

УДК 582.883: 547.913

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА ВОСКОВНИКА БОЛОТНОГО (*MYRICA GALE* L.) ИЗ УСЛОВИЙ ИНТРОДУКЦИИ

© Н.В. Петрова^{1*}, Н.А. Медведева^{1,2}, А.Л. Шаварда¹, О.В. Матусевич^{1,3}, Е.Д. Юсова²

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия, NPetrova@binran.ru

² Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, наб. реки Мойки, 48, Санкт-Петербург, 191186, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, ул. Литовская, 2, Санкт-Петербург, 194100, Россия

Восковник болотный (*Myrica gale* L.), семейство Восковниковые (Myricaceae), является одним из редких и охраняемых видов растений на территории России. В 2011 году при строительстве участка автомобильной магистрали «Западный скоростной диаметр» в Санкт-Петербурге трасса была проложена через Юнтоловский лесопарк, где находилась значительная популяция *Myrica gale*. Часть растений пересадили на территорию Юнтоловского заказника, а часть – в парк Ботанического института РАН (Санкт-Петербург). В данной работе исследован компонентный состав эфирного масла листьев *Myrica gale*, произрастающих в новых локациях. Эфирное масло было получено методом гидродистилляции. Выход эфирного масла листьев *Myrica gale*, собранных на территории Юнтоловского лесопарка, составил от 0.21 до 1.55%. Аннотировано 46 компонентов, среди которых основными были (Z)-неролидол (15.71%), гермакрен В (11.47%), δ-кадинен (9.76%), неидентифицированный компонент Un 1532 с tr=19.92 мин (9.34%) и 1,10-ди-эти-кубенол (5,61%). Выход эфирного масла листьев *Myrica gale*, собранных на территории парка БИН РАН, – от 0.09 до 0.13%. Аннотировано 46 компонентов, среди которых преобладали δ-кадинен (14.11%), 1,10-ди-эти-кубенол (8.59%), (Z)-неролидол (8.43%), 1,8-цинеол (6.01%) и (E)-кариофиллен (5.01%). Установлено, что в изученных популяциях процесс образования ациклических сесквитерпеновых спиртов доминирует, что приводит к существенному накоплению неролидола. В целом, смена местообитания *Myrica gale* (пересадка части растений в Юнтоловский заказник и парк БИН РАН) существенно не отразилась на терпеновом профиле эфирного масла.

Ключевые слова: восковник болотный, эфирное масло, (Z)-неролидол, гермакрен В, δ-кадинен, 1,10-ди-эти-кубенол, 1,8-цинеол, (E)-кариофиллен.

Для цитирования: Петрова Н.В., Медведева Н.А., Шаварда А.Л., Матусевич О.В., Юсова Е.Д. Компонентный состав эфирного масла восковника болотного (*Myrica gale* L.) из условий интродукции // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 270–278. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416450>.

Введение

Восковник болотный, или восковница обыкновенная (*Myrica gale* L.), принадлежит к семейству Восковниковые (Myricaceae Blume.) и представляет собой двудомный, ветроопыляемый, листопадный кустарник. Листья в. болотного кожистые, 2–4 см дл; соцветия – прямостоячие сережки: желто-коричневые мужские и темно-красные женские, плоды односемянные, с крыловидными придатками. Кустарники достигают до 2.0 м высотой, могут разрастаться в виде моноклональных зарослей [1, 2].

Myrica gale может произрастать на низинных, переходных и верховых болотах, на сырых песчаных и каменистых пляжах а также в заболоченных березовых и сосновых лесах, приморских черноольшаниках и приморских лугах [3].

В. болотный – бореальный амфиатлантический приморский вид. Произрастает в Скандинавии, по Атлантическому побережью стран Европы и Северной Америки. В России вид находится на юго-восточной границе ареала: встречается только в Ленинградской области, Санкт-Петербурге и в Карелии. Растение является федеральным охраняемым объектом и имеет двойную категорию охраны: занесено в Красную книгу Российской Федерации и ряд региональных Красных книг [4].

* Автор, с которым следует вести переписку.

В связи с этим, когда в 2011 г. в Санкт-Петербурге было принято решение о строительстве участка автомобильной магистрали «Западный скоростной диаметр», проходящего через территорию Юнтоловского лесопарка, на которой произрастала крупная популяция восковника болотного, специалистами БИН РАН была разработана программа по сохранению *Myrica gale* и его пересадке за зону проведения работ. Растения, оказавшиеся в зоне трассы, были пересажены на территорию Юнтоловского заказника. Часть посадочного материала (примерно 100 особей) были использованы для создания резервной популяции на территории парка БИН РАН. В новых местообитаниях растения хорошо прижились.

Восковник болотный не имеет практического значения в деревообрабатывающей промышленности, однако его можно использовать в рекультивации торфяников [5], как азотфикссирующее растение болот, поскольку хорошо изучено присущее *Myrica gale* образование корневых клубеньков с азотфикссирующими бактериями рода *Frankia* [6].

Фитохимический профиль растения имеет выраженную специфику, обусловленную присутствием фенольных соединений достаточно редкой структуры – халконов и циклических бифенилов [7–9]. Мириглоны A, B, E, G и H и другие соединения на сегодняшний день обнаружены только у *Myrica gale*, либо в растениях с очень ограниченной таксономической принадлежностью. Состав эфирного масла, полученного гидродистилляцией растительного сырья *Myrica gale*, характеризуется комплексом монотерпенов, преимущественно *n*-ментанового типа и сесквитерпенов с кадиновым и хумулановым скелетом [10].

Myrica gale применялся в народной медицине стран Европы и Северной Америки в качестве вяжущего средства, а также как противовоспалительное средство при кожных и грудных заболеваниях. Есть сведения о том, что эфирное масло листьев проявляет противогрибковое действие, repellентную, антимикробную, седативную активность и обладает противораковыми свойствами [10–14].

Цель данного исследования – провести сравнительный хроматографический анализ компонентного состава эфирных масел, полученных из листьев, собранных с растений двух интродуцированных популяций восковника болотного. Установить, отразилась ли пересадка растений на терпеновом профиле эфирного масла.

Материал и методы

В качестве объекта химического исследования использовались образцы листьев восковника обыкновенного, собранные от растений в августе 2022 г. в Юнтоловском заказнике (Ленинградская область). Кроме того, листья *M. gale* собирались в тот же период, но от растений, культивируемых в парке Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН, г. Санкт-Петербург).

Образцы растительного материала (по 300 г, влажность 61.6 и 64.7% соответственно) непосредственно после сбора использовали для получения эфирного масла методом гидродистилляции с помощью аппарата Гинсберга. Время перегонки составляло 3–4 ч. Выход эфирного масла определяли в процентах от массы свежесобранного сырья.

Для хромато-масс-спектрометрического анализа полученных образцов эфирного масла отбирали пробы по 10 мкл и разбавляли в 990 мкл ацетонитрила. Полученную смесь исследовали на приборном комплексе Trace 1310 с масс-спектрометром TSQ 8000 фирмы «Thermo». Условия хроматографирования: колонка: HP-5MS, 60 м×0.32 мм×0.1 мкм; поток газа-носителя – 2 см³/мин, гелий марки 6.0; деление потока – 1 : 4; начальная температура – 60 °C; выдержка при начальной температуре – 5 мин; скорость подъема температуры – 10 °C/мин; конечная температура – 250 °C; выдержка при конечной температуре – 10 мин. Условия работы масс-спектрометра: диапазон масс: (45–600) а.е.м.; температура интерфейса – 250 °C; температура источника – 250 °C; библиотека NIST 20 MS Search 2.3.

Полученные масс-хроматограммы подвергли абсолютной нормализации (сумма всех пиков хроматограмм – 100%). Для качественного анализа выбирали соединения с содержанием в образце не менее 0.01%.

Хорошо известно, что только масс-спектрометрических данных недостаточно для однозначной идентификации терпеновых соединений [15], поэтому при аннотации хроматографических пиков мы руководствовались высоким не менее 85% (R.Mach 850 и выше) значением фактора полученного масс-спектра с библиотечным (NIST) и достаточно близкое совпадение (меньше 20 единиц) хроматографических индексов удерживания с опубликованными данными. В качестве источника таких данных использованы 2 крупные сводки [16, 17], полученные результаты приведены в таблице.

Результат и обсуждение

Эфирное масло *Myrica gale* L. представляет собой светло-желтую жидкость со сладко- травянистым, бальзамическим ароматом и по ряду характеристик компонентного состава отличается от остальных представителей рода *Myrica* [18]. Тем не менее приводимый некоторыми авторами аргумент о том, что на основе хемосистематических признаков (соотношения отдельных терпенов) возможно выделение восковника болотного в отдельный род – явно слабый и недостаточно обоснованный.

У восковника болотного различают два типа железистых трихом – головчатые и пельтатные [1, 19]. Подобные структуры, как правило, рассматриваются как секреторные образования, в которых и происходит синтез и накопление терпеновых соединений.

Терпеновые комплексы, составляющие основу эфирного масла, обнаруживаются в листьях, соцветиях и плодах *Myrica gale* L. Выход эфирного масла обычно варьирует в зависимости от многих внешних факторов [12, 19–22].

Нами установлено, что выход эфирного масла листьев *Myrica gale*, собранных на территории Юнтоловского заказника, составил от 0.21 до 1.55%, а из парка БИН РАН – от 0.09 до 0.13%. Таким образом, содержание терпеновых комплексов, составляющих основу эфирного масла в листьях восковника болотного из мест, близких к естественному произрастанию, выше, чем у растений из парка БИН РАН.

Установлено, что эфирное масло листьев восковника болотного – сложная смесь терпенов и их окисленных форм, состоящая из относительно небольшого количества основных компонентов и многочисленных миорных. В результате наших исследований из 56 хроматографически разделенных компонентов эфирного масла, было аннотировано – 46 соединений у *Myrica gale* из Юнтоловского заказника и 43 – для растений из парка БИН РАН (табл.).

Основные терпеновые соединения эфирного масла восковника болотного из Юнтоловского лесопарка аннотированы как (*Z*)-неролидол (15.71%), гермацрен В (11.47%), δ-кадинен (9.76%), не идентифицированный компонент Un 1532 с $t_R=19.92$ мин (9.34%) и 1,10-ди-эпи-кубенол (5.61%). Основными компонентами образцов из парка БИН РАН оказались: δ-кадинен (14.11%), 1,10-ди-эпи-кубенол (8.59%), (*Z*)-неролидол (8.43%), 1,8-цинеол (6.01%). Таким образом, эфирное масло *Myrica gale* из обеих популяций не является монокомпонентным: в образце из первой популяции максимальным содержанием более 15% отмечен (*Z*)-неролидол, а у второй популяции – это δ-кадинен с содержанием более 14%.

В обоих случаях основными компонентами, отличающимися максимальным содержанием, оказались (*Z*)-неролидол, δ-кадинен и 1,10-ди-эпи-кубенол. Выявлен ряд компонентов, которые обнаружены в образцах из первой популяции и отсутствуют во второй, их оказалось 4: борнилацетат, гермацрен D, β-селинен и Un1471. Стоит отметить, что содержание каждого из вышеперечисленных компонентов не превысило 1%. Компонент, отсутствующий в образцах из первой популяции и присутствующий во второй, только один – нерилацетат (0.43%). Общим для образцов из разных местообитаний является доминирование сесквитерпенов над монотерпенами как в разнообразии компонентного состава, так и в процентном содержании. Кроме того, состав сесквитерпеновой части исследуемых эфирных масел свидетельствует о том, что обычный биогенез с циклизацией фарнезилпироfosфата и образованием кадино-хумуленового скелета конкурирует с гидролизом предшественников и образованием ациклических сесквитерпеновых спиртов. Согласно литературным данным, процесс гидролиза у *Myrica gale* не носит преимущественного характера и содержание, например, неролидола в эфирных маслах обычно не превышает 5% [18, 19, 22]. В нашем случае содержание неролидола в образце эфирного масла из Юнтоловского заказника – 15.71%, из парка БИН РАН – 8.43%. Сопоставимое содержание неролидола (8.93%) зафиксировано только в образце эфирного масла *Myrica gale*, произрастающего в Литве [20].

Критически проанализировав доступные данные о компонентном составе масла *Myrica gale* из разных регионов, мы решили принять во внимание только те работы, в которых, по рекомендациям метаболомного сообщества [23], основанием для идентификации является достаточно высокое значение фактора сходства полученных масс-спектров с данными из публичных МС-библиотек и совпадения в пределах нескольких единиц индексов удерживания Ковача, приведенных в тех же библиотеках. Эти сведения приведены в общей таблице состава эфирного масла, поскольку большая часть этих соединений обнаружена нами в исследованных образцах. Из 46 аннотированных нами компонентов только 15 приводятся нами для *Myrica gale* впервые. Но из этих 15 не менее половины упоминается для эфирного масла *Myrica gale* в работах, которые мы не включили в таблицу. Можно сделать вывод, что состав эфирного масла восковника болотного демонстрирует выраженную вариабельность.

Состав образцов эфирного масла листьев *Myrica gale*, выращенного в эксперименте (Юнтоловский заказник и парк БИН РАН)

Компоненты	CAS	t _R , мин	Содержание компонента, %		RI (exp.)	RI (lit.)	Δ	Литератур- ные данные
			Юнто- ловский лесопарк	парк БИН РАН				
I	2	3	4	5	6	7	8	9
α-Туйен	α-thujene	2867-05-2	9.68	0.02	0.07	924	924 ¹	0 10; 12; 24
α-Пинен	α-pinene	80-56-8	9.87	1.65	4.79	933	932 ¹	1 10; 12; 20; 21; 24
Камfen	camphene	79-92-5	10.23	0.07	0.19	951	946 ¹	5 10; 20; 24
Сабинен	sabinene	3387-41-5	10.76	0.02	0.08	981	973 ²	8 10; 20
β-Пинен	β-pinene	127-91-3	10.86	0.31	0.83	986	978 ²	8 10; 12; 20; 22; 24
Мирцен	myrcene	123-35-3	11.06	0.38	1.32	992	988 ¹	4 10; 12; 20; 21; 24
α-Фелландрен	α-phellandrene	99-83-2	11.41	1.71	4.57	1010	1002 ¹	8 10; 12; 20; 24
α-Терпинен	α-terpinene	99-86-5	11.67	0.07	0.33	1025	1017 ²	8 10; 12; 20
n-Цимол	p-cymene	99-87-6	11.83	0.91	1.01	1033	1024 ²	9 10; 12; 20-22; 24
Лимонен	limonene	138-86-3	11.92	2.27	4.37	1037	1030 ²	7 10; 12; 21; 22
Un1040	Un1040	—	11.95	0.41	1.85	1040	—	—
1,8-Цинеол	1,8-cineol	470-82-6	12.00	2.26	6.01	1042	1032 ²	10 10; 12; 22; 24
(E)-β-Оцимен	(E)-β-ocimene	3338-55-4	12.23	0.14	0.16	1053	1048 ²	5 10; 12; 20; 24
γ-Терпинен	γ-terpinene	99-85-4	12.50	0.23	0.83	1066	1060 ²	6 10; 12; 20; 24
Терпинолен	terpinolene	586-62-9	13.08	0.14	0.39	1092	1086 ¹	6 10; 12
(E)-Сабинен гидрат	(E)-sabinene hydrate	546-79-2	13.16	0.04	0.06	1097	1098 ¹	1 —
Линалоол	linalool	78-70-6	13.22	0.16	0.15	1101	1099 ²	2 21
Нонаналь	nonanal	124-19-6	13.29	0.20	0.14	1105	1103 ²	2 10; 21
Борнеол	borneol	464-45-9	14.54	0.18	0.12	1165	1165 ¹	0 10; 12; 24
Терпинен-4-ол	terpinen-4-ol	562-74-3	14.70	0.53	0.92	1175	1174 ¹	1 10; 12; 20; 24
α-Терpineол	α-terpineol	98-55-5	14.90	0.49	0.85	1190	1190 ²	0 10; 12; 21
Цитронеллол	citronellol	106-22-9	15.36	0.11	1.24	1218	1223 ¹	5 22; 24
Борнилацетат	bornyl acetate	76-49-3	16.39	0.95	0.00	1285	1284 ¹	1 20; 24
α-Кубебен	α-cubebene	17699-14-8	17.34	0.25	0.40	1336	1345 ¹	1 —
Un1339	Un1339	—	17.19	0.22	1.79	1339	—	—
α-Терпинил ацетат	α-terpinyl acetate	80-26-2	17.27	1.27	1.33	1344	1346 ¹	2 22; 24
Нерилацетат	neryl acetate	141-12-8	17.61	0.00	0.43	1374	1374 ¹	0 —
α-Копасн	α-copaene	3856-25-5	17.76	1.00	1.97	1376	1376 ²	0 12; 24
β-Кубебен	β-cubebene	13744-15-5	17.93	0.30	0.18	1388	1387 ²	1 —
α-Гурьюонен	α-gurjunene	489-40-7	18.27	0.31	0.69	1409	1409 ¹	0 —
(E)-Кариофиллен	(E)-caryophyllene	87-44-5	18.43	3.16	5.01	1417	1417 ¹	0 12; 20; 24
Un1424	Un1424	—	18.49	2.22	1.30	1424	—	—
(E)-Муурола-3,5-диен	(E)-muurola-3,5-diene	189165-77-3	18.80	0.24	0.66	1446	1448 ¹	2 —
α-Гумулен	α-humulene	6753-98-6	18.88	0.13	0.20	1452	1452 ¹	0 10; 12; 24
(E)-Кадина-1(6),4-диен	(E)-cadina-1(6),4-diene	20085-11-4	19.07	1.00	3.24	1466	1475 ¹	9 12
Un1471	Un1471	—	19.10	0.57	0.00	1471	—	—
Гермакрен D	germacrene D	23986-74-5	19.22	0.41	0.00	1480	1484 ¹	4 24
β-Селинен	β-selinene	17066-67-0	19.31	0.55	0.00	1486	1489 ¹	3 10; 12; 24
(E)-Муурола-4(14),5-диен	(E)-muurola-4(14),5-diene	262352-87-4	19.39	2.70	2.27	1491	1493 ¹	2 —
δ-Кадинен	δ-cadinene	483-76-1	19.67	9.76	14.11	1513	1522 ¹	9 10; 12; 24
(E)-Каламенен	(E)-calamenene	1460-96-4	19.71	1.75	1.51	1515	1521 ¹	6 —

Окончание таблицы

	<i>I</i>		2	3	4	5	6	7	8	9
Зонарен	zonarene	41929-05-9	19.74	3.54	3.01	1518	1528 ¹	10	21	
(E)-Кадина-1,4-диен	(E)-cadina-1,4-diene	38758-02-0	19.82	3.17	1.86	1524	1533 ¹	9	—	
Un1532	Un1532	—	19.92	9.34	0.49	1532	—	—	—	
(Z)-Неролидол	(Z)-nerolidol	7212-44-4 15423-57-1	20.04 20.25	15.71 11.47	8.43 1.59	1541 1557	1531 ¹ 1559 ¹	10 2	10; 12; 22 24	
Гермакрен В	germacrene B	—	—	—	—	—	—	—	—	
Un1573	Un1573	—	20.46	0.76	1.06	1573	—	—	—	
Оксид кариофиллена	caryophyllene oxide	1139-30-6	20.57	0.45	0.47	1582	1582 ¹	0	10; 12; 20	
1,10-Ди-эпип-кубенол	di- <i>epi</i> -1,10-cubenol	73365-77-2	20.03	5.61	8.59	1623	1618 ¹	5	21	
Un1639	Un1639	—	21.20	3.07	4.41	1639	—	—	—	
Un1646	Un1646	—	21.28	0.56	0.11	1646	—	—	—	
Un1653	Un1653	—	21.36	0.58	0.07	1653	—	—	—	
Un1668	Un1668	—	21.53	0.96	0.38	1668	—	—	—	
Эйдесм-7(11)-ен-4-ол	eudesm-7(11)-en-4-ol	473-04-1	21.88	1.99	1.19	1700	1700 ¹	0	—	
Бензилбензоат	benzyl benzoate	120-51-4	22.53	0.58	0.91	1759	1759 ¹	0	21; 22	
Фитол	phytol	150-86-7	26.05	0.80	0.98	1942	1942 ¹	0	—	

В качестве литературных данных использованы —¹Adams, 2007 [16]; ²Babushok et al., 2011 [17].

Множество работ посвящено определению влияния различных факторов на качественный и количественный состав эфирного масла. Кроме варьирования состава и содержания эфирного масла листьев *Myrica gale*, произрастающего в разных географических точках, исследователи пришли к выводу, что эфирное масло заметно отличается и у особей в одной и той же популяции [10].

Было также обнаружено, что состав эфирного масла меняется в течение вегетационного периода. R. Carlton с соавторами на примере Шотландской популяции *Myrica gale* установили, что качественный состав эфирного масла имеет сезонную зависимость [10]. Ученые предположили, что данный процесс связан с возможными изменениями функции эфирного масла в начале и в конце лета. В июне происходит интенсивный рост вегетативных органов растения, по этой причине необходимо максимально обезопасить молодые листья от травоядных животных, насекомых, паразитических грибков и др. Растения продуцируют сесквитерпеноиды (в том числе и гермакрон, содержание которого в эксперименте было максимальным), которые проявляют ярко выраженную антибактериальную, антирепеллентную, антифунгальную и другие типы активности. Однако такая повышенная токсичность не может быть постоянна, поскольку весьма затратна энергетически. Кроме того, такая концентрация избранных веществ может дать толчок к адаптивным процессам борьбы с ней. Возможно, поэтому к концу лета, когда пропадает необходимость в усиленной защите листьев, происходит падение темпов биосинтеза сесквитерпенов, на образование которых необходимо много энергии АТФ [10]. Таким образом, возможно, что *Myrica gale* использует высокотоксичную защиту в течение короткого периода, и это дает растениям развить свои листья до максимальной зрелости.

Последние исследования S. Nagar с соавторами (2023) показали, что на состав эфирного масла *Myrica gale* влияет не только время сбора и экстрагируемая часть растения, но и метод экстракции: при гидродистилляции с микроволновым излучением основу масла составляют моно- и сесквитерпены, а при гидродистилляции методом Клевенджера – их кислородосодержащие аналоги [24].

Поскольку многие вещества и их комбинации в эфирном масле восковника болотного проявляют выраженную биологическую активность [25–27], выявление тенденций к накоплению определенных веществ наиболее важно при потенциальному использовании конкретного растительного материала.

Выходы

Результаты наших исследований показали, что выход эфирного масла в листьях *Myrica gale* у особей из Юнтоловского заказника выше, чем у интродуцированных экземпляров из парка БИН РАН, однако все полученные значения входят в известные по литературным данным пределы его содержания для данного вида. В эфирном масле из листьев восковника болотного, независимо от исследованных нами мест

произрастания, удалось разделить и аннотировать более 50 компонентов, из которых преобладающими по содержанию являлись сесквитерпены. Установлено, что в сесквитерпеноидном биогенезе, происходящем в секреторных образованиях *Myrica gale*, существенно преобладают процессы гидролиза предшественников фарнезилпирофосфата, приводящие к образованию ациклических сесквитерпеновых спиртов. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что обе исследованные группы *Myrica gale* находятся в хорошем состоянии и пересадка растений существенно не отразилась на терпеновом профиле эфирного масла.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме Ботанического института В.Л. Комарова РАН: «Систематика, флора и растительные ресурсы сосудистых растений Евразии», ЕГИСУ НИ-ОКРР: 125020701739-5 [ПТНИ 10210719128888-8, дата регистр. 7.02.2025.]

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Skene K., Sprent J., Herdman L. *Myrica gale* L. // J. Ecol. 2000. Vol. 88(6). Pp. 1079–1094.
2. Толченникова И.О., Антонова И.С. К вопросу о морфологии генеративных растений *Myrica gale* // Труды института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2021. №95 (98). С. 52–62. <https://doi.org/10.47021/0320-3557-2021-52-62>.
3. Волкова Е.А., Смагин В.А., Храмцов В.Н. Сообщества с *Myrica gale* L. на болотах побережья Финского залива (Санкт-Петербург и Ленинградская область) // Растительность России. 2021. №41. С. 58–74. <https://doi.org/10.31111/vegrus/2021.41.58>.
4. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М., 2024.
5. Davey A., Gibson C. Note on the distribution of sexes in *Myrica gale* // New Phytologist. 1917. Vol. 74. Pp. 147–151.
6. Huguet V., Mergeay M., Cervantes E., Fernandez M.P. Diversity of Frankia strains associated to *Myrica gale* in Western Europe: impact of host plant (*Myrica* vs. *Alnus*) and of edaphic factors // Environment. Microbiol. 2004. Vol. 6, no. 10. Pp. 1032–1041. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00625.x>.
7. Uyar T., Malterud K.E., Anthonsen T. Two new dihydrochalcones from *Myrica gale* // Phytochemistry. 1978. Vol. 17(11). Pp. 2011–2013. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88753-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88753-1).
8. Malterud K.E., Diep O.H., Sund R.B. C-methylated dihydrochalcones from *Myrica gale* L.: effects as antioxidants and as scavengers of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl // Pharmacol. Toxicol. 1996. Vol. 78(2). Pp. 111–116. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1996.tb00190.x>.
9. Fang J., Paetz C., Schneider B. C-methylated flavanones and dihydrochalcones from *Myrica gale* seeds // Biochem. Syst. Ecol. 2011. Vol. 39(1). Pp. 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.01.009>.
10. Carlton R., Waterman P., Gray A. Variation of leaf gland volatile oil within a population of sweet gale (*Myrica gale*) (Myricaceae) // Chemoecology. 1992. Vol. 3. Pp. 45–54. <https://doi.org/10.1007/bf01261456>.
11. Simpson M.J.A., MacIntosh D.F., Cloughley J.B., Stuart A.E. Past, present and future utilization of *Myrica gale* (Myricaceae) // Economic Bot. 1996. Vol. 50(1). Pp. 122–129.
12. Sylvestre M., Legault J., Dufour D., Pichette A. Chemical composition and anticancer activity of leaf essential oil of *Myrica gale* L. // Phytomedicine. 2005. Vol. 12(4). Pp. 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2003.12.004>.
13. Кашина А.А., Гурина С.В., Яковлев Г.П. Антимикробная активность эфирного масла и извлечений из надземной части *Myrica gale* (Myricaceae) // Растительные ресурсы. 2009. Т. 49(2). С. 127–133.
14. Krogsbøll L., Karring H., Christensen L.P. Chemical composition and antibacterial effect of volatile compounds from different chemotypes of sweet gale (*Myrica gale*) // Planta Med. 2016. Vol. 82. Pp. 1–381. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1596460>.
15. Ткачев А.В. Проблемы качественного и количественного анализа летучих веществ растений // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 5–37. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017032712>.
16. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured business media, Carol stream, 2007. 804 p.
17. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G. Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils // J. Phys. Chem. Ref. Data. 2011. Vol. 40(4). 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
18. Halim A.F., Collins R.P. Essential oil analysis of the Myricaceae of the Eastern United States // Phytochemistry. 1973. Vol. 12(5). Pp. 1077–1083. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(73\)85019-8](https://doi.org/10.1016/0031-9422(73)85019-8).

19. Svoboda K., Inglis A., Hampson J., Galambosi B., Asakawa Y. Biomass production, essential oil yield and composition of *Myrica gale* L. harvested from wild populations in Scotland and Finland // Flavour Fragr. J. 1998. Vol. 13. Pp. 367–372. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199811/12\)13:6<367::AID-FFJ724>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199811/12)13:6<367::AID-FFJ724>3.0.CO;2-M).
20. Ložienė K., Labokas J., Vaičiulytė V., Švedienė J., Raudonienė V., Paškevičius A., Šveistytė L., Apšegaitė V. Chemical composition and antimicrobial activity of fruit essential oils of *Myrica gale*, a neglected non-wood forest product // Baltic Forestry. 2020. Vol. 26(1). 423. <https://doi.org/10.46490/BF423>.
21. Popovici J., Bertran C., Bagnarol E., Fernandez M.P., Comte G. Chemical composition of essential oil and headspace-solid microextracts from fruits of *Myrica gale* L. and antifungal activity // Nat. Prod. Res. 2008. Vol. 22(2). Pp. 1024–1032. <https://doi.org/10.1080/14786410802055568>.
22. Wawrzynczak K., Jakiel A., Kalemba D. Composition of leaf and flower essential oil of *Myrica gale* L. // Biotechnol. Food Chem. 2019. Vol. 83(1). Pp. 87–96. <https://doi.org/10.34658/bfs.2019.83.1.87-96>.
23. Fiehn O., Robertson D., Griffin J., Werf M., Nikolau B., Morrison N. The metabolomics standards initiative (MSI) // Metabolomics: official journal of the metabolomics society. 2007. Vol. 3(3). Pp. 175–178. <https://doi.org/10.1007/s11306-007-0070-6>.
24. Nagar S., Pigott M., Whym S., Berlemont A., Sheridan H. Effect of extraction methods on essential oil composition: a case study of Irish Bog Myrtle – *Myrica gale* L. // Separations. 2023. Vol. 10. 128. <https://doi.org/10.3390/separations10020128>.
25. Chan W.K., Tan L.T.H., Chan K.G., Lee L.H., Goh B.H. Nerolidol: a sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities // Molecules. 2016. Vol. 21(5). 529. <https://doi.org/10.3390/molecules21050529>.
26. Cai Z.M., Peng J.Q., Chen Y., Tao L., Zhang Y.Y., Fu L.Y., Long Q.D., Shen X.C. 1,8-Cineole: a review of source, biological activities, and application // J. Asian Nat. Prod. Res. 2021. Vol. 23(11). Pp. 938–954. <https://doi.org/10.1080/10286020.2020.1839432>.
27. Borges M.F.A., Lacerda R.S., Correia J.P.A., de Melo T.R., Fereira S.B. Potential antibacterial action of α-pinene // Med. Sci. Forum. 2022. Vol. 12(1). 11. <https://doi.org/10.3390/eca2022-12709>.

Поступила в редакцию 2 декабря 2024 г.

После переработки 24 февраля 2025 г.

Принята к публикации 4 сентября 2025 г.

Petrova N.V.^{1*}, Medvedeva N.A.^{1,2}, Shavarda A.L.¹, Matusevich O.V.^{1,3}, Yusova E.D.² COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF *MYRICA GALE* L. FROM INTRODUCTION

¹ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, st. Prof. Popova, 2, St. Petersburg, 197022, Russia, NPetrova@binran.ru

² Herzen State Pedagogical University of Russia, Moika River Embankment, 48, St. Petersburg, 191186, Russia

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, st. Litovskaya, 2, St. Petersburg, 194100, Russia

Myrica gale L. (Myricaceae) is one of the rare and protected plant species in Russia. In 2011, during the construction of a section of the intracity toll highway in St. Petersburg, the route was laid through the Yuntolovsky forest park, where there was a significant population of *Myrica gale*. Some of the plants were transplanted to the territory of the Yuntolovsky reserve, and some to the park of the Komarov Botanical Institute RAS (St. Petersburg). In this work, the component composition of the essential oil of *Myrica gale* leaves growing in new locations was studied. The essential oil was obtained by hydrodistillation. The yield of essential oil from *Myrica gale* leaves collected on the territory of the Yuntolovsky reserve ranged from 0.21 to 1.55%. 52 components were identified, among which the main ones were (Z)-nerolidol (15.71%), germacrene B (11.47%), δ-cadinene (9.76 %), an unidentified component Un 1532 with t_{R} =19.92 min (9.34%) and 1,10-di-epi-cubenol (5.61%). The yield of essential oil from *Myrica gale* leaves collected on the territory of BIN RAS park is from 0.09% to 0.13%. 49 components were identified, among which the predominant ones were δ-cadinene (14.11%), 1,10-di-epi-cubenol (8.59%), (Z)-nerolidol (8.43%), 1,8-cineole (6.01%) и (E)-caryophyllene (5.01%). It was determined that in the studied populations the process of formation of acyclic sesquiterpene alcohols dominates, which leads to a significant accumulation of nerolidol. In general, a change in the habitat of *Myrica gale* (transplantation of some plants into the Yuntolovsky reserve and the park of the BIN RAS) did not significantly affect the terpene profile of the essential oil.

Keywords: *Myrica gale*, (Z)-nerolidol, germacrene B, δ-cadinene, 1,10-di-epi-cubenol, 1,8-cineole, (E)-caryophyllene.

For citing: Petrova N.V., Medvedeva N.A., Shavarda A.L., Matusevich O.V., Yusova E.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, pp. 270–278. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416450>

* Corresponding author.

References

1. Skene K., Sprent J., Herdman L. *J. Ecol.*, 2000, vol. 88(6), pp. 1079–1094.
2. olchennikova I.O., Antonova I.S. *Trudy instituta biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina RAN*, 2021, no. 95 (98), pp. 52–62. <https://doi.org/10.47021/0320-3557-2021-52-62>. (in Russ.).
3. Volkova Ye.A., Smagin V.A., Khramtsov V.N. *Rastitel'nost' Rossii*, 2021, no. 41, pp. 58–74. <https://doi.org/10.31111/vegrus/2021.41.58>. (in Russ.).
4. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii. Rasteniya i griby*. [Red Data Book of the Russian Federation. Plants and fungi]. Moscow, 2008. (in Russ.).
5. Davey A., Gibson C. *New Phytologist*, 1917, vol. 74, pp. 147–151.
6. Huguet V., Mergeay M., Cervantes E., Fernandez M.P. *Environment. Microbiol.*, 2004, vol. 6, no. 10, pp. 1032–1041. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00625.x>.
7. Uyar T., Malterud K.E., Anthonsen T. *Phytochemistry*, 1978, vol. 17(11), pp. 2011–2013. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88753-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88753-1).
8. Malterud K.E., Diep O.H., Sund R.B. *Pharmacol. Toxicol.*, 1996, vol. 78(2), pp. 111–116. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1996.tb00190.x>.
9. Fang J., Paetz C., Schneider B. *Biochem. Syst. Ecol.*, 2011, vol. 39(1), pp. 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.01.009>.
10. Carlton R., Waterman P., Gray A. *Chemoecology*, 1992, vol. 3, pp. 45–54. <https://doi.org/10.1007/bf01261456>.
11. Simpson M.J.A., MacIntosh D.F., Cloughley J.B., Stuart A.E. *Economic Bot.*, 1996, vol. 50(1), pp. 122–129.
12. Sylvestre M., Legault J., Dufour D., Pichette A. *Phytomedicine*, 2005, vol. 12(4), pp. 299–304. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2003.12.004>.
13. Kashina A.A., Gurina S.V., Yakovlev G.P. *Rastitel'nyye resursy*, 2009, vol. 49(2), pp. 127–133. (in Russ.).
14. Krogsbøll L., Karring H., Christensen L.P. *Planta Med.*, 2016, vol. 82, pp. 1–381. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1596460>.
15. Tkachev A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 5–37. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017032712>. (in Russ.).
16. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured business media, Carol stream, 2007, 804 p.
17. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 2011, vol. 40(4), 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
18. Halim A.F., Collins R.P. *Phytochemistry*, 1973, vol. 12(5), pp. 1077–1083. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(73\)85019-8](https://doi.org/10.1016/0031-9422(73)85019-8).
19. Svoboda K., Inglis A., Hampson J., Galambosi B., Asakawa Y. *Flavour Fragr. J.*, 1998, vol. 13, pp. 367–372. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199811/12\)13:6<367::AID-FFJ724>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199811/12)13:6<367::AID-FFJ724>3.0.CO;2-M).
20. Ložienė K., Labokas J., Vaičiulytė V., Švedienė J., Raudonienė V., Paškevičius A., Šveistytė L., Apšegaitė V. *Baltic Forestry*, 2020, vol. 26(1), 423. <https://doi.org/10.46490/BF423>.
21. Popovici J., Bertran C., Bagnarol E., Fernandez M.P., Comte G. *Nat. Prod. Res.*, 2008, vol. 22(2), pp. 1024–1032. <https://doi.org/10.1080/14786410802055568>.
22. Wawrzyniczak K., Jakiel A., Kalemba D. *Biotechnol. Food Chem.*, 2019, vol. 83(1), pp. 87–96. <https://doi.org/10.34658/bfs.2019.83.1.87-96>.
23. Fiehn O., Robertson D., Griffin J., Werf M., Nikolau B., Morrison N. *Metabolomics: official journal of the metabolomics society*, 2007, vol. 3(3), pp. 175–178. <https://doi.org/10.1007/s11306-007-0070-6>.
24. Nagar S., Pigott M., Whyms S., Berlemont A., Sheridan H. *Separations*, 2023, vol. 10, 128. <https://doi.org/10.3390/separations10020128>.
25. Chan W.K., Tan L.T.H., Chan K.G., Lee L.H., Goh B.H. *Molecules*, 2016, vol. 21(5), 529. <https://doi.org/10.3390/molecules21050529>.
26. Cai Z.M., Peng J.Q., Chen Y., Tao L., Zhang Y.Y., Fu L.Y., Long Q.D., Shen X.C. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2021, vol. 23(11), pp. 938–954. <https://doi.org/10.1080/10286020.2020.1839432>.
27. Borges M.F.A., Lacerda R.S., Correia J.P.A., de Melo T.R., Fereira S.B. *Med. Sci. Forum*, 2022, vol. 12(1), 11. <https://doi.org/10.3390/eca2022-12709>.

*Received December 2, 2024**Revised February 24, 2025**Accepted September 4, 2025*

Сведения об авторах

Петрова Наталья Валерьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, NPetrova@binran.ru

Медведева Нина Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, namedvedeva@mail.ru

Шаварда Алексей Леонидович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, Shavarda@binran.ru

Матусевич Олег Владимирович – кандидат химических наук, младший научный сотрудник, OMatusevich@binran.ru

Юсова Екатерина Дмитриевна – магистрант, katyayusova2001@yandex.ru

Information about authors

Petrova Natalya Valerievna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, NPetrova@binran.ru

Medvedeva Nina Anatolyevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, namedvedeva@mail.ru

Shavarda Aleksey Leonidovich – Candidate of Biological Sciences, Laboratory Head, Shavarda@binran.ru

Matusevich Oleg Vladimirovich – Candidate of Chemical Sciences, Junior Researcher, OMatusevich@binran.ru

Yusova Ekaterina Dmitrievna – Master's Student, katyayusova2001@yandex.ru