

УДК 582.948.2: 665.528

СОДЕРЖАНИЕ *n*-АЛКАНОВ, ФЕНИЛПРОПАНОИДОВ И ТЕРПЕНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЭФИРНОМ МАСЛЕ *ONOSMA RIGIDA* LEDEB. (BORAGINACEAE) ИЗ ДАГЕСТАНА

© Н.В. Петрова^{1*}, А.Л. Шаварда^{1,2}, Н.А. Медведева^{1,3}, М.М. Мухумаева⁴, Н.К. Кличханов⁴

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

² Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034, Россия

³ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, наб. реки Мойки, 48, Санкт-Петербург, 191186, Россия

⁴ Дагестанский государственный университет, ул. М. Гаджиева, 43а, Махачкала, 367000, Россия

Проведен химический анализ надземной части Оносмы жесткой (*Onosma rigida* Ledeb. (Boraginaceae)), собранной в Дагестане и используемой в народной медицине для лечения доброкачественных опухолей. Наряду с вторичными метаболитами в *O. rigida* присутствует пул летучих соединений, которые были нами сконцентрированы при использовании такого методического приема как перегонка с водяным паром. В результате из надземной части методом гидродистилляции было получено эфирное масло, выход которого составил 0.06%. Компонентный состав эфирного масла был проанализирован с помощью газовой хроматографии с масс-селективным детектированием. Аннотировано более 70 компонентов, большая часть из которых являются длинноцепочечными алифатическими углеводородами и их окисленными производными: альдегидами, спиртами и кислотами. Неидентифицированные компоненты исследованного эфирного масла составили не более 1.1%. Среди обнаруженных углеводородов зарегистрирована полная линейка *n*-алканов (с C₁₂ до C₃₁), из которых наонакозан (24.9%) и гептакозан (11.2%) были основными компонентами. Остальная часть представлена моно-, сескви- и дитерпеновыми соединениями, со значительным преобладанием сесквитерпеновых компонентов как в количественном, так и в качественном составе. Содержание в эфирном масле фенилпропаноидов миристицина и апиола составило 5.4 и 2.0% соответственно.

Ключевые слова: *Onosma rigida*, эфирное масло, миристицин, апиол, *n*-алканы.

Для цитирования: Петрова Н.В., Шаварда А.Л., Медведева Н.А., Мухумаева М.М., Кличханов Н.К. Содержание *n*-алканов, фенилпропаноидов и терпеновых соединений в эфирном масле *Onosma rigida* Ledeb. (Boraginaceae) из Дагестана // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 236–244. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217874>.

Введение

В мировой флоре отмечено много растений, используемых человеком для своих нужд, но имеющих существенные пробелы в изучении их компонентного состава. К таким растениям, несомненно, относятся виды рода оносма (*Onosma* L.).

Оносма – один из самых больших родов семейства Boraginaceae, по последним данным включающий более 250 видов, распространенных, главным образом, в Западной и Центральной Азии, Северной Индии и Китае, в странах Средиземноморья, а также встречающиеся в Центральной и Восточной Европе [1]. Все виды предпочитают сухие, солнечные участки, обычно в расщелинах скал, плохо переносят увлажнение.

История использования видов рода *Onosma* берет свое начало в Индии и Иране, где эти растения были известны как хорошие медоносы, использовались в качестве продуктов питания в национальных кухнях [2] и служили кормом для крупного рогатого скота, овец, верблюдов, а корни применялись для окрашивания тканей в красный цвет [3]. В народной медицине Турции *O. armeniaca* Klokov, *O. microcarpa* Steven

* Автор, с которым следует вести переписку.

ex DC. и *O. sericea* Willd применяются для лечения ран и ожогов, при болях в животе и язве желудка [4, 5]. Корни *O. dichroantha* Boiss. в Иране используются как противовоспалительное и антисептическое средство для лечения ожогов и ран, а надземная часть *O. bracteata* Wall. – при ревматизме и проказе [6]. В традиционной медицине Китая *O. hookeri* C. B. Clarke и *O. paniculata* Bureau & Franch. наружно используют при лечении обморожения, язв и воспалений, а также как средство для остановки кровотечения из носа [6, 7]. Особый интерес вызывают данные о способности экстрактов различных видов *Onosma* оказывать цитотоксический эффект по отношению к ряду линий раковых клеток [8, 9]. В целом, растения рода *Onosma* оказывают противовоспалительное, противоопухолевое, антидиабетическое, антиоксидантное, противомикробное, противокашлевое и спазмолитическое действие [10, 11]. Несмотря на то, что виды рода *Onosma* широко используются в народной медицине разных стран, в официальной медицине они применяются пока только в составе многокомпонентных лекарственных препаратов и биологически активных добавок. Так, *O. bracteata* входит в состав препарата «Цистон» (пр-во Индия), снижающего раздражение слизистой оболочки мочевого пузыря и обладающим антисептическим эффектом, и сиропа «Линкас» (пр-во Пакистан), оказывающего противовоспалительное и противоаллергическое действие [12]. Ограниченное использование терапевтического потенциала растительного сырья *Onosma*, возможно, связано с недостаточной изученностью набора вторичных метаболитов видов данного рода.

К настоящему времени из более чем 250 видов *Onosma* в той или иной степени исследован компонентный состав около 25 видов [9, 13, 14]. Большинство научных публикаций о химическом составе *Onosma* посвящено изучению основных классов биологически активных веществ – нафтохинонам (более 33 соединений), флавоноидам (30 соединений) и алкалоидам (20 соединений) [9]. В меньшей степени изучены содержание и компоненты эфирных масел *Onosma*. Так, в доступной литературе описан состав эфирных масел *O. malatyana* Binzet [15], *O. isaurica* Boiss. & Heldr. *O. bulbotrichum* DC. [16], *O. sieheana* Hayek [17] и *O. microcarpum* DC. [18].

Onosma жесткая – *Onosma rigida* Ledeb. – многолетнее травянистое полукустарниковое многостебельное растение до 30 см высотой, сероватое от жесткого опушения (рис.). Прикорневая розетка листьев рано отмирающая, стеблевые листья многочисленные, линейно-лопатчатые, зелено-серые, вверх торчащие. Цветки трубчато-колокольчатые, ярко-желтые, до 2.4 см длиной, заметно превышают чашечку [19]. Встречается на каменистых и щебнистых склонах в среднем горном поясе на высоте 950–1600 м над ур. м. По мнению Т.Н. Поповой, ареал этого вида ограничивается Крымом, Молдавией и окрестностями г. Одесса, где *O. жесткая* встречается крайне редко, а для Кавказа и Турции под этим названием указывались виды *O. montana* Sibth. et Sm. и *O. aucheriana* DC. [20]. Обширные материалы, собранные в последние годы на территории Дагестана, показали, что *O. rigida* – самый распространенный среднегорный вид в аридных петрофитных сообществах республики [21].

Ранее из надземных частей *O. жесткой* были выделены флавоноиды гиперозид и 7-глюкозид лютеолина, а также розмариновая кислота, кроме того, в литературе есть данные о том, что метанольный экстракт надземной части *O. rigida* проявляет сильную антиоксидантную активность, что оправдывает использование данного растения при состояниях, сопровождающихся оксидативным стрессом [22]. В народной медицине Дагестана этот вид *Onosma* используется для лечения доброкачественных опухолей щитовидной железы и женских репродуктивных органов. Данные, касающиеся эфирного масла *O. жесткой*, в доступной литературе отсутствуют. Изучению компонентного состава эфирного масла *O. rigida* и посвящена предлагаемая публикация.



Onosma rigida Ledeb.

Материал и методы

Сбор растительного материала. Надземная часть (листья, стебли, цветки) собраны на каменистом склоне (42°35'04.2"S; 46°39'31.2"W, 1800 м н. у. м.) в окр. с. Обода Хунзахского района Республики Дагестан

в июне 2024 г. Контрольный образец депонирован под №00000040 в гербарии Дагестанского государственного университета, Махачкала, Дагестан (Россия) (LENUD).

Получение эфирного масла. Перед экстракцией надземную часть *O. rigida* высушивали на воздухе при комнатной температуре (+25 °С) в тени два месяца до воздушно-сухого состояния. Эфирное масло получали из высушенного сырья (150 г) методом гидродистилляции в течение 3 ч. Выход эфирного масла, который составил 0.06%, определяли в процентах от массы абсолютно-сухого сырья. Эфирное масло анализировали методом ГХ-МС (табл. 1).

Для деконволюции хроматографического сигнала использовано специальное приложение AMDIS (<http://www.amdis.net>). Содержание компонентов вычисляли нормализацией по площадям газохроматографических пиков без использования коэффициентов чувствительности. Аннотация компонентов эфирного масла проводилась на основе их индексов удерживания (совпадения в пределах 10 единиц) и их масс-спектров (сходство не ниже 850), которые сравнивались с литературными данными [23], NIST20, а также библиотеки лаборатории аналитической фитохимии Ботанического института РАН.

Обсуждение результатов

Эфирное масло, выделенное из надземной части *O. rigida*, представляло собой сложную смесь, содержащую 78 компонентов, 70 из которых было аннотировано до названия, 3 – до класса соединений (дитерпены), что составило 98.9% от общего содержания масла. Названия компонентов, их время выхода и процентное содержание, а также индексы удерживания приведены в таблице 2.

Все аннотированные компоненты эфирного масла *O. rigida* можно разделить на несколько групп. Первая часть – изопреноиды, представлены моно-, ди- и сесквитерпенами и их оксигенированными формами. Обнаруженные компоненты монотерпеновой фракции (терпинен-4-ол и α -терпинеолом, в концентрациях 0.7 и 0.1% соответственно) представляют собой широко распространенные продукты циклизации геранилпирофосфата в пара-ментановый скелет с последующим окислением. Более многочисленна фракция сесквитерпенов и их окисленных форм. Основные соединения – гермакрон (4.5%), (*E*)- β -элеменон (3.0%) и оксид карофиллена (2.9%). Дитерпены представлены четырьмя соединениями: фитолом (3.5%) и неидентифицированными компонентами Un2269, Un2307 и Un2352 (молекулярная масса 290, 286 и 288 соответственно). Отметим, что биохимически разнообразные, но небольшие по содержанию сесквитерпеноиды преобладают над моно- и дитерпенами.

Вторая группа – длинноцепочечные алифатические углеводороды и их окисленные соединения: альдегиды, спирты и кислоты. Алифатические углеводороды представлены у *O. rigida* линейкой алканов, начиная с C₁₂ и заканчивая C₃₁ без единого пропуска. Максимальным содержанием не только в этой группе, но и во всем эфирном масле, отличаются наонакозан (C₂₉) и гептакозан (C₂₇) (24.9 и 11.2% соответственно). Ряд альдегидов в эфирном масле представлен 9 компонентами, начиная с C₁₂ и заканчивая C₂₈, хотя и не в полном объеме. Не отмечены альдегиды с цепочкой углеродов C₁₃, C₁₅, C₁₇, C₁₉, C₂₀ и C₂₅. Содержание каждого из представленных в эфирном масле альдегидов составляет от 0.1 до 1.5%. Слабо представлена группа спиртов: зафиксированы только октадеканол и докозанол, из эфиров – метиловый эфир тетракозановой кислоты.

Фенилпропаноиды миристицин и апиол составляют третью часть эфирного масла *O. rigida*. Если содержание апиола составило около 2%, то концентрация миристицина – 5.4%.

Таблица 1. Условия газохроматографического анализа

Прибор	GC-MS Agilent 6850-5975
Газ-носитель	гелий, режим постоянства потока
Поток	1 мл/мин
Колонка	DB-5ms (Agilent, US), 30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм
Термостат колонок:	50 (2)–250 °С / 4 °С/мин
Испаритель	250 °С
Трансферлайн	250 °С
Детектор	Масс-селективный с ионизацией электронным ударом 70 ev.
Сбор данных	Анализатор – квадруполь 50–800 m/z, 2 скана/сек
Квантирование	MassHunter B.07.05.2479 (Agilent, US)
	TIC (полный ионный ток) UniChrom (Беларусь) (https://www.unichrom.com/dle.php), нормализация на 100% без учета коэффициентов чувствительности

Таблица 2. Компонентный состав эфирного масла надземной части *Onosma rigida* Ledeb. из Дагестана

Компоненты	Время выхода, мин	Индекс удерживания		Содержание, %
		собственные данные	литературные данные	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Терпинен-4-ол (terpinen-4-ol)	8.0	1174	1174	0.7
α -Терпинеол (α -terpineol)	8.3	1194	1194	0.1
Додекан (dodecane (nC12))	8.4	1200	1200	0.1
α -Терпинилацетат (α -terpinyl acetate)	11.7	1353	1350	1.8
α -Копаен (α -copaene)	12.4	1381	1380	0.1
Бурбонен (bourbonene)	12.6	1391	1387	0.3
β -Элемен (β -elemene)	12.7	1396	1389	0.3
Тетрадекан (tetradecan (nC14))	12.8	1400	1400	0.1
Додеканаль (dodecanal)	13.0	1412	1408	0.4
(<i>E</i>)-Кариофиллен ((<i>E</i>)-caryophyllene)	13.3	1426	1417	1.1
β -Копаен (β -copaene)	13.5	1435	1430	0.1
γ -Элемен (γ -elemene)	13.6	1438	1434	0.3
α -Гумулен (α -humulene)	14.0	1460	1452	0.7
(<i>E</i>)-9- <i>epi</i> - β -Кариофиллен ((<i>E</i>)-9- <i>epi</i> - β -caryophyllene)	14.2	1467	1464	0.9
γ -Мууролен (γ -muurolene)	14.5	1481	1478	0.1
Гермакрен D (germacrene D)	14.6	1487	1484	0.3
Пентадекан (pentadecane (nC15))	14.8	1500	1500	0.2
<i>cis</i> -Кадина-1,4-диен (<i>cis</i> -cadina-1,4-diene)	14.9	1505	1498	0.1
γ -Кадинен (γ -cadinene)	15.2	1520	1513	0.3
Миристицин (myristicin)	15.4	1528	1526	5.4
Спатуленол (spathulenol)	16.5	1586	1585	0.7
Кариофиллена оксид (caryophyllene oxide)	16.6	1592	1590	2.9
Гексадекан (hexadecane (nC16))	16.8	1600	1600	0.2
(<i>E</i>)- β -Элеменон ((<i>E</i>)- β -Elemenone)	17.0	1611	1606	3.0
Тетрадеканаль (tetradecanal)	17.1	1615	1614	0.7
Гумулена эпоксид II (humulene epoxide II)	17.1	1619	1619	0.8
1- <i>эпи</i> -Кубенол (1- <i>epi</i> -cubenol)	17.2	1623	1627	0.2
1,10-Ди- <i>эпи</i> -кубенол (1,10-di- <i>epi</i> -cubenol)	17.5	1624	1618	0.2
τ -Кадинол (τ -cadinol)	17.7	1649	1648	1.5
α -Кадинол (α -cadinol)	18.0	1664	1662	0.3
(<i>E</i>)-Тетрадек-2-еналь ((<i>E</i>)-tetradec-2-enal)	18.2	1675	1673	4.1
Апиол (apiol)	18.4	1689	1689	2.0
α -Бизаболол (α -bisabolol)	18.5	1692	1690	0.8
Un1696*	18.6	1696	–	0.3
Гептадекан (heptadecane (nC17))	18.7	1700	1700	0.1
Гермакрон (germacrone)	18.8	1706	1693	4.6
Октадекан (octadecane (nC18))	20.4	1800	1800	0.1
Октадеканаль (octadecanal)	20.8	1821	–	0.7
Un1834*	21.0	1834	–	0.1
Пентагидроксифарнезиллацетон (pentahydroxyfarnesylacetone)	21.3	1849	1844	1.9
Эпоксигермакрон (epoxygermacrone)	21.4	1855	–	0.9
Un1862*	21.5	1862	–	0.1
Un1866*	21.5	1866	–	0.2
(<i>E</i>)-2-Гексадеканаль ((<i>E</i>)-2-hexadecanal)	21.8	1881	–	1.5
Нонадекан (nonadecane (nC19))	22.1	1900	1900	0.1
Эйкозан (eicosane (nC20))	23.7	2000	2000	0.1
Абиетатриен (abietatriene)	24.8	2068	2068	0.5
Un2081*	25.0	2081	–	0.1
Октадеканол (octadecanol)	25.1	2086	2086	0.7
Генейкозан (heneicosane (nC21))	25.3	2100	2100	0.1
Фитол (phytol)	25.5	2116	2116	3.5
Докозан (docosane (nC22))	26.8	2200	2200	0.1
Un2269*	27.8	2269	–	0.2
Трикозан (tricosane (nC23))	28.2	2300	2300	0.4
Un2307*	28.4	2313	–	1.2

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Генейкозан (henicosanal)	28.6	2330	2329	0.2
Un2352*	28.9	2352	–	1.4
4,8,12,16-Тетраметилгептадекан-4-олид (4,8,12,16-tetramethylheptadecan-4-olide)	29.0	2359	2364	1.6
Тетракозан (tetracosane (nC24))	29.6	2400	2400	0.3
Докозаналь (docosanal)	30.0	2432	2434	0.5
Докозанол (n-docosanol)	30.8	2493	2494	1.5
Пентакозан (pentacosane (nC25))	30.9	2500	2500	4.0
Трикозаналь (tricosanal)	31.3	2533	2534	0.3
Гексакозан (hexacosane (nC26))	32.1	2600	2600	0.9
Тетракозаналь (tetracosanal)	32.6	2635	2632	0.4
Гептакозан (heptacosane (nC27))	33.4	2700	2700	11.2
Метилловый эфир тетракозановой кислоты (tetracosanoic acid methyl ester)	33.8	2732	2732	0.4
Октакозан (octacosane (nC28))	34.5	2800	2800	1.0
Сквален (squalene)	34.9	2832	2832	1.2
Гексакозаналь (hexacosanal)	35.0	2838	2833	0.1
Нонакозан (nonacosane (nC29))	35.8	2900	2900	24.9
Гексиловый эфир докозановой кислоты (docosanoic acid hexyl ester)	36.6	2984	–	0.2
Триаконтан (triacontane (nC30))	36.8	3000	3000	0.2
Октакозаналь (octacosanal)	37.3	3043	3039	0.2
Гентриаконтан (gentriacontane (nC31))	37.9	3100	3100	0.9

Символом * отмечены неидентифицированные компоненты.

Проведенные исследования показали отсутствие какой-либо специфичности терпенового состава эфирного масла *O. rigida*. Большинство обнаруженных нами изопреноидных компонентов встречаются у значительной части растений, из которых с помощью метода гидродистилляции удастся сконцентрировать терпеновую фракцию. Установлено, что в исследованных нами образцах основной легколетучей фракции являются не терпеновые соединения, а длинноцепочечные алифатические углеводороды. Можно предположить, что наблюдаемые в ограниченном количестве терпены являются следствием химических процессов общего назначения, и их можно отнести к так называемым компонентам фонового биогенеза, характерного для всех растительных тканей. Это может свидетельствовать об отсутствии у *O. rigida* каких бы то ни было специализированных анатомических терпеноидогенных структур, однако в литературе имеются данные, что у других видов рода *Onosma* помимо разнообразных кроющих волосков, щетинок и др., являющихся специфичными на уровне секций, подсекций и видов, в опушении присутствуют и железистые трихомы [24–26]. Таким образом, чтобы подтвердить (или опровергнуть) вышеизложенные выводы, требуются дополнительные исследования.

Аннотация миристицина и апиола в эфирном масле произведена впервые не только для *O. rigida*, но и для семейства Boraginaceae в целом. Чаще всего в литературе встречается информация о присутствии этих фенолпропаноидов у представителей Mugiaceae, Apiaceae, Piperaceae и Lamiaceae [27]. Наличие в эфирном масле *O. rigida* миристицина и апиола делает данный продукт привлекательным для дальнейших исследований, поскольку эти вещества востребованы в фармацевтической [28, 29], пищевой [30] и агрохимической [31] промышленности.

Согласно литературным данным, в эфирном масле, полученном из надземных частей видов рода *Onosma* (*O. microcarpa*, *O. isaurica*, *O. bulbotrichum*), напротив, преобладают монотерпены [16, 18]. У *O. microcarpum* доля монотерпенов в эфирном масле достигает 44.7%, из которых преобладают тимол (24.1%) и карвакрол (9.3%) [18]. В эфирном масле из надземной части *O. isaurica* и *O. bulbotrichum* также преобладают монотерпены, с гексагидроксифарнезиллацетоном в качестве основного компонента (20.3% и 11.6% соответственно) у обоих исследованных видов [16]. Известен компонентный состав эфирного масла корней *O. sieheana* Наук., где также преобладают монотерпены (более 40%) [17]. Таким образом, полученные нами данные по качественному и количественному составу терпеновых соединений не вполне совпадают с имеющимися литературными, если их вообще корректно сравнивать.

А вот наличие длинноцепочечных алифатических углеводов и их окисленных форм отмечают все исследователи, работавшие с эфирными маслами видов рода *Onosma*. Так, у *O. microcarpum* широко представлена группа соединений нетерпеновой природы (29 соединений, составляющих 38.1%), среди которых доминирует линейка простых углеводов [18]. У *O. isaurica* и *O. bulbotrichum* также отмечено присутствие линейки углеводов от додекана до наонакозана [16]. Известно, что в растительных тканях можно обнаружить два типа распределения алканов [32, 33]. У первого типа данные компоненты продуцируются в основном паренхимными тканями, что приводит к накоплению в сопоставимых количествах алканов с четным и нечетным количеством звеньев углеводородной цепи. У второго типа алканы продуцируются эпидермисом и накапливаются в основном вещества с нечетным количеством звеньев. Согласно полученным нами данным, *O. rigida* принадлежит к первому типу. Также известно, что длинноцепочечные нормальные углеводороды с четным числом атомов входят в состав восковой кутикулы, характерной для ксерофитных растений, являясь внешним защитным покрытием клеток эпидермиса, защищающих не только от потери воды, но и барьером для бактерий и грибов [34]. Так или иначе, на данный момент эфирные масла видов рода *Onosma* изучены слабо и делать какие-то выводы преждевременно. Однако основными тенденциями можно считать синтез и накопление в эфирных маслах нескольких групп соединений (терпеновой и нетерпеновой природы), в том числе линейки простых углеводов, что также подтверждается нашими исследованиями.

Выводы

Впервые получены данные о компонентном составе эфирного масла из надземной части *O. rigida*. В эфирном масле выявлено 78 компонентов, среди которых – большое количество *n*-алканов, с наонакозаном и гептакозаном в качестве основных компонентов. Миристицин и апиол, также зафиксированные в эфирном масле, обладают важными фармакологическими и иными ценными для практики свойствами. Из-за скудности литературных данных не представляется возможным дать исчерпывающую оценку сходству или различию состава эфирных масел видов рода *Onosma* с полученными нами данными, поэтому есть необходимость в дальнейших исследованиях.

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-ОКТР: 125020701739-5 [ПТНИ 10210719128888-8, дата регистр. 7.02.2025.]. Библиотека масс-спектров разработана по тематическому плану ресурсного центра Научного парка СПбГУ (проект № 125022803066-3).

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 предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Weigend M., Selvi F., Thomas D.C., Hilger H.H. *Boraginaceae* // The Families and Genera of vascular plants. Cham: Springer International Publishing, 2016. Vol. 14. Pp. 41–101.
2. Simsek I., Aytekin F., Yesilada E., Yildirimli S. An ethnobotanical survey of the Beypazari, Ayas, and Güdül district towns of Ankara province (Turkey) // Economic Botany. 2004. Vol. 58, no. 4. Pp. 705–720.
3. Королук Е.А. Красильные растения Алтая и сопредельных территорий // Химия растительного сырья. 2003. №1. С. 101–135.
4. Naz S., Khan R. A., Siddiqi R., Sayeed S.A. Antitussive activity directed isolation of compounds from *Onosma hispidum* // American J. Pharm. Toxicol. 2006. Vol. 1, no. 1. Pp. 1–4. <https://doi.org/10.3844/ajptsp.2006.1.4>.
5. Ozgen U., Coskun M., Kazaz C., Secen H. Naphthoquinones from the roots of *Onosma argentatum* Hub.-Mor. (*Boraginaceae*) // Turk. J. Chem. 2004. Vol. 28, no. 4. Pp. 451–454.
6. Roeder E., Wiedenfeld H. Pyrrolizidine alkaloids in medicinal plants of Mongolia, Nepal and Tibet // Pharmazie. 2009. Vol. 64, no. 11. Pp. 699–716.

7. Hu Y., Jiang Z., Leung K.S., Zhao Z. Simultaneous determination of naphthoquinone derivatives in boraginaceous herbs by high-performance liquid chromatography // *Anal. Chim. Acta*. 2006. Vol. 577, no. 1. Pp. 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.06.031>.
8. Kumar A., Attri S., Kaur S., Tuli H.S., Saini R.V., Saini A.K., Kaur S. *Onosma* L. as a source of anticancer agents: phytochemistry to mechanistic insight // *Exploration of Targeted Antitumor Therapy*. 2022. Vol. 3. Pp. 719–733. <https://doi.org/10.37349/etat.2022.00109>.
9. Jabbar A.A., Ibrahim I.A.A., Abdullah F.O., Aziz K.F., Alzahrani A.R., Abdulla M.A. Chemopreventive effects of *Onosma mutabilis* against azoxymethane-induced colon cancer in rats via amendment of Bax/Bcl-2 and NF- κ B signaling pathways // *Current Issues in Molecular Biology*. 2023. Vol. 45, no. 2. Pp. 885–902. <https://doi.org/10.3390/cimb45020057>.
10. Tosun A., Akkol E.K., Bahadır O., Yesilada E. Evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of some *Onosma* L. species growing in Turkey // *J. Ethnopharmacol.* 2008. Vol. 120, no. 3. Pp. 378–381. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.09.007>.
11. Saini S., Tuli H.S., Haque S., Sharma B., Kaur D. *Onosma*, an herbaceous medicinal genus: from morphology and extraction to pharmacological potential // *Minerva Biotechnology & Biomolecular Research*. 2025. Vol. 37, no. 2. <https://doi.org/10.23736/S2724-542X.25.03215-8>.
12. Дайронас Ж.В., Зилфикаров И.Н. Перспективы использования в медицине видов рода *Onosma* (*Boraginaceae*) // *Растительные ресурсы*. 2012. Т. 48, №2. С. 309–318.
13. Kumar N., Kumar R., Kishore K. *Onosma* L.: A review of phytochemistry and ethnopharmacology // *Pharmacogn Rev.* 2013. Vol. 7, no. 14. Pp. 140–151. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.120513>.
14. Rajapara A.M., Bhatt V.P., Shah M.B. Phytochemical and pharmacological investigation on *Onosma bracteatum* Wall. // *Asian J. Biol. Life Sci.* 2021. Vol. 10, no. 1. Pp. 141–149. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2021.10.21>.
15. Binzet G., Turunc E., Binzet R., Dogen A., Arslan H. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils and various extracts of endemic *Onosma malatyana* (*Boraginaceae*) from Anatolia // *Int. J. Environmental Health Res.* 2025. Vol. 35, no. 6. Pp. 1525–1540. <https://doi.org/10.1080/09603123.2024.2395437>.
16. Yildiz G., Köse Y.B., Kürkcüoğlu M. Essential oil composition of *Onosma isaurica* Boiss. & Heldr. and *Onosma bulbotrichum* DC. from Tokat, Turkey // *Nat. Volatiles & Essent. Oils*. 2020. Vol. 7, no. 1. Pp. 30–33. <https://doi.org/10.37929/nveo.684540>.
17. Binzet R., Binzet G., Gums I., Turunc E., Solmaz U., Keskin E., Dogen A., Arslan H. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil and various extracts of *Onosma sieheana* Hayek roots // *J. Ess. Oil Bearing Pl.* 2019. Vol. 22, no. 1. Pp. 94–104. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1600431>.
18. Morteza-Semnani K., Saeedi M., Akbarzadeh M., Moshiri K. The essential oil composition of *Onosma microcarpum* DC. // *Flavour Fragr. J.* 2006. Vol. 21. Pp. 314–316. <https://doi.org/10.1002/ffj.1597>.
19. Попов М.Г. Род 1190. Оносма – *Onosma* L. // *Флора СССР*. В 30 т. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. 19. С. 184–231.
20. Попова Т.Н. Оносмы (*Onosma* L.) секции *Onosma* Крыма и Кавказа, 1 // *Новости систематики высших растений*. 1978. Т. 15. С. 203–211.
21. Овчинникова С.В., Татанов И.В., Муртазалиев Р.А., Королюк А.Ю., Зибзеев Е.Г. Находки видов рода *Onosma* (*Boraginaceae*) на Кавказе, в Крыму и Турции // *Turczaninowia*. 2026. Т. 29. (в печати)
22. Kirkan B., Sarikurkcü C., Zengin G. Bioactive constituents, antioxidant effects and enzyme inhibitory properties of two *Onosma* species (*Onosma trapezuntica* and *O. rigidum*) // *South African J. Bot.* 2022. Vol. 145. Pp. 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.036>.
23. Adams R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured business media, Carol stream., 2007. 804 p.
24. Mehrabian A.R., Sheidai M., Mozaffarian V. Micromorphology of leaf trichomes in *Onosma* (*Boraginaceae*) and their systematic relevance in Iran // *Phytologia Balcanica*. 2014. Vol. 20, no. 1. Pp. 33–48.
25. Akcin O.E., Binzet R. Anatomy of three *Onosma* species from Turkey // *Bangladesh J. Bot.* 2019. Vol. 48, no. 2. Pp. 329–337. <https://doi.org/10.3329/bjb.v48i2.47677>.
26. Величко В.В., Круглов Д.С., Олешко Е.Д. Фармакогические исследования и диагностические признаки травы оносмы простейшей // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2024. №3. С. 115–126. <https://doi.org/10.31542-1174-2024-8-3-115-126>.
27. Semene E.F., dos Santos D.C., Silva E.M.R., Franco Y.E.M., Longato G.B. Pharmacological and therapeutic potential of myristicin: a literature review // *Molecules*. 2021. Vol. 26. 5914. <https://doi.org/10.3390/molecules26195914>.
28. Fratenale D., Genovese S., Ricci D. Essential oil composition and antimicrobial activity of aerial parts and ripe fruits of *Echinophora spinosa* (*Apiaceae*) from Italy // *Nat. Prod. Commun.* 2013. Vol. 8, no. 4. Pp. 527–530.
29. Alizadeh A., Abdollahzadeh H. Essential oil constituents and antimicrobial activity of *Pycnocycla bashagardiana* Mozaff. from Iran // *Nat. Prod. Res.* 2017. Vol. 31, no. 17. Pp. 2081–2084. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1274890>.
30. Das S., Singh V.K., Dwivedy A.K., Chaudhari A.K., Upadhyay, Singh A., Saha A.K., Chaudhury S.R., Prakash B., Dubey N.K. Assessment of chemically characterized *Myristica fragrans* essential oil against fungi contaminating stored scented rice and its mode of action as novel aflatoxin inhibitor // *Nat. Prod. Res.* 2020. Vol. 34, no. 11. Pp. 1611–1615. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.159826>.

31. Martínez L.C., Plata-Rueda A., Zanuncio J.C., Serrão J.E. Bioactivity of six plant extracts on adults of *Demotissa neivai* (Coleoptera: Chrysomelidae) // *J. Insect Sci.* 2015. Vol. 15. Pp. 1–5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev021>.
32. Herbin G.A., Robins P.A. Patterns of variations and development in leaf wax alkanes // *Phytochemistry*. 1969. Vol. 8. Pp. 1985–1998.
33. Carriere F., Chagvardieff P., Gil G., Pean M., Sigoillot J.C., Tapie P. Paraffinic hydrocarbons in heterotrophic, photo-mixotrophic and photoautotrophic cell suspensions of *Euphorbia characias* L. // *Plant Science*. 1990. Vol. 71, no. 1. Pp. 93–98. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(90\)90071](https://doi.org/10.1016/0168-9452(90)90071).
34. Медведев С.С. Физиология растений. СПб, 2004. 336 с.

Поступила в редакцию 16 сентября 2025 г.

После переработки 27 октября 2025 г.

Принята к публикации 20 марта 2026 г.

Petrova N.V.^{1*}, Shavarda A.L.^{1,2}, Medvedeva N.A.^{1,3}, Mukhumaeva M.M.⁴, Klichkhanov N.K.⁴ AMOUNTS OF *n*-ALKANES, PHENYLPROPANOIDS AND TERPENES IN THE COMPOSITION OF *ONOSMA RIGIDA* LEDEB. (BORAGINACEAE) ESSENTIAL OIL FROM DAGESTAN

¹ Komarov Botanical Institute RAS, st. prof. Popova, 2, St. Petersburg, 197022, Russia, NPetrova@binran.ru

² St. Petersburg State University, Universitetskaya emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russia,

³ Herzen State Pedagogical University of Russia, emb. Moika river, 48, St. Petersburg, 191186, Russia

⁴ Dagestan State University, st. Gadzhieva, 43a, Makhachkala, 367000, Russia

The chemical analysis of the above-ground part of *Onosma rigida* Ledeb. (Boraginaceae) collected in Dagestan and used in folk medicine to treat benign tumors was carried out. The analysis data showed that, along with secondary metabolites, the studied plants contain a pool of volatile compounds that can be easily concentrated using the hydrodiscilation method. As a result, essential oil was obtained from the above-ground part of *Onosma rigida*, the yield of which was 0.06%. Its composition was analyzed using gas chromatography with mass-selective detection. More than 70 components are annotated in it, most of which are long-chain aliphatic hydrocarbons and their oxidized derivatives: aldehydes, alcohols and acids. Unidentified components of the studied essential oil amounted to no more than 1.1%. Among the detected hydrocarbons, a full range of *n*-alkanes (from C₁₂ to C₃₁) was registered, of which nonacosane (24.9%) and heptacosane (11.2%) were the main components. The remaining components are represented by mono-, sesqui- and diterpene compounds, with a significant predominance of sesquiterpenes, both in quantitative and qualitative composition. The content of phenylpropanoids myristicin and apiol in the essential oil was 5.4 and 2.0%, respectively.

Keywords: *Onosma rigida*, essential oil, myristicin, apiol, long-chain aliphatic hydrocarbons.

For citing: Petrova N.V., Shavarda A.L., Medvedeva N.A., Mukhumaeva M.M., Klichkhanov N.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 236–244. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217874>.

References

1. Weigend M., Selvi F., Thomas D.C., Hilger H.H. *The Families and Genera of vascular plants*. Cham: Springer International Publishing, 2016, vol. 14, pp. 41–101.
2. Simsek I., Aytekin F., Yesilada E., Yildirimli S. *Economic Botany*, 2004, vol. 58, no. 4, pp. 705–720.
3. Korolyuk Ye.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2003, no. 1, pp. 101–135. (in Russ.).
4. Naz S., Khan R. A., Siddiqi R., Sayeed S.A. *American J. Pharm. Toxicol.*, 2006, vol. 1, no. 1, pp. 1–4. <https://doi.org/10.3844/ajptsp.2006.1.4>.
5. Ozgen U., Coskun M., Kazaz C., Secen H. *Turk. J. Chem.*, 2004, vol. 28, no. 4, pp. 451–454.
6. Roeder E., Wiedenfeld H. *Pharmazie*, 2009, vol. 64, no. 11, pp. 699–716.
7. Hu Y., Jiang Z., Leung K.S., Zhao Z. *Anal. Chim. Acta*, 2006, vol. 577, no. 1, pp. 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.06.031>.
8. Kumar A., Attri S., Kaur S., Tuli H.S., Saini R.V., Saini A.K., Kaur S. *Exploration of Targeted Antitumor Therapy*, 2022, vol. 3, pp. 719–733. <https://doi.org/10.37349/etat.2022.00109>.
9. Jabbar A.A., Ibrahim I.A.A., Abdullah F.O., Aziz K.F., Alzahrani A.R., Abdulla M.A. *Current Issues in Molecular Biology*, 2023, vol. 45, no. 2, pp. 885–902. <https://doi.org/10.3390/cimb45020057>.
10. Tosun A., Akkol E.K., Bahadir O., Yesilada E. *J. Ethnopharmacol.*, 2008, vol. 120, no. 3, pp. 378–381. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.09.007>.

* Corresponding author.

11. Saini S., Tuli H.S., Haque S., Sharma B., Kaur D. *Minerva Biotechnology & Biomolecular Research*, 2025, vol. 37, no. 2. <https://doi.org/10.23736/S2724-542X.25.03215-8>.
12. Dayronas Zh.V., Zilfikarov I.N. *Rastitel'nyye resursy*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 309–318. (in Russ.).
13. Kumar N., Kumar R., Kishore K. *Pharmacogn Rev.*, 2013, vol. 7, no. 14, pp. 140–151. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.120513>.
14. Rajapara A.M., Bhatt V.P., Shah M.B. *Asian J. Biol. Life Sci.*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 141–149. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2021.10.21>.
15. Binzet G., Turunc E., Binzet R., Dogen A., Arslan H. *Int. J. Environmental Health Res.*, 2025, vol. 35, no. 6, pp. 1525–1540. <https://doi.org/10.1080/09603123.2024.2395437>.
16. Yildiz G., Köse Y.B., Kürkcüoğlu M. *Nat. Volatiles & Essent. Oils*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 30–33. <https://doi.org/10.37929/nveo.684540>.
17. Binzet R., Binzet G., Gungs I., Turunc E., Solmaz U., Keskin E., Dogen A., Arslan H. *J. Ess. Oil Bearing Pl.*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 94–104. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1600431>.
18. Morteza-Semnani K., Saeedi M., Akbarzadeh M., Moshiri K. *Flavour Fragr. J.*, 2006, vol. 21, pp. 314–316. <https://doi.org/10.1002/ffj.1597>.
19. Popov M.G. *Flora SSSR. V 30 t.* [Flora of the USSR. In 30 volumes]. Moscow-Leningrad, 1953, vol. 19, pp. 184–231. (in Russ.).
20. Popova T.N. *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*, 1978, vol. 15, pp. 203–211. (in Russ.).
21. Ovchinnikova S.V., Tatanov I.V., Murtazaliyev R.A., Korolyuk A.Yu., Zibzeyev Ye.G. *Turczaninowia*, 2026, vol. 29. (in Print) (in Russ.).
22. Kirkan B., Sarikurkcu C., Zengin G. *South African J. Bot.*, 2022, vol. 145, pp. 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.036>.
23. Adams R.P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured business media, Carol stream., 2007, 804 p.
24. Mehrabian A.R., Sheidai M., Mozaffarian V. *Phytologia Balcanica*, 2014, vol. 20, no. 1, pp. 33–48.
25. Akcin O.E., Binzet R. *Bangladesh J. Bot.*, 2019, vol. 48, no. 2, pp. 329–337. <https://doi.org/10.3329/bjb.v48i2.47677>.
26. Velichko V.V., Kruglov D.S., Oleshko Ye.D. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 2024, no. 3, pp. 115–126. <https://doi.org/10.31542-1174-2024-8-3-115-126>. (in Russ.).
27. Semene E.F., dos Santos D.C., Silva E.M.R., Franco Y.E.M., Longato G.B. *Molecules*, 2021, vol. 26, 5914. <https://doi.org/10.3390/molecules26195914>.
28. Fratenale D., Genovese S., Ricci D. *Nat. Prod. Commun.*, 2013, vol. 8, no. 4, pp. 527–530.
29. Alizadeh A., Abdollahzadeh H. *Nat. Prod. Res.*, 2017, vol. 31, no. 17, pp. 2081–2084. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1274890>.
30. Das S., Singh V.K., Dwivedy A.K., Chaudhari A.K., Upadhyay, Singh A., Saha A.K., Chaudhury S.R., Prakash B., Dubey N.K. *Nat. Prod. Res.*, 2020, vol. 34, no. 11, pp. 1611–1615. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.159826>.
31. Martínez L.C., Plata-Rueda A., Zanoncio J.C., Serrão J.E. *J. Insect Sci.*, 2015, vol. 15, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev021>.
32. Herbin G.A., Robins P.A. *Phytochemistry*, 1969, vol. 8, pp. 1985–1998.
33. Carriere F., Chagvardieff P., Gil G., Pean M., Sigoillot J.C., Tapie P. *Plant Science*, 1990, vol. 71, no. 1, pp. 93–98. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(90\)90071](https://doi.org/10.1016/0168-9452(90)90071).
34. Medvedev S.S. *Fiziologiya rasteniy*. [Plant physiology]. St. Petersburg, 2004, 336 p. (in Russ.).

Received September 16, 2025

Revised October 27, 2025

Accepted March 20, 2026

Сведения об авторах

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

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

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

Мухумаева Муслимат Мухумаевна – магистрант, mukhumayeva.m@mail.ru

Кличханов Нисред Кадирович – доктор биологических наук, профессор, klich-khan@mail.ru

Information about authors

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

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

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

Mukhumayeva Muslimat Mukhumayevna – Master's student, mukhumayeva.m@mail.ru

Klichkhanov Nisred Kadirovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, klich-khan@mail.ru