

УДК 615.322:547.913+543.544.45

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ КОРНЕЙ *PEROVSKIA SCROPHULARIFOLIA**

© С.И. Аткияева¹, Х.М. Бобакулов^{1,2}, Б.С. Охундаев¹, Э.Х. Ботиров^{1**}, С.А. Сасмаков¹

¹ Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова
АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 77, Ташкент, 100170, Узбекистан,
botirov-nepi@mail.ru

² Национальный исследовательский университет Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, ул. Кары Ниёзий,
39, Ташкент, 100000, Узбекистан

Изучен компонентный состав эфирного масла (ЭМ), полученного методом гидродистилляции, а также гексанового экстракта корней растения *Perovskia scrophulariifolia* Bunge, собранного на территории Самаркандской области Республики Узбекистан. Методом ГХ-МС в составе ЭМ идентифицировали 43 соединения, что составляет 90.5% от общего количества ЭМ, тогда как в составе гексанового экстракта – 21 вещество, составляющее 73.6% от общего количества экстракта. В составе ЭМ преобладают окисленные сесквитерпены (40.5%) и сесквитерпены (31.4%), тогда как основными компонентами гексанового экстракта являются окисленные дитерпены (43.0%).

Доминирующими компонентами ЭМ являются аромадендрен (16.1%), кариофиллен (10.1%), валереналь (7.0%), спатуленол (5.6%), гидроксиэремофилон (5.6%), ледол (5.0%), аристо-1(10)-ен-9-ол эфир изовалериановой кислоты (4.6%), склареол (4.2%) и эремофилон (4.1%). Мажорными компонентами гексанового экстракта являются бис(2-этилгексил) эфир 1,4-бензолдикарбоновой кислоты (19.4%), ферругинол (12.9%), склареол (6.5%), 9,10-диметокси-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-этаноантрацен (6.1%) и 1β,4β-эпокси-6-гидрокси-α-гомо-5,7,9-эстратриен-17-он (5.6%).

Из различных фракций метанольного экстракта корней *P. scrophulariifolia* выделили пять индивидуальных фенольных соединений, которые на основании изучения спектров ¹H, ¹³C ЯМР, HSQC и HMBC идентифицированы с криптотаншином, розмариновой и кофейной кислотами, D-пинитолом и β-ситостерином.

Антибактериальное и противогрибковое действие розмариновой кислоты и гексанового экстракта корней исследовали *in vitro* методом диск-диффузии в агаре. Установлено, что *B. subtilis*, *S. aureus*, и *P. aeruginosa* являются чувствительными к действию исследованных образцов, причем наибольший антибактериальный эффект наблюдается у розмариновой кислоты в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*.

Ключевые слова: *Perovskia scrophulariifolia* Bunge, корни, эфирное масло, ГХ-МС анализ, криптотаншинон, кофейная и розмариновая кислоты, D-пинитол, антимикробная активность.

Для цитирования: Аткияева С.И., Бобакулов Х.М., Охундаев Б.С., Ботиров Э.Х., Сасмаков С.А. Химический состав и антимикробная активность компонентов корней *Perovskia scrophularifolia* // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 300–309. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216731>.

Введение

Род перовския (*Perovskia* Kar.) принадлежит к семейству яснотковых (Lamiaceae) и в нем всего 9 видов декоративных полукустарников, большинство из которых дико произрастают в горных районах в Юго-Западной и Центральной Азии, отсюда ареал этих растений тянется через Афганистан и Северный Иран до Пакистана и Северной Индии [1–3]. Иногда род рассматривается как подрод *Salvia* subg. *Perovskia* (Kar.) в составе рода *Salvia* [4, 5]. Представители рода – хорошие красильные и эфиромасличные растения, характеризующиеся высокой засухоустойчивостью и обладающие фитонцидными свойствами благодаря наличию в надземной массе эфирного масла (ЭМ). Они почти не поражаются вредителями и болезнями, так как ЭМ, выделяемые железками растения, обладают инсектицидными свойствами и отпугивает вредителей [2, 3].

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20260216731s

** Автор, с которым следует вести переписку.

Все части растений рассматриваемого рода, включая корни, являются сырьем для получения душистого ЭМ, в котором находят много ценных компонентов, с наиболее высоким содержанием в масле монотерпенов (более 70%) [2, 3, 6, 7]. Наиболее хорошо изучены как эфиромасличные растения *P. artemisioides*, *P. atriplicifolia*, *P. abrotanoides* и *P. scrophulariifolia* [2, 6–10]. Кроме ЭМ из растений данного рода выделены флавоноиды, катехолы, фенилпропаноиды, ароматические карбоновые кислоты, дитерпеноиды, динорстерпеноиды, стеролы, тритерпеноиды, а также их гликозиды [2, 3, 11–15]. Экстракты и индивидуальные соединения из растений данного рода обладают антиоксидантным, антибактериальным, противовирусным, противогрибковым, антипротозойным, цитотоксическим, спазмолитическим, инсектицидным, антихолинэстеразным действиями [2, 3, 6, 13–15].

В Узбекистане произрастают 4 вида растений рода *Perovskia*, из которых таксономически близкие друг к другу *P. angustifolia* и *P. scrophulariifolia* встречаются относительно часто и их фитоценозы занимают большие площади. *Perovskia scrophulariifolia* Bunge произрастает в Ташкентской, Самаркандской, Сурхандарьинской, Кашкадарьинской областях и Ферганской долине Республики Узбекистан, является медоносом, перганосом и красильным растением [1, 3, 4]. Отвар надземной части *P. scrophulariifolia* в народной медицине Узбекистана используется при чесотке у людей и животных, для лечения солнечных ожогов и кожных заболеваний. Мазь, приготовленная из спиртового экстракта, обладает бактерицидным и ранозаживляющим действием. В некоторых странах Азиатского региона *P. scrophulariifolia* используется для выведения кишечных паразитов из организма [3, 12, 14, 15].

Ранее был изучен компонентный состав эфирного масла (ЭМ) надземной части *P. Scrophulariifolia* [3, 8–10], из надземной части также были выделены абиетановые и нор-абиетановые дитерпеноиды, флавоноид диосметин, фенилпропаноиды, азотистые соединения, гликозиды эвгенола, бензилового спирта, салидрозид, C₂₈ терпеноиды и другие природные соединения [2, 3, 12, 14, 15]. Компоненты корней *P. scrophulariifolia* ранее не были изучены.

С целью поиска биологически активных соединений из местного растительного сырья мы изучали компонентный состав ЭМ, гексанового и метанольного экстрактов корней растения, произрастающего в Узбекистане.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Корни *P. scrophulariifolia* собраны в окрестностях селения Омонкутон Самаркандской области Республики Узбекистан в ноябре 2023 года [16]. Вид идентифицировал канд. биол. наук О.М. Нигматуллаев в лаборатории лекарственных и технических растений Института химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз (гербарный номер 2164).

Общие экспериментальные условия. Для колоночной хроматографии (КХ) применяли силикагель марки КСК (100/200 мкм, «Tianjin Sinomed Pharmaceutical», Китай). Для разделения отдельных элюатов использовали сефадекс марки LH-20 («GE Healthcare Bio-Sciences AB», Швеция). Для тонкослойной хроматографии использовали пластинки «Fluka» (Sigma-Aldrich, Германия). Пластинки просматривали в ультрафиолете в хроматографическом облучателе УФС-254/365 при 254 и 365 нм.

УФ-спектры снимали на спектрофотометрах EPS-3T «Hitachi», Specord UV-Vis и СФ-26 в этаноле. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C снимали на спектрометре JNM-ECZ600R (Jeol, Япония) при рабочей частоте 600 МГц и 150 МГц. Внутренний стандарт ТМС.

Температуры плавления выделенных соединений определяли на приборе Electrothermal «MEL-TEMP®» (Equipment, USA).

ГХ-МС анализ. Качественный и количественный состав ЭМ определяли на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975C Inert MSD/7890A GC. Разделяли компоненты смеси на кварцевой капиллярной колонке Agilent HP-INNOWax (30 м × 250 мкм × 0.25 мкм) в температурном режиме: 60 °С (2 мин) – 4 °С/мин до 220 °С (10 мин) – 1 °С/мин до 240 °С (10 мин). Объем вносимой пробы составлял 1.0 мкм, скорость потока подвижной фазы (H₂) – 1.1 мл/мин. EI-MS спектры получили в диапазоне *m/z* 10–550 а.е.м. Компоненты идентифицировали на основании сравнения характеристик масс-спектров с данными электронных библиотек (Wiley Registry of Mass Spectral Data-9th Ed. NIST Mass Spectral Library, 2017) и сравнения индексов удерживания (ИУ) соединений, определенного по отношению к времени удерживания смеси *n*-алканов (C₉–C₃₉), а также сравнения их масс-спектральной фрагментации с таковыми описанными в литературе [17, 18].

Выделение эфирного масла и подготовка гексанового экстракта корней. Выделение ЭМ из измельченных воздушно-сухих корней (300 г) осуществляли методом гидродистилляции при атмосферном давлении в течение 4 ч. Полученный дистиллят экстрагировали дихлорметаном, вытяжку ЭМ сушили безводным сульфатом натрия.

Измельченные корни (2.0 г) экстрагировали при комнатной температуре гексаном в течение 24 ч, экстракт отфильтровали, упаривали при комнатной температуре и передали для изучения методом ГХ-МС.

Выделение компонентов из корней. Измельченные воздушно-сухие корни растения (3.0 кг) шесть раз экстрагировали метанолом при комнатной температуре. Объединенный экстракт упаривали в вакууме, смешивали с силикагелем (350 г), высушивали при комнатной температуре, затем в сушильном шкафу при температуре 70 °С в течение 3 ч. Полученную смесь фракционировали на колонке, промывая последовательно бензином, дихлорметаном, этилацетатом и *n*-бутанолом. Отогнав растворители, получили 34.0 г бензиновой, 33.4 г дихлорметановой, 27.5 г этилацетатной и 153.0 г бутанольной фракции. Выпавшие при отгонке растворителя из бензиновой фракции кристаллы отфильтровали, перекристаллизовали из гексана. Получили 8.3 г криптотаншинона (1). Этилацетатную фракцию (27.5 г) хроматографировали на колонке с силикагелем (550 г), последовательно промывая хлороформом и градиентной смесью растворителей хлороформ-метанол. Полученную субфракцию (хлороформ – метанол, 9 : 1) в количестве 18.0 г подвергали гель-фильтрации на сефадексе LH-20 в метаноле. Из элюатов выделили 1.24 г β -стигмастерола (5), 0.43 г розмариновой кислоты (2) и 0.37 г кофейной кислоты (3). *n*-Бутанольную фракцию (153.0 г) хроматографировали на колонке с силикагелем (2500 г) в этилацетате и градиентной системе этилацетат-метанол. Из субфракции этилацетат-метанол (8 : 2) выделили 6.3 г пинитола (4).

Определение антибактериальной и противогрибковой активности. Для определения антибактериальной и противогрибковой активности ЭМ из корней *P. angustifolia* использовали модифицированный метод диск-диффузии в агаре [19]. В качестве тест-культур были использованы следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерии – *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательные бактерии – *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz-221) и грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz-247). Штаммы RKMUz были получены из коллекции Института микробиологии АН РУз. Ампициллин, цефтриаксон и флуконазол (Himedia Laboratories Pvt. Limited) были использованы как положительный контроль, а дихлорметан – как отрицательный.

Обсуждение результатов

Методом ГХ-МС в составе ЭМ идентифицировали 43 соединений, что составляет 90.5% от его общего количества, тогда как в составе гексанового экстракта 21 вещество, составляющее 73.6% от общего количества экстракта (табл. 1). В составе ЭМ обнаружено высокое содержание окисленных сесквитерпенов (40.5%) и сесквитерпенов (31.4%), тогда как в составе гексанового экстракта преобладают окисленные дитерпены (43.0%) и окисленные сесквитерпены (13.2%).

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла и гексанового экстракта корней *P. scrophulariifolia*

№	Химические компоненты	RI	ЭМ, %	ГЭ, %
1	2	3	4	5
1	Эвкалиптол	1166	0.4	–
2	3-Фуральдегид	1388	0.2	–
3	Камфора	1435	0.2	–
4	α -Гурджунен	1473	0.4	–
5	Борнилацетат	1504	0.6	–
6	β -Метил- γ -бутиро-лактон	1520	0.3	–
7	Кариофиллен	1532	10.1	0.8
8	Бензолацетальдегид	1548	0.6	–
9	Валерена-4,7(11)-диен	1562	0.5	–
10	Лонгифолен	1575	–	2.1
11	Аромандендрен	1578	16.1	–
12	<i>cis</i> -Оцименол	1594	0.1	–
13	α -Гумулен	1597	1.0	–
14	эндо-Борнеол	1611	1.5	–
15	α -Терпинеол	1622	0.3	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
16	γ-Гурджунен	1659	0.2	–
17	5,5,8α-Триметилдекалин-1-он	1749	0.5	–
18	Оксид кариофиллена	1882	3.1	–
19	Мегастигма-4,6(Z),8(E)-триен	1891	2.9	–
20	Ледол	1940	5.0	0.6
21	Виридифлорол	1989	1.1	–
22	Валеранон	2010	0.3	–
23	Спатуленол	2037	5.6	0.4
24	Изоледен	2054	0.4	–
25	Гвая-3,9-диен	2095	0.2	–
26	Валереналь	2100	7.0	–
27	Изоваленценол	2127	1.4	–
28	γ-Эвдесмол	2148	1.1	–
29	Аристо-1(10)-ен-9-ол эфир изовалериановой кислоты	2156	4.6	–
30	Эудесма-1,4(15),11-триен	2167	1.0	–
31	Изоваленцилформиат	2182	1.0	–
32	Леден-(II)-оксид	2189	0.8	–
33	[3S-(3α,4α,5α)]-1(2H)-Нафталенон, 3,4,4а,5,6,7-гекса- гидро-4а,5-диметил-3-(1-метилэтенил)	2226	–	0.4
34	Эремофилон	2219	4.1	–
35	7-Гидроксифарнезен	2290	1.2	–
36	γ-Гурджуненэпоксид-(2)	2303	1.9	–
37	8α-Гидрокси-эремофила-1(10),11-диен-9-он	2306	1.0	–
38	цис-Валеренил ацетат	2316	0.4	–
39	(4aR,5S)-1-Гидрокси-4а,5-диметил-3-(пропан-2-илиден)- 4,4а,5,6-тетрагидронафталин-2(3H)-он	2338	1.2	–
40	транс-Валеренилацетат	2343	0.6	–
41	Гидроксиэремофилон	2369	5.6	0.7
42	Дегидроабитан	2379	0.8	1.5
43	(E,E)-Гераниллиналоол	2543	0.3	–
44	Склареол	2609	4.2	6.5
45	Пальмитиновая кислота	2808	–	1.0
46	Изопимаринал	2908	–	0.9
47	Олеиновая кислота	3032	–	2.7
48	Бис(2-этилгексил)фталат	3062	–	1.2
49	Линолевая кислота	3072	–	2.4
50	Бис(2-этилгексил) эфир 1,4-бензолдикарбоновой кислоты	3207	–	19.4
51	13-Метил-подокарпа-8,11,13-триен-12-ол	3210	–	1.0
52	Ферругинол	3215	0.7	12.9
53	Сальвиканол	3227	–	3.0
54	14-Изопропилподокарпа-8,11,13-триен-7,13-диол	3233	–	2.5
55	9,10-Диметокси-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-этанокантрацен	3251	–	6.1
56	3-Гидроксиандроста-5,7,9(11)-триен-17-он	3253	–	1.9
57	1β,4β-Эпокси-6-гидрокси-α-гомо-5,7,9-эстратриен-17-он	3281	–	5.6
Монотерпены			0.4	–
Окисленные монотерпены			6.8	0.4
Сесквитерпены			31.4	2.9
Окисленные сесквитерпены			40.5	13.2
Дитерпены			1.1	2.4
Окисленные дитерпены			9.5	43.0
Другие			0.8	11.7
Всего идентифицировано			90.5	73.6

Доминирующими компонентами ЭМ являются аромандрен (16.1%), кариофиллен (10.1%), валереналь (7.0%), спатуленол (5.6%), гидроксиэремофилон (5.6%), ледол (5.0%), аристо-1(10)-ен-9-ол эфир изовалериановой кислоты (4.6%), склареол (4.2%) и эремофилон (4.1%). Мажорными компонентами гексанового экстракта являются бис(2-этилгексил) эфир 1,4-бензолдикарбоновой кислоты (19.4%), ферругинол (12.9%), склареол (6.5%), 9,10-диметокси-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-этанокантрацен (6.1%) и 1β,4β-эпокси-6-гидрокси-α-гомо-5,7,9-эстратриен-17-он (5.6%).

Химическое строение выделенных из метанольного экстракта соединений 1–5 установили изучением их спектральных данных УФ, ЯМР ^1H и ^{13}C , а также экспериментов HSQC и HMBC с последующим сопоставлением с таковыми литературных данных для этих соединений, а также непосредственным сравнением с подлинными образцами веществ 2–5.

Криптоганшинон (1). Игольчатые кристаллы красного цвета состава $\text{C}_{19}\text{H}_{20}\text{O}_3$ с т.пл. 190–191 °С. УФ-спектр вещества [λ_{max} , MeOH, nm): 263, 270, 293, 356, 449] характерен для норабигетаноидных дитерпенов, содержащих орто-хиноновые группы в кольце С [14]. ИК-спектр: 2957, 1684, 1651, 1621, 1557, 1461, 1401, 1334, 1194, 1141, 1166, 940, 841, 700 cm^{-1} . Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, CDCl_3 , δ , м.д. J/Гц): 1.31 (6H, с, 18- CH_3 , 19- CH_3), 1.36 (3H, д, $J=6.8$, 17- CH_3), 1.66 (2H, м, H-3), 1.79 (2H, м, H-2), 3.21 (2H, т, $J=6.5$, H-1), 3.60 (1H, дкд, $J=9.3, 6.8, 6.1$, H-15), 4.37 (1H, дд, $J=9.3, 6.1$, H-16a), 4.37 (1H, т, $J=9.3$, H-16b), 7.49 (1H, д, $J=8.2$, H-7), 7.64 (1H, д, $J=8.2$, H-6). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, CDCl_3 , δ , м.д.): 184.37 (C-11), 175.80 (C-12), 170.89 (C-14), 152.48 (C-10), 143.80 (C-5), 132.70 (C-6), 128.49 (C-8), 126.36 (C-9), 122.62 (C-7), 118.41 (C-13), 81.57 (C-16), 37.90 (C-3), 34.96 (C-15), 34.71 (C-4), 32.04 (C-19), 31.99 (C-18), 29.78 (C-1), 19.17 (C-2), 18.95 (C-17).

В результате изучения спектральных данных соединение 1 идентифицировали с криптоганшиноном [20, 21].

Розмариновая кислота (2). Светло-желтое аморфное вещество. УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, nm): 290, 330. Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6+\text{CCl}_4$, δ , м.д.): 125.30 (C-1), 114.38 (C-2), 145.43 (C-3), 148.39 (C-4), 115.54 (C-5), 121.25 (C-6), 145.63 (C-7), 113.16 (C-8), 165.57 (C-9), 127.08 (C-1'), 116.53 (C-2'), 144.74 (C-3'), 143.85 (C-4'), 115.19 (C-5'), 119.82 (C-6'), 36.22 (C-7'), 72.53 (C-8'), 170.59 (C-9'). Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6+\text{CCl}_4$, δ , м.д. J/Гц): 2.92 (1H, дд, $J=14.4, 8.3$, H-7'a), 2.99 (1H, дд, $J=14.4, 4.2$, H-7'b), 5.01 (1H, дд, $J=8.3, 4.2$, H-8'), 6.18 (1H, д, $J=15.8$, H-8), 6.50 (1H, дд, $J=8.2, 2.1$, H-6'), 6.62 (1H, д, $J=8.0$, H-5'), 6.67 (1H, д, $J=2.1$, H-2'), 6.73 (1H, д, $J=8.2$, H-5), 6.90 (1H, дд, $J=8.2, 2.1$, H-6), 7.01 (1H, д, $J=2.1$, H-2), 7.45 (1H, д, $J=15.8$, H-7) [22].

Кофейная кислота (3). Бесцветные кристаллы с т.пл. 221–223 °С. УФ-спектр (λ_{max} , MeOH, nm): 325, 299, 235. Спектр ЯМР ^1H (600 МГц, $\text{DMSO-d}_6+\text{CCl}_4$, δ , м.д. J/Гц): 6.09 (1H, д, $J=16.2$, H-8), 6.72 (1H, д, $J=8.2$, H-5), 6.84 (1H, дд, $J=8.2, 2.1$, H-6), 6.97 (1H, д, $J=2.1$, H-2), 7.38 (1H, д, $J=16.2$, H-7). Спектр ЯМР ^{13}C (150 МГц, $\text{DMSO-d}_6+\text{CCl}_4$, δ , м.д.): 125.74 (C-1), 114.21 (C-2), 145.39 (C-3), 147.88 (C-4), 115.51 (C-5), 120.75 (C-6), 144.35 (C-7), 115.03 (C-8), 167.76 (C-9) [22].

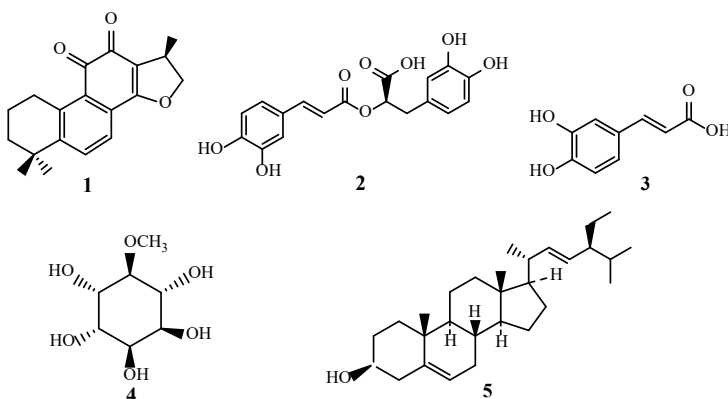
Пинитол (4). Белые блестящие кристаллы с т.пл. 190–192 °С. ^1H -ЯМР (600 МГц, $\text{D}_2\text{O}+\text{ацетон-d}_6$, м.д. J/Гц): 3.17 (1H, т, $J=9.7$, H-6), 3.48 (1H, т, $J=9.6$, H-5), 3.43 (3H, с, OCH_3), 3.59 (1H, дд, $J=9.9, 2.9$, H-4), 3.64 (1H, дд, $J=9.9, 2.8$, H-1), 3.84 (2H, м, H-2, H-3), 4.66 (уширенный сигнал, OH-группы); ^{13}C -ЯМР ($\text{D}_2\text{O}+\text{ацетон-d}_6$, δ , м.д.): 82.8 (C-6), 72.2 (C-5), 71.7 (C-2), 71.5 (C-3), 70.6 (C-4), 69.9 (C-1), 59.8 ($-\text{OCH}_3$). В спектре ^{13}C ЯМР присутствуют сигналы шести атомов углерода циклогексанового кольца, связанных с кислородной функцией, и сигнал углерода метоксильной группы. Детальный анализ данных ^1H и ^{13}C -ЯМР спектров, HMBC, а также сопоставление с литературными данными позволили нам идентифицировать соединение с D-пинитолом [(1S,2S,4S,5R)-6-метоксициклогексан-1,2,3,4,5-пентолом] [23].

β -Стигмастерол (5). Кристаллическое вещество с т. пл 159–161 °С. Спектральные данные соответствуют опубликованным параметрам [24].

Криптоганшинон обладает разнообразным спектром фармакологических свойств, включая противораковую, противовоспалительную, иммунорегуляторную, нейропротекторную и антифиброзную активность [25].

Для розмариновой кислоты характерна иммуномодулирующая, противовоспалительная, антимикробная, антиоксидантная, нейропротекторная и антидиабетическая активность [26]. Кофейная кислота используется для профилактики воспаления, рака, нейродегенеративных заболеваний и диабета [27].

D-пинитол обладает противодиабетическими и антиоксидантными свойствами. Его рекомендуют для лечения состояний, связанных с резистентностью к



инсулину, таких как сахарный диабет и его хронические осложнения, ожирение, гиперлипидемии и дислипидемии, атеросклероз, гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, сепсис, травмы, связанные с ожогами, а также другие аутоиммунные и эндокринные заболевания [28, 29].

Для исследования антибактериальных и противогрибковых свойств эфирного масла, розмариновой кислоты и гексанового экстракта корней *P. scrophulariifolia* использовали модифицированный метод диффузии на агаре с использованием в качестве тест-культур штаммы микроорганизмов: грамположительных бактерий – *Bacillus subtilis* (RKMUz-5), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923); грамотрицательных бактерий – *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), *Escherichia coli* (RKMUz-221) и грибковый штамм *Candida albicans* (RKMUz-247) [19].

Результаты тестов показали, что розмариновая кислота оказывает выраженное антибактериальное действие в отношении штаммов бактерий *B. subtilis* (18.04±0.10 мм), *S. aureus* (18.08±0.12 мм) и *P. aeruginosa* (12.04±0.10 мм). Антибактериальная активность гексанового экстракта *P. scrophulariifolia* в отношении штаммов бактерий *B. subtilis*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* составила соответственно 14.04±0.10 мм, 14.04±0.10 мм и 15.04±0.10 мм (табл. 2).

Таблица 2. Антибактериальная и противогрибковая активность образцов из корней растения *Perovskia scrophulariifolia*

Название образцов	Диаметр зоны ингибирования (мм, ± SD, P≤0.05)				
	Грамположительные бактерии		Грамотрицательные бактерии		Грибы
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Candida albicans</i>
Гексановый экстракт	14.04±0.10	14.04±0.10	Na	15.04±0.10	Na
Криптотаншинон	12.04±0.10	15.04±0.10	Na	14.04±0.10	Na
Розмариновая кислота	18.04±0.10	18.08± 0.12	Na	12.04±0.10	Na
Ампициллин/Сульбактам (10 мкг+10 мкг диск)	27.04±0.10	26.04± 0.10	Nt	Nt	Nt
Гентамицин (10 мкг/диск)	Nt	Nt	24.04±0.10	25.08 ± 0.12	Nt
Флуконазол (25 мкг/диск)	Nt	Nt	Nt	Nt	34.04±0.10

*Na – не активен, Nt – не тестирован.

Выводы

Методом ГХ-МС изучен компонентный состав ЭМ, гексанового и метанольного экстрактов корней растения *P. scrophulariifolia* произрастающего на территории Республики Узбекистан. В составе ЭМ преобладают окисленные сесквитерпены и сесквитерпены, тогда как доминирующими компонентами в составе гексанового экстракта оказались окисленные дитерпены. Из метанольного экстракта корней *P. scrophulariifolia* выделены пять индивидуальных соединений, которые на основании изучения спектральных параметров и сравнением с подлинными образцами идентифицированы с криптотаншиноном, розмариновой и кофейной кислотами, D-пинитолом и β-стигмастеролом.

Антибактериальное и противогрибковое действие эфирного масла, розмариновой кислоты и гексанового экстракта корней исследовали *in vitro* методом диск-диффузии в агаре. Установлено, что *B. subtilis*, *S. aureus*, и *P. aeruginosa* являются чувствительными к действию исследованных образцов, причем наибольший антибактериальный эффект наблюдается у розмариновой кислоты в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*.

Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260216731s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований Академии наук Республики Узбекистан. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

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. Ковалевская С.С. Род *Perovskia* // Определитель растений Средней Азии. Ташкент, 1987. Т. 9. С. 151–155.
2. Mohammadhosseini M., Venditti A., Akbarzadeh A. The genus *Perovskia* Kar.: ethnobotany, chemotaxonomy and phytochemistry: a review // *Toxin Reviews*. 2021. Vol. 40 (4). Pp. 484–505. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>.
3. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Hippuridaceae-Lobeliaceae*. СПб, 1991. С. 63–65.
4. Турдибоев О.А., Тургинов О.Т. Таксономический состав рода *Salvia* L. во флоре Узбекистана // *Узбекский биологический журнал*. 2021. №1. С. 34–38.
5. Turdiboev O.A., Shormanova A.A., Sheludyakova M.B., Akbarov F., Drew B.T., Celep F. Synopsis of the Central Asian *Salvia* species with identification key // *Phytotaxa*. 2022. Vol. 543, no. 1. Pp. 1–20. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.
6. Ghoran S.H., Azadi B., Hussain H. Chemical composition and antimicrobial activities of *Perovskia artemisioides* Boiss. essential oil // *Nat. Prod. Res.* 2016. Vol. 30 (17). Pp. 1997–2001. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1101694>.
7. Kakhky A.M., Rustaiyan A., Masoudi Sh., Tabatabaei-Anaraki M., Salehi H. Composition of the Essential oil of *Perovskia abrotanoides* Karel. and *Mentha longifolia* L. from Iran // *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 2009. Vol. 12 (2). Pp. 205–212. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643712>.
8. Abduganiev B.E., Abdullaev U.A., Plugar V.N. Qualitative and quantitative compositions of the essential oil of *Perovskia scrophulariifolia* // *Chem. Nat. Compd.* 1995. Vol. 31. Pp. 475–477. <https://doi.org/10.1007/BF01177415>.
9. Nuriddinov Kh.R., Khodzimatov K.Kh., Aripov Kh.N., Ozek T., Demirchakmak B., Basher K.H.C. Essential oil of *Perovskia scrophulariifolia* // *Chem. Nat. Compd.* 1997. Vol. 33. Pp. 299–300. <https://doi.org/10.1007/BF02234879>.
10. Джумаев Х.К., Зенкевич И.Г., Чоршанбиев Ш.Х., Асланова Х.Г. Состав эфирного масла *Perovskia scrophulariifolia* // *The Way of Science*. 2019. Vol. 2 (12). Pp. 8–10.
11. Perveen S., Malik A., Noor A.T., Tareen R.B. Pervosides A and B, new isoferulyl glucosides from *Perovskia atriplicifolia* // *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2008. Vol. 10 (11-12). Pp. 1105–1108. <https://doi.org/10.1080/10286020802361214>.
12. Takeda Y., Hayashi T., Masuda T., Honda G., Takaishi Y., Ito M., Otsuka H., Matsunami K., Khodzimatov O.K., Ashurmetov O.A. Chemical constituents of an Uzbek medicinal plant, *Perovskia scrophularifolia* // *J. Nat. Med.* 2021. Vol. 61. Pp. 84–85. <https://doi.org/10.1007/s11418-006-0023-9>.
13. Farmani M.M., Danton O., Ramseyer J., Kaiser M., Ebrahimi S.N., Salehi P., Batooli H., Potterat O., Hamburger M. Antiprotozoal diterpenes from *Perovskia abrotanoides* // *Planta Med.* 2018. Vol. 84 (12-13). Pp. 913–919. <https://doi.org/10.1055/a-0608-4946>.
14. Tanaka N., Niwa K., Kajihara S., Tsuji D., Itoh K., Mamadaliyeva N.Z., Kashiwada Y. C28 Terpenoids from Lamiaceous Plant *Perovskia scrophulariifolia*: Their Structures and Anti-neuroinflammatory Activity // *Organic Letters*. 2020. Vol. 22(19). Pp. 7667–7670. <https://doi.org/10.1021/acs.orglett.0c02855>.
15. Tanaka N., Takahashi S., Kajihara S., Tsuji D., Itoh K., Mamadaliyeva N.Z., Kashiwada Y. Diterpenes from an Uzbek medicinal plant *Perovskia scrophulariifolia*: Their structures and anti-neuroinflammatory activity // *Fitoterapia*. 2021. Vol. 149. Article 104826. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.104826>.
16. Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Кодиров У.Х., Батошов А.Р., Мирзалиева Д.У. Кадастр флоры Узбекистана: Самаркандская область. Ташкент, 2018. 177 с.
17. Adams R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, ed. 4.1. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2017. 804 p.
18. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils // *Phus. Chem. Ref. Data*. 2011. Vol. 40 (4). Article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
19. Sasmakov S.A., Gazizov F.Yu., Putieva Zh.M., Wende K., Alresly Z., Lindequist U. Neutral lipids, phospholipids, and biological activity of extracts from *Zygophyllum oxianum* // *Chem. Nat. Compd.* 2012. Vol. 48. Pp. 11–15. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0148-x>.
20. Tezuka Y., Kasimu R., Basnet P., Nanba T., Kadota Sh. Alodose reductase inhibitory constituents of the root of *Salvia miltiorhiza* Bunge. // *Chem. Pharm. Bulletin*. 1997. Vol. 45 (8). Pp. 1306–1311. <https://doi.org/10.1248/cpb.45.1306>.
21. Zhang L., Wang J.-K., Qu Y. 1,6,6-Trimethyl-1,2,6,7,8,9-hexahydrophenanthro[1,2-b] furan-10,11-dione // *Acta Crystallographica Section E: Foundations and Advances*. 2005. Vol. E61. Pp. 3127–3128. <https://doi.org/10.1107/S1600536805027303>.
22. Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdullaev N.D. Phenolic compounds from the aerial part of *Perovskia angustifolia*. // *Chem. Nat. Compd.* 2023. Vol. 59. Pp. 170–172. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-03945-5>.

23. Usmanova G.A., Botirov E.Kh. Glucoside of taxifolin and (+)-pinitol from *Pinus sylvestris* // Chem. Nat. Compd. 2013. Vol. 49. Pp. 345–346. <https://doi.org/10.1007/s10600-013-0600-6>.
24. Muradov M.T., Khurramov A.R., Karimov A.M., Mutalliev L.Z., Tozhiboev A.G., Turgunov K.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. Iridoids and phytoestrogens from *Phlomis kaufmanniana* // Chem. Nat. Compd. 2023. Vol. 59. Pp. 391–393. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04003-w>.
25. Li H., Gao Ch., Liu C., Liu L., Zhuang J., Yang J., Zhou Ch., Feng F., Sun Ch., Wu J. A review of the biological activity and pharmacology of cryptotanshinone, an important active constituent in Danshen // Biomed. Pharmacother. 2021. Vol. 137. Article 111332. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111332>.
26. Alagawany M., Abd El-Hack, Farag M.R., Gopi M., Karthik K., Malik Y.S., Dhama K. Rosmarinic acid: modes of action, medicinal values and health benefits // Animal Health Research Reviews. 2017. Vol. 18 (02). Pp. 167–176. <https://doi.org/10.1017/s1466252317000081>.
27. Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., Birkova A. Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism, and Bioactivity // Bioactive Compounds in Health and Disease. 2020. Vol. 3 (4). Pp. 74–81. <https://doi.org/10.31989/bchd.v3i4.692>.
28. Misra L.N., Siddiqi S.A. Dhaincha (*Sesbaniabi spinosa*) leaves: A good source for antidiabetic (+)-pinitol // Current Science. 2008. Vol. 87 (11). 1507.
29. Patent 5550166 (US). Pinitol and derivatives thereof for treatment of metabolic disorders / R.E. Ostlund, W.R. Sherman. – 1998.

Поступила в редакцию 5 января 2025 г.

После переработки 6 февраля 2025 г.

Принята к публикации 20 мая 2026 г.

Atkiyeva S.I.¹, Bobakulov Kh.M.^{1,2}, Okundedaev B.S.¹, Botirov E.Kh.^{1*}, Sasmakov S.A.¹ CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE COMPONENTS OF THE ROOTS OF *PEROVSKIA SCROPHULARIIFOLIA*

¹ Institute of Plant Chemistry named after academician S. Yu. Yunusov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, st. Mirzo Ulugbeka, 77, Tashkent, 100170, Uzbekistan, botirov-nepi@mail.ru

² National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", st. Kary Niyoziy, 39, Tashkent, 100000, Uzbekistan

The component composition of essential oil (EO) obtained by hydrodistillation, as well as hexane extract of the roots of the plant *Perovskia scrophulariifolia* Bunge, collected in the Samarkand region of the Republic of Uzbekistan, was studied. Using GC-MS, 43 compounds were identified in the EO, which is 90.5% of the total amount of EO, while in the hexane extract – 21 substances, which make up 73.6% of the total amount of the extract. Oxidized sesquiterpenes (40.5%) and sesquiterpenes (31.4%) predominate in the EO, while the main components of the hexane extract are oxidized diterpenes (43.0%). The dominant components of the EO are aromadendrene (16.1%), caryophyllene (10.1%), valerenal (7.0%), spathulenol (5.6%), hydroxyeremophilone (5.6%), ledol (5.0%), aristo-1(10)-en-9-ol isovaleric acid ester (4.6%), sclareol (4.2%) and eremophilone (4.1%). The major components of the hexane extract are bis(2-ethylhexyl) ester of 1,4-benzenedicarboxylic acid (19.4%), ferruginol (12.9%), sclareol (6.5%), 9,10-dimethoxy-1,2,3,4-tetrahydro-1,4-ethanoanthracene (6.1%) and 1 β ,4 β -epoxy-6-hydroxy- α -homo-5,7,9-estratrien-17-one (5.6%). Five individual phenolic compounds were isolated from various fractions of the methanol extract of *P. scrophulariifolia* roots and identified with cryptotanshinone, rosmarinic and caffeic acids, D-pinitol and β -sitosterol based on ¹H, ¹³C NMR, HSQC and HMBC spectra. The antibacterial and antifungal activity of rosmarinic acid and hexane extract of roots was studied in vitro using the disk diffusion method in agar. It was found that *B. subtilis*, *S. aureus* and *P. aeruginosa* are sensitive to the studied samples, with the greatest antibacterial effect observed for rosmarinic acid against the gram-positive bacterium *S. aureus*.

Keywords: *Perovskia scrophulariifolia* Bunge, roots, essential oil, GC-MS analysis, cryptotanshinone, caffeic and rosmarinic acids, D-pinitol, antimicrobial activity.

For citing: Atkiyeva S.I., Bobakulov Kh.M., Okundedaev B.S., Botirov E.Kh., Sasmakov S.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 300–309. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcpr.20260216731>.

* Corresponding author.

References

1. Kovalevskaya S.S. *Opredelitel' rasteniy Sredney Azii*. [Identifier of plants of Central Asia]. Tashkent, 1987, vol. 9, pp. 151–155. (in Russ.).
2. Mohammadhosseini M., Venditti A., Akbarzadeh A. *Toxin Reviews*, 2021, vol. 40 (4), pp. 484–505. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>.
3. *Rastitel'nyye resursy SSSR. Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye. Semeystva Hippuridaceae-Lobeliaceae*. [Plant Resources of the USSR. Flowering Plants, Their Chemical Composition, and Uses. Families Hippuridaceae-Lobeliaceae]. St. Petersburg, 1991, pp. 63–65. (in Russ.).
4. Turdiboyev O.A., Turgunov O.T. *Uzbekskiy biologicheskiy zhurnal*, 2021, no. 1, pp. 34–38. (in Russ.).
5. Turdiboev O.A., Shormanova A.A., Sheludyakova M.B., Akbarov F., Drew B.T., Celep F. *Phytotaxa*, 2022, vol. 543, no. 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.543.1.1>.
6. Ghoran S.H., Azadi B., Hussain H. *Nat. Prod. Res.*, 2016, vol. 30 (17), pp. 1997–2001. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1101694>.
7. Kakhky A.M., Rustaiyan A., Masoudi Sh., Tabatabaei-Anaraki M., Salehi H. *J. Essent. Oil Bear. Pl.*, 2009, vol. 12 (2), pp. 205–212. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643712>.
8. Abduganiev B.E., Abdullaev U.A., Plugar V.N. *Chem. Nat. Compd.*, 1995, vol. 31, pp. 475–477. <https://doi.org/10.1007/BF01177415>.
9. Nuriddinov Kh.R., Khodzimatov K.Kh., Aripov Kh.N., Ozek T., Demirchakmak B., Basher K.H.C. *Chem. Nat. Compd.*, 1997, vol. 33, pp. 299–300. <https://doi.org/10.1007/BF02234879>.
10. Dzhumayev Kh.K., Zenkevich I.G., Chorshanbiyev Sh.Kh., Aslanova Kh.G. *The Way of Science*, 2019, vol. 2 (12), pp. 8–10. (in Russ.).
11. Perveen S., Malik A., Noor A.T., Tareen R.B. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2008, vol. 10 (11-12), pp. 1105–1108. <https://doi.org/10.1080/10286020802361214>.
12. Takeda Y., Hayashi T., Masuda T., Honda G., Takaishi Y., Ito M., Otsuka H., Matsunami K., Khodzimatov O.K., Ashurmetov O.A. *J. Nat. Med.*, 2021, vol. 61, pp. 84–85. <https://doi.org/10.1007/s11418-006-0023-9>.
13. Farmani M.M., Danton O., Ramseyer J., Kaiser M., Ebrahimi S.N., Salehi P., Batooli H., Potterat O., Hamburger M. *Planta Med.*, 2018, vol. 84 (12-13), pp. 913–919. <https://doi.org/10.1055/a-0608-4946>.
14. Tanaka N., Niwa K., Kajihara S., Tsuji D., Itoh K., Mamadalieva N.Z., Kashiwada Y. *Organic Letters*, 2020, vol. 22(19), pp. 7667–7670. <https://doi.org/10.1021/acs.orglett.0c02855>.
15. Tanaka N., Takahashi S., Kajihara S., Tsuji D., Itoh K., Mamadalieva N.Z., Kashiwada Y. *Fitoterapia*, 2021, vol. 149, article 104826. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.104826>.
16. Tozhibayev K.Sh., Beshko N.Yu., Kodirov U.Kh., Batoshov A.R., Mirzaliyeva D.U. *Kadastr flory Uzbekistana: Samarqandskaya oblast'*. [Cadastre of the flora of Uzbekistan: Samarkand region]. Tashkent, 2018, 177 p. (in Russ.).
17. Adams R.P. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, ed. 4.1*. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois, 2017, 804 p.
18. Babushok V.I., Linstrom P.J., Zenkevich I.G.J. *Phus. Chem. Ref. Data*, 2011, vol. 40 (4), article 043101. <https://doi.org/10.1063/1.3653552>.
19. Sasmakov S.A., Gazizov F.Yu., Putieva Zh.M., Wende K., Alresly Z., Lindequist U. *Chem. Nat. Compd.*, 2012, vol. 48, pp. 11–15. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0148-x>.
20. Tezuka Y., Kasimu R., Basnet P., Nanba T., Kadota Sh. *Chem. Pharm. Bulletin*, 1997, vol. 45 (8), pp. 1306–1311. <https://doi.org/10.1248/cpb.45.1306>.
21. Zhang L., Wang J.-K., Qu Y. *Acta Crystallographica Section E: Foundations and Advances*, 2005, vol. E61, pp. 3127–3128. <https://doi.org/10.1107/S1600536805027303>.
22. Askarova O.K., Ganiev A.A., Bobakulov Kh.M., Siddikov D.R., Botirov E.Kh., Abdullaev N.D. *Chem. Nat. Compd.*, 2023, vol. 59, pp. 170–172. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-03945-5>.
23. Usmanova G.A., Botirov E.Kh. *Chem. Nat. Compd.*, 2013, vol. 49, pp. 345–346. <https://doi.org/10.1007/s10600-013-0600-6>.
24. Muradov M.T., Khurramov A.R., Karimov A.M., Mutalliev L.Z., Tozhiboev A.G., Turgunov K.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. *Chem. Nat. Compd.*, 2023, vol. 59, pp. 391–393. <https://doi.org/10.1007/s10600-023-04003-w>.
25. Li H., Gao Ch., Liu C., Liu L., Zhuang J., Yang J., Zhou Ch., Feng F., Sun Ch., Wu J. *Biomed. Pharmacother.*, 2021, vol. 137, article 111332. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111332>.
26. Alagawany M., Abd El-Hack, Farag M.R., Gopi M., Karthik K., Malik Y.S., Dhama K. *Animal Health Research Reviews*, 2017, vol. 18 (02), pp. 167–176. <https://doi.org/10.1017/s1466252317000081>.
27. Cizmarova B., Hubkova B., Bolerazska B., Marekova M., Birkova A. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 2020, vol. 3 (4), pp. 74–81. <https://doi.org/10.31989/bchd.v3i4.692>.
28. Misra L.N., Siddiqi S.A. *Current Science*, 2008, vol. 87 (11), 1507.
29. Patent 5550166 (US). 1998.

Received January 5, 2025

Revised February 6, 2025

Accepted May 20, 2026

Сведения об авторах

Аткьяева Санбархон Исмоилхон кизи – базовый докторант, atqiyayevasanobarxon1992@gmail.com

Бобакулов Хайрулла Мамадиевич – кандидат химических наук, заведующий лабораторией физических методов исследований, khayrulla@rambler.ru

Охундедаев Боходир Сотволдиевич – доктор философии (PhD) по химическим наукам, старший научный сотрудник лаборатории химии терпеноидов и фенольных соединений, boxundedayev@mail.ru

Ботилов Эркин Хожжақбарович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии терпеноидов и фенольных соединений, botirov-nepi@mail.ru

Сасмаков Собирджан Анарматович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, sasmakov@web.de

Information about authors

Atkiyaeva Sanbarkhon Ismoilkhon kizi – Basic Doctoral Student, atqiyayevasanobarxon1992@gmail.com

Bobakulov Khayrulla Mamadiyevich – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Physical Research Methods, khayrulla@rambler.ru

Okhundedayev Bokhodir Sotvoldiyevich – PhD in Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, boxundedayev@mail.ru

Botirov Erkin Khozhaykbarovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, botirov-nepi@mail.ru

Sasmakov Sobirzhan Anarmatovich – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, sasmakov@web.de