Russ.).
23. Georgiyevskiy V.P., Komissarenko N.F., Dmitruk S.Ye. *Biologicheski aktivnyye veshchestva lekarstvennykh rasteniy*. [Biologically active substances of medicinal plants]. Novosibirsk, 1990, 336 p. (in Russ.).
24. Kolomiets N.E., Kalinkina G.I., Sapronova N.N. *Farmatsiya*, 2011, no. 6, pp. 22–24. (in Russ.).
25. Tkachev A.V. *Issledovaniye letuchikh veshchestv rasteniy*. [Study of volatile substances of plants]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
26. Fuentes-Granados R., Widrlechner M.P., Wilson L.A. *Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants*, 1998, vol. 6(1), pp. 69–97. DOI: 10.1300/J044v06n01_09.
27. Svoboda K.P., Gough J., Hampson J., Galambosi B. *Flavour and Fragrance Journal*, 1995, vol. 10 (3), pp. 139–145. DOI: 10.1002/ffj.2730100305.
28. Charles D.J., Simon J.E., Widrlechner M.P. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1991. Vol. 39(11), pp. 1946–1949. DOI: 10.1021/jf00011a011
29. Charles D.J., Simon J.E., Glowacki C. et al. *Acta Horticulturae*, 1992, vol. 306, pp. 327–330. DOI: 10.17660/Acta-Hortic.1992/306/42.
30. Dung N.X., Cu L.D., Thai N.H. et al. *Journal of Essential Oil Research*, 1996, vol. 8(2), pp. 135–138. DOI: 10.1080/10412905.1996.9700580.
31. Wang J.G. GC-MS Analysis of chemical composition of volatile oil from *Agastache rugosa* // *Food Science*. 2010, vol. 31(8), pp. 223–225.
32. Gong H., Zhou X., Zhu M. *Journal of Essential Oil-bearing Plants*, 2012, vol. 15(4), pp. 534–538. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644084.
33. Tuan P.A., Park W.T., Xu H. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60(23), pp. 5945–5951. DOI: 10.1021/jf300833m
34. Janicsak G., Mathe I., Mikklosy-Vari V. *Biochemical Systematics and Ecology*, 1999, vol. 27, pp. 733–738. DOI: 10.1016/S0305-1978(99)00007-1.
35. Zakharova O.I., Zakharov A.M., Glyzin V.I. *Chemistry of Natural Compounds*, 1979, vol. 15, pp. 561–564. DOI: 10.1007/BF00565924.
36. Suchorska-Tropiło K., Pióro-Jabrucka E. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Horticult Landsc Architect*, 2004, vol. 25, pp. 25–31.
37. Gong H.Y., Ding J.B., Zhu M. *Asian Journal of Chemistry*, 2012, vol. 24(7), pp. 2961–2964.

Received September 2, 2022

Revised December 6, 2022

Accepted December 7, 2022

For citing: Kolomiets N.E., Shplis O.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 133–141. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230211640.

