

УДК 582.949.2:577.13

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *ZIZIPHORA PAMIROALAICA* LAM. (LAMIACEAE), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ

© А. Акобишоева¹, Д.Н. Оленников^{2*}

¹ Памирский биологический институт им. Х. Юсуфбекова АН РТ,
ул. Холдорова, 1, Хорог, 736002 (Таджикистан).

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия), e-mail: olennikovdn@mail.ru

Ziziphora pamiroalaica Lam. (Lamiaceae) – лекарственное растение, применяемое в Таджикистане для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта. В ходе настоящего исследования впервые изучен состав эфирного масла травы *Z. pamiroalaica*, произрастающей в Горно-Бадахшанском автономном округе. Методом газовой хроматографии / масс-спектрометрии было идентифицировано 34 соединения, в том числе монотерпены, алифатические спирты, простые фенолы и сесквитерпены. Доминирующими компонентами эфирного масла были пулегон (52,7–60,4%), тимол (7,5–11,1%), изоментон (7,1–10,6%) и ментон (3,9–6,3%). Известные сведения о составе эфирного масла *Z. pamiroalaica* китайского происхождения указывали на меньшее содержание пулегона в последнем (45,9%), а также большую концентрацию изоментона и неоментола. Установлено, что высота произрастания растения влияла на количественное соотношение отдельных компонентов в эфирном масле, особенно моно- и сесквитерпенов. С применением метода главных компонент осуществлено сравнительное исследование сведений о химическом составе эфирных масел десяти видов рода *Ziziphora*. В результате было выявлено, что химический состав эфирного масла *Z. pamiroalaica* близок к таковому *Z. clinopodioides*, хотя отличался от него меньшим содержанием пулегона.

Ключевые слова: *Ziziphora pamiroalaica* Lam., Lamiaceae, эфирное масло, пулегон, ГХ/МС, метод главных компонент.

Работа выполнена при поддержке проекта СО РАН № VI.62.1.8.

Введение

Ziziphora L. – род цветковых растений семейства Lamiaceae, распространенный в северном полушарии и включающий около 20 видов. Интерес к изучению химических компонентов данного рода вызван наличием эфирного масла с высоким содержанием монотерпеновых соединений, в частности пулегона, обуславливающего биологическую активность растительного сырья [1]. Наиболее исследованным видом является *Ziziphora clinopodioides* Lam. благодаря широкому применению в качестве лекарственного и декоративного растения. Сведения о химическом составе эфирного масла данного вида, несмотря на свою вариабельность, свидетельствуют о том, что биосинтез летучих компонентов сдвинут в сторону пулегона, реже изопулегона, изоментона, лимонена, 1,8-цинеола и некоторых других [2–18]. Степень изученности других видов *Ziziphora* значительно ниже; известны данные о составе эфирных масел *Z. capitata* L. [8, 19], *Z. clinopodioides* subsp. *bungeana*

(Juz.) Rech.f. [20], *Z. clinopodioides* subsp. *rigida* (Boiss.) Rech. f. [21, 22], *Z. hispanica* L. [23], *Z. pedicellata* Pazij & Vved. [24, 25], *Z. persica* Bunge [4, 13, 25, 26], *Z. taurica* subsp. *cleonioides* (Boiss.) P.H. Davis [27], *Z. tenuior* L. [13, 28–34] и *Z. vichodceviana* Tkatsch. ex Tulyag. [25].

Акобишоева Анзурат – кандидат биологических наук,
научный сотрудник, e-mail: anzurat2003@mail.ru

Оленников Даниил Николаевич – доктор
фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории медико-биологических исследований,
e-mail: olennikovdn@mail.ru

Среди всех видов рода *Ziziphora* *Z. pamiroalaica* занимает сравнительно узкий ареал, ограниченный территориями Таджикистана и Северо-Западного Китая. В народной медицине Таджикистана отвар травы *Z. pamiroalaica* применяется

* Автор, с которым следует вести переписку.

в качестве лекарства гипотонического и антиаритмического действия, а также при заболеваниях желудка как противовоспалительное и секреторное средство [35]. Сведения о химическом составе *Z. pamiroalaica* немногочисленны; известно о присутствии пулегона и изоментона в эфирном масле надземной части, собранной в Китае [36], а также флавоноидов и фенилпропаноидов [37].

Целью настоящей работы является исследование химического состава эфирного масла травы *Z. pamiroalaica*, произрастающей в Горно-Бадахшанском автономном округе Республики Таджикистан.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Образцы растительного сырья (трава *Z. pamiroalaica*) были собраны в фазу цветения в Рушанском районе Горно-Бадахшанского автономного округа Республики Таджикистан (август 2012 г.): кишлак Дерзуд, $h=1900$ м в.у.м. (ZP-01), кишлак Равивд, $h=2033$ м в.у.м. (ZP-02), кишлак Басид, $h=2800$ м в.у.м. (ZP-03). Видовая принадлежность определена Т.А. Асеевой (ИОЭБ СО РАН). Образцы сырья хранятся в гербарии ИОЭБ СО РАН (№La/ae/t-06/75-12/0812, La/ae/t-07/75-12/0812, La/ae/t-08/75-12/0812).

Получение эфирного масла. Навеску высушенного и измельченного сырья (110 г) загружали в аппарат Клевенджера и подвергали гидродистилляции в течение 60 мин. Эфирное масло *Z. pamiroalaica* представляло собой бледно-желтую подвижную жидкость со специфическим запахом. Выход эфирного масла (% от массы воздушно-сухого сырья): ZP-01 – 0,95, ZP-02 – 1,05, ZP-03 – 1,67.

Газовая хроматография/масс-спектрометрия (ГХ/МС). Анализ эфирного масла осуществляли с использованием газового хроматографа Agilent 6890N, соединенным с масс-селективным квадрупольным детектором Agilent Technologies 5973 N на капиллярной колонке HP-5MS (30 м × 0,25 мм, 0,50 мкм, 5% дифенил- и 95% диметилполисилоксан). Объем инжестируемой пробы 0,2 мкл (~ 1% раствор в гексане). Подвижная фаза – гелий со скоростью 1,0 мл/мин. Температура инжектора 250 °С. Температура колонки 150–250 °С (2,0 °С/мин). Температура источника ионов 230 °С. EI-MS спектры (70 eV) были получены в диапазоне m/z 41–450 а.е.м. Идентификацию соединений осуществляли по данным времен удерживания и масс-спектрам имеющихся аналитических стандартов и данными литературы, а также базами данных NIST 05 и Wiley.

Ординационный анализ. Анализ методом главных компонент (PCA) осуществляли с применением модуля Graph 2.0 (Коми НЦ УрО РАН). Использованы собственные данные, а также сведения научной литературы о составе эфирных масел 11 видов рода *Ziziphora*, в том числе *Z. capitata* [8, 19], *Z. clinopodioides* subsp. *bungeana* [20], *Z. clinopodioides* subsp. *rigida* [21, 22], *Z. hispanica* [23], *Z. pamiroalaica* [36], *Z. pedicellata* [24, 25], *Z. persica* [4, 13, 25, 26], *Z. taurica* subsp. *cleonioides* [27], *Z. tenuior* [13, 28–34] и *Z. vichodceviana* [25]. В качестве элементов анализа была использована информация о содержании 34 соединений в эфирных маслах (% от содержания идентифицированных соединений): вербенон, β-гвайен, 3,5-дигидроксиацетофенон, изоментол, изоментон, изопулегон, карвакрол, лимонен, линалоол, *n*-мента-1,3-диен-7-аль, *n*-ментанон, мент-2-ен-1-ол, мент-3-ен-8-ол, ментилацетат, ментол, ментон, мирцен, неоизоментол, неоментол, оцимен, α-пинен, β-пинен, пинокамфон, пиперитенон, пиперитон, пулегон, сабинен, терпинен, терпинен-4-ол, терпинеол, терпинолен, тимол, 1,8-цинеол, *n*-цимен. Отсутствие компонента обозначалось как 0,0%, следовое содержание – 0,1%.

Обсуждение результатов

В эфирном масле изученных образцов травы *Z. pamiroalaica* методом ГХ/МС было идентифицировано 34 соединения, в том числе монотерпены (26), алифатические спирты (1), простые фенолы (3) и сесквитерпены (4) (табл.). Доминирующей группой соединений являлись монотерпены, суммарное содержание которых составило 84,0–91,5% от суммы идентифицированных компонентов. Пулегон и изоментон преобладали в составе монотерпеновых соединений с содержанием 52,7–60,4 и 7,1–10,6% соответственно. Концентрация простых фенолов в эфирном масле *Z. pamiroalaica* составила 7,5–14,3%, причем тимол был основным соединением (7,5–11,1%). Значительно меньшее содержание было выявлено для сесквитерпеновых соединений (0,4–1,3%) и алифатических спиртов (следовое–0,1%).

Химический состав эфирного масла *Z. pamiroalaica*, произрастающей в Таджикистане, % от суммы компонентов

Соединение	ИУ ^а	Метод ид. ^б	Образец		
			ZP-01	ZP-02	ZP-03
<i>Монотерпены</i>					
α -Пинен	931	1, 2, 3	0,2	0,2	0,1
Камфен	947	1, 2, 3	0,1	сл.	0,1
Сабинен	972	1, 2, 3	0,5	0,1	0,1
β -Пинен	976	1, 2, 3	0,6	0,7	0,2
β -Мирцен	991	1, 2, 3	0,4	0,6	0,2
α -Терпинен	1017	1, 2	0,3	сл.	сл.
Лимонен	1027	1, 2, 3	1,1	1,0	1,4
β -Фелландрен	1029	1, 2, 3	0,1	0,2	0,1
1,8-Цинеол	1032	1, 2, 3	0,6	0,4	0,6
γ -Терпинен	1058	1, 2	1,5	1,8	2,1
Линалоол	1101	1, 2, 3	сл.	0,2	0,2
Изоментон	1163	1, 2, 3	7,1	9,0	10,6
Ментон	1154	1, 2, 3	3,9	5,5	6,3
Неоментол	1165	1, 2, 3	5,9	3,1	1,0
Борнеол	1167	1, 2, 3	0,1	0,2	сл.
Ментол	1175	1, 2, 3	2,7	1,3	0,2
Изопулегон	1178	1, 2	1,2	2,7	3,0
Изоментол	1183	1, 2, 3	0,3	0,1	сл.
Неоизоментол	1194	1, 2	1,5	0,9	1,4
Нерол	1230	1, 2, 3	0,1	0,1	0,2
Пулегон	1241	1, 2, 3	52,7	56,0	60,4
Карвон	1246	1, 2, 3	0,3	0,5	0,4
Пиперитон	1253	1, 2, 3	0,9	1,1	1,0
Гераниол	1256	1, 2, 3	0,6	0,1	0,4
Борнил ацетат	1287	1, 2, 3	0,2	0,2	0,1
Пиперитенон	1345	1, 2	1,1	1,3	1,4
Σ			84,0	87,3	91,5
<i>Алифатические спирты</i>					
Октан-3-ол	997	1, 2, 3	сл.	0,1	сл.
Σ			сл.	0,1	сл.
<i>Простые фенолы</i>					
<i>n</i> -Цимен	1025	1, 2, 3	2,7	2,2	1,0
Тимол	1293	1, 2, 3	11,1	9,0	6,3
Карвакрол	1301	1, 2, 3	0,5	0,2	0,2
Σ			14,3	11,4	7,5
<i>Сесквитерпены</i>					
β -Кариофиллен	1425	1, 2, 3	0,4	0,3	0,1
Гермакрен D	1483	1, 2, 3	0,2	0,2	0,1
γ -Кадинен	1519	1, 2	0,1	0,1	0,1
Спатуленол	1582	1, 2	0,6	0,2	0,1
Σ			1,3	0,8	0,4
Общая Σ			99,6	99,6	99,4

^а экспериментальные значения индексов удерживания для колонки HP-5MS;

^б метод идентификации: индекс удерживания (1), масс-спектр (2), соинжекция с достоверным образцом соединения (3).

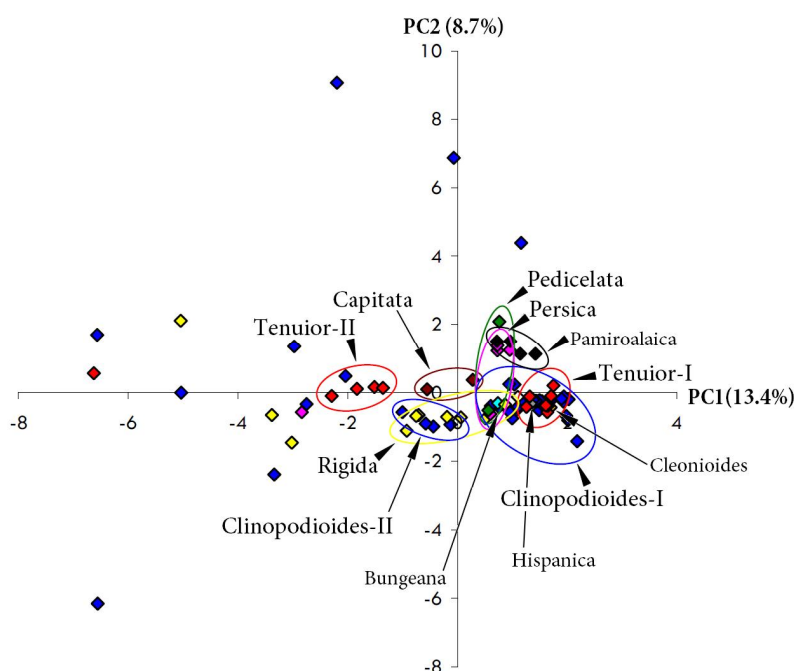
При исследовании влияния экологических факторов на состав эфирного масла было показано, что с увеличением высоты произрастания *Z. pamiroalaica* наблюдалось повышение содержания монотерпеновых соединений, том числе пулегона, изоментона и ментона, при одновременном снижении концентрации сесквитерпеновых соединений и простых фенолов. Данное явление, вероятно, связано с воздействием радиации и/или света на биосинтез летучих компонентов в секреторирующих структурах травы *Z. pamiroalaica*.

Полученные сведения о компонентном составе эфирного масла *Z. pamiroalaica*, произрастающей в Таджикистане, были близки к таковым для сырья, собранного в Китае [36]. Однако отличительной особенностью образцов сырья, изученных в настоящей работе, было более высокое содержание пулегона (52,7–

60,4% против 45,9%), и меньшее содержание изоментона (7,1–10,6% против 24,1%) и неоментола (1,0–5,9% против 10,1%).

Известные сведения о химическом составе эфирных масел рода *Ziziphora* L. были изучены с применением ординационного анализа. В результате было показано, что основное количество элементов скапливалось в определенной области диаграммы, отмеченной как группа Clinopodioides-I (рис.).

Основную часть данной группы составляли элементы, относящиеся к образцам *Z. clinopodioides*, произрастающим в Узбекистане [2], на Алтае [5], в Таджикистане [9] и Китае [12]. Данная группа характеризовалась наличием эфирного масла с очень высоким содержанием пулегона (до 90%). Внутри данного участка также располагались элементы, принадлежащие *Z. tenuior* (группа Tenuior-I) [13, 28–34], *Z. taurica* subsp. *cleonioides* [27], *Z. hispanica* [23], *Z. clinopodioides* subsp. *bungeana* [20] и *Z. vichodceviana* [25]. Ближе к группе Clinopodioides-I расположены элементы, принадлежащие *Z. persica* [4, 13, 25, 26], а также изученному в данной работе виду *Z. pamiroalaica*. Смещение элементов *Z. pamiroalaica* вверх относительно основной группы обусловлено более низким содержанием пулегона.



Ординационная диаграмма (score plot), построенная на основании данных литературы и полученных результатов о химическом составе эфирных масел видов рода *Ziziphora* (11 видов, 80 образцов) с применением метода главных компонент (PCA) (цветной вариант рисунка доступен в электронной версии журнала). Цветными маркерами указано положение точек, соответствующих следующим видам: коричневый – *Z. capitata*, синий – *Z. clinopodioides*, бирюзовый – *Z. clinopodioides* subsp. *bungeana*, желтый – *Z. clinopodioides* subsp. *rigida*, серый – *Z. hispanica*, черный – *Z. pamiroalaica*, зеленый – *Z. pedicellata*, розовый – *Z. persica*, оранжевый – *Z. taurica* subsp. *cleonioides*, красный – *Z. tenuior*, белый – *Z. vichodceviana*

В целом следует отметить, что основные отличия в химическом составе эфирных масел рода *Ziziphora* L. относятся к содержанию биогенетически родственных соединений: лимонен, пулегон, изопулегон, ментон, изоментон и др. [38]. Учитывая сведения о биосинтезе монотерпенов в растениях семейства *Lamiaceae*, можно предположить, что для разных видов рода *Ziziphora* L. пути синтеза могут быть более или менее продвинутыми. Причиной этого может быть различная способность отдельных видов к накоплению ключевых ферментов биосинтеза монотерпенов.

Выводы

В результате проведенных исследований впервые был изучен состав эфирного масла травы *Z. pamiroalaica*, произрастающей в Горно-Бадахшанском автономном округе. С применением метода ГХ/МС

показано высокое содержание пулегона (52,7–60,4%). Рассматривая этнофармакологический аспект применения *Z. pamiroalaica*, следует отметить, что, несмотря на отсутствие фармакологических данных об активности препаратов *Z. pamiroalaica*, можно предположить, что к числу основных биологически активных компонентов относится пулегон как доминирующий компонент эфирного масла. Ранее было показано, что окисленные *n*-ментаны, в том числе пулегон, обладают вазорелаксantным действием, обуславливая, в конечном счете, гипотензивную активность эфирных масел [39]. В ходе исследования влияния пулегона на поведенческие реакции у животных было установлено наличие как психостимулирующего, так и депрессантного и анксиолитического эффектов [40]. Также для пулегона было выявлено противовоспалительное [41], антигистаминное [42] и антимикробное действие [43]. Таким образом, косвенным образом можно подтвердить этнофармакологические данные об эффективности препаратов *Z. pamiroalaica* в качестве терапевтических средств.

Список литературы

1. Baser K.H.C., Kirimer N., Tumen G. Pulegone-rich essential oils of Turkey // J. Essent. Oil Res. 1998. Vol. 10. Pp. 1–8.
2. Dzhumaev Kh.K., Zenkevich I.G., Tkachenko K.G., Tsubul'skaya I.A. Essential oils of the inflorescences and leaves of *Ziziphora brevicalyx* // Chem. Nat. Comp. 1990. Vol. 26. Pp. 99–101.
3. Baser K.H.C., Sezik E., Tümen G. Composition of the essential oil of *Ziziphora clinopodioides* Lam. // J. Ess. Oil Res. 1991. Vol. 3. Pp. 237–239.
4. Belyaev N.F., Demeubaeva A.M. Chromatographic study of the composition of the essential oil of *Ziziphora clinopodioides*, a vicarious form of *Origanum vulgare* // Chem. Nat. Comp. 1999. Vol. 35. Pp. 52–54.
5. Королюк Е.А., Кёниг В., Ткачев А.В. Состав эфирного масла зизифоры пахучковидной (*Ziziphora clinopodioides* Lam.) из Алтайского края и Республики Алтай // Химия растительного сырья. 2002. №1. С. 49–52.
6. Behravan J., Ramezani M., Hassanzadeh M.K., Eskandari M., Kasaian J., Sabeti Z. Composition, antimycotic and antibacterial activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. essential oil from Iran // J. Ess. Oil Res. 2007. Vol. 10. Pp. 339–345.
7. Ozturk S., Ercisli S. Antibacterial activity and chemical constitutions of *Ziziphora clinopodioides* // Food Control. 2007. Vol. 18. Pp. 535–540.
8. Aghajani Z., Assadian F., Masoudi Sh., Chalabian F., Esmaeili A., Tabatabaei-Anaraki M., Rustaiyan A. Chemical composition and *in vitro* antibacterial activities of the oil of *Ziziphora clinopodioides* and *Z. capitata* subsp. *capitata* from Iran // Chem. Nat. Comp. 2008. Vol. 44. Pp. 387–389.
9. Sharopov F.S., Setzer W.N. Chemical diversity of *Ziziphora clinopodioides*: Composition of the essential oil of *Z. clinopodioides* from Tajikistan // Nat. Prod. Commun. 2011. Vol. 6. Pp. 695–698.
10. Ebrahimi P., Mirarab-Razi A., Biabani A. Comparative evaluation of the essential oil terpenoids in the stem and leaf of *Ziziphora clinopodioides* in the regions of Almesh and Sojough of Golestan Province, Iran // Acta Period. Technol. 2012. Vol. 43. Pp. 283–291.
11. Shahla S.N. Chemical composition and *in vitro* antibacterial activity of *Ziziphora clinopodioides* Lam. essential oil against some pathogenic bacteria // Afr. J. Microbiol. Res. 2012. Vol. 6. Pp. 1504–1508.
12. Zhou X., Yu Q., Gong H., Tian S. GC-MS analysis of *Ziziphora clinopodioides* essential oil from North Xinjiang, China // Nat. Prod. Commun. 2012. Vol. 7. Pp. 81–82.
13. Kilic O., Bagci E. Essential oils of three *Ziziphora* L. Taxa from Turkey and their chemotaxonomy // Asian J. Chem. 2013. Vol. 25. Pp. 7263–7266.
14. Masrournia M., Shams A. Elemental determination and essential oil composition of *Ziziphora clinopodioides* and consideration of its antibacterial effects // Asian J. Chem. 2013. Vol. 25. Pp. 6553–6556.
15. Ding W., Yang T., Liu F., Tian S. Effect of different growth stages of *Ziziphora clinopodioides* Lam. on its chemical composition // Pharmacogn. Mag. 2014. Vol. 10. Pp. S1–S5.
16. Kheirkhah M., Ghasemi V., Yazdi A.K., Rahban S. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Ziziphora clinopodioides* Lam. used against the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller // J. Plant Protect. Res. 2015. Vol. 55. Pp. 260–265.
17. Khodaverdi-Samani H., Pirbalouti A.G., Shirmardi H.-A., Malekpoor F. Chemical composition of essential oils of *Ziziphora clinopodioides* Lam. (endemic Iranian herb) collected from different natural habitats // Ind. J. Trad. Knowl. 2015. Vol. 14. Pp. 57–62.
18. Shahbazi Y., Shavisi N., Mohebi E. Effects of *Ziziphora clinopodioides* essential oil and nisin, both separately and in combination, to extend shelf life and control *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in raw beef patty during refrigerated storage // J. Food Saf. 2016. Vol. 36. Pp. 227–236.
19. Ebrahimi S.N., Hadian J., Sonboli A. Chemical composition of the essential oil of *Ziziphora capitata* L. from Iran // J. Ess. Oil-Bear. Plants. 2009. Vol. 12. Pp. 678–682.
20. Sonboli A., Mirjalili M.H., Hadian J., Ebrahimi S.N., Yousefzadi M. Antibacterial activity and composition of the essential oil of *Ziziphora clinopodioides* subsp. *bungeana* (Juz.) Rech. f. from Iran // Z. Naturforsch. 2006. Vol. 61c. Pp. 677–680.

21. Salehi P., Sonboli A., Eftekhari F., Nejad-Ebrahimi S., Yousefzadi M. Essential oil composition, antibacterial and antioxidant activity of the oil and various extracts of *Ziziphora clinopodioides* subsp. *rigida* (Boiss.) Rech. f. from Iran // Biol. Pharm. Bull. 2005. Vol. 28. Pp. 1892–1896.
22. Sonboli A., Atri M., Shafiei S. Intraspecific variability of the essential oil of *Ziziphora clinopodioides* ssp. *rigida* from Iran // Chem. Biodiv. 2010. Vol. 7. Pp. 1784–1789.
23. Rabah B., Lograda T., Ramdani M., Chalard P., Feguirodo G. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Ziziphora hispanica* L. // Glob. J. Res. Med. Plants Indigen. Med. 2013. Vol. 2. Pp. 73–80.
24. Goryaev M.I., Sharipova F.S., Mukhametgaliev A.G., Khazanovich R.L., Pulatova T.P. A study of the essential oil of *Ziziphora pedicellata* // Chem. Nat. Comp. 1970. Vol. 6. P. 127.
25. Dembitskii A.D., Bergaliev E.Sh., Kyazimov I.M. Chemical composition of the essential oils of *Ziziphora* growing under various ecological conditions // Chem. Nat. Comp. 1994. Vol. 30. Pp. 673–675.
26. Ozturk S., Ercisli S. The chemical composition of essential oil and in vitro antibacterial activities of essential oil and methanol extract of *Ziziphora persica* Bunge // J. Ethnopharmacol. 2006. Vol. 106. Pp. 372–376.
27. Meral G.E., Konyalioglu S., Ozturk B. Essential oil composition and antioxidant activity of endemic *Ziziphora taurica* subsp. *cleonioides* // Fitoterapia. 2002. Vol. 73. Pp. 716–718.
28. Karimi I., Hayatgheybi H., Motamedi S., Afzali D., Aghdam A.H. Chemical composition and hypolipidemic effects of an aromatic water of *Ziziphora tenuior* L. in cholesterol-fed rabbits // J. Appl. Biol. Sci. 2013. Vol. 7. Pp. 61–67.
29. Pirbalouti A.G., Amirkhosravi A., Bordbar F., Hamedi B. Diversity in the chemical composition of essential oils of *Ziziphora tenuior* as a potential source of pulegone // Chemija. 2013. Vol. 24. Pp. 234–239.
30. Delnavazi M.-R., Baba-ali F., Soufiabadi S., Tavakoli S., Yassa N. Essential oil composition, antioxidant activity and total phenolic content of some *Lamiaceae* taxa growing in Northwest of Iran // Pharm. Sci. 2014. Vol. 20. Pp. 22–28.
31. Gholivand M.B., Piryaei M., Maassoumi S.M. Antioxidant activity of *Ziziphora tenuior* methanolic extracts and comparison of the essential oil in two stages of growth // Chin. J. Nat. Med. 2014. Vol. 12. Pp. 505–511.
32. Pakniyat E., Mousavi M. Improvement of GC-MS analysis of shahrbabak *Ziziphora tenuior* essential oil by using multivariate curve resolution approaches // J. Chin. Chem. Soc. 2014. Vol. 61. Pp. 649–658.
33. Celik C., Tutar U., Karaman I., Hepokur C., Atas M. Evaluation of the antibiofilm and antimicrobial properties of *Ziziphora tenuior* L. essential oil against multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* // Int. J. Pharmacol. 2015. Vol. 12. Pp. 28–35.
34. Ganjali A., Harati M.P., Kaykhani M. Antimicrobial effect of essential oil of *Ziziphora tenuior* on water by heterotrophic plate counts method in Kerman (Southeast of Iran) // Int. J. Chem. Eng. Applicat. 2016. Vol. 7. Pp. 120–123.
35. Akobirshoeva A. Medical plants of Rushan district, GBAO, Tajikistan. LAP Lambert Academic Publishing: Saarbrücken, 2012. 96 p.
36. Xing S., Zhang P., Ji Q., Jia H., Wang X. Essential oil and antioxidant activity of two *Ziziphora* species in Xinjiang // Food Sci. 2010. Vol. 31. Pp. 154–159.
37. Olennikov D.N., Akobirshoeva A.A. Flavonoids and phenylpropanoids of *Nepeta glutinosa* and *Ziziphora pamiro-laica* // Chem. Nat. Comp. 2016. Vol. 52. Pp. 909–912.
38. Turner G.W., Croteau R. Organization of monoterpene biosynthesis in *Mentha*. Immunocytochemical localizations of geranyl diphosphate synthase, limonene-6-hydroxylase, isopiperitenol dehydrogenase, and pulegone reductase // Plant Physiol. 2004. Vol. 136. Pp. 4215–4227.
39. Lima T.C., Mota M.M., Barbosa-Filho J.M., Dos Santos M.R.V., De Sousa D.P. Structural relationships and vaso-relaxant activity of monoterpenes // DARU Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012. Vol. 20. Art. No 23. URL: <http://darujps.biomedcentral.com/articles/10.1186/2008-2231-20-23>
40. Da Silveira N.S., De Oliveira-Silva G.L., De Fereitas Lamanes B., Da Silva Prado L.C., Bispo-da-Silva L.B. The aversive, anxiolytic-like, and verapamil-sensitive psychostimulant effects of pulegone // Biol. Pharm. Bull. 2014. Vol. 37. Pp. 771–778.
41. Yao Q.-S., Chiou G.C.Y. Inhibition of crystallins-induced inflammation in rabbit eyes with five phytochemical compounds // Acta Pharm. Sin. 1993. Vol. 14. Pp. 13–17.
42. Ortiz de Urbina A.V., Martin M.L., Montero M.J., Carron R., Sevilla M.A., San Roman L. Antihistaminic activity of pulegone on the guinea-pig ileum // J. Pharm. Pharmacol. 1990. Vol. 42. Pp. 295–296.
43. Arruda T.A., Antunes R.M.P., Catão R.M.R., Lima E.O., Sousa D.P., Nunes X.P., Pereira M.S.V., Barbosa-Filho J.M., da Cunha E.V.L. Preliminary study of the antimicrobial activity of *Mentha × villosa* Hudson essential oil, rotundifolone and its analogues // Braz. J. Pharmacogn. 2006. Vol. 16. Pp. 307–311.

Поступило в редакцию 30 августа 2016 г.

После переработки 2 ноября 2016 г.

*Akobirshoeva A.*¹, *Olennikov D.N.*^{2*} CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF *ZIZIPHORA PAMIROALAICA* LAM. (LAMIACEAE) GROWING IN TAJIKISTAN¹*Pamir Biological Institute, Tajikistan Academy of Science, ul. Kholdorova, 1, Khorog, 736002 (Tajikistan)*²*Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Science, ul. Sakh'yanovoy, 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia), e-mail: olennikovdn@mail.ru*

Ziziphora pamiroalaica Lam. (Lamiaceae) is a medicinal plants used in Tajikistan for the treatment of the diseases of cardiovascular system and gastrointestinal tract. In the present study the composition of essential oil of herb *Z. pamiroalaica* growing in the Gorno-Badakhshan Autonomous Region was studied for the first time. The method of gas chromatography / mass-spectrometry allowed to identify thirty-four compounds including monoterpenes, aliphatic alcohols, ethers and phenols sesquiterpenes. The dominant components of the essential oil were pulegone (52,7–60,4%), thymol (7,5–11,1%), isomenthone (7,1–10,6%) and menthone (3,9–6,3%). The known information about the composition of essential oil of *Z. pamiroalaica* of Chinese origin showed the lower content of pulegone in the latter sample (45,9%) as well as a greater concentration and neomenthol and isomenthone. It is found that the height of the plant growth reflects on the quantitative ratio of individual components of the essential oil especially mono- and sesquiterpenes. The principal component analysis was used for the comparative study of data about the chemical composition of essential oils of ten species of *Ziziphora* genus. The principal component analysis was used to show that the chemical composition of essential oils *Z. pamiroalaica* close to that of *Z. clinopodioides*, As a result, it was found that the chemical composition of essential oil of *Z. pamiroalaica* similar to that of *Z. clinopodioides* but differs from it by less pulegone content.

Keywords: *Ziziphora pamiroalaica* Lam., Lamiaceae, essential oil, pulegon, GC/MS, principal component analysis.

References

1. Baser K.H.C., Kirimer N., Tumen G. *J. Essent. Oil Res.*, 1998, vol. 10, pp. 1–8.
2. Dzhumaev Kh.K., Zenkevich I.G., Tkachenko K.G., Tsubul'skaya I.A. *Chem. Nat. Comp.*, 1990, vol. 26, pp. 99–101.
3. Baser K.H.C., Sezik E., Tümen G. *J. Ess. Oil Res.*, 1991, vol. 3, pp. 237–239.
4. Belyaev N.F., Demeubaeva A.M. *Chem. Nat. Comp.*, 1999, vol. 35, pp. 52–54.
5. Koroliuk E.A., Kenig V., Tkachev A.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2002, no. 1, pp. 49–52. (in Russ.).
6. Behravan J., Ramezani M., Hassanzadeh M.K., Eskandari M., Kasaian J., Sabeti Z. *J. Ess. Oil Res.*, 2007, vol. 10, pp. 339–345.
7. Ozturk S., Ercisli S. *Food Control.*, 2007, vol. 18, pp. 535–540.
8. Aghajani Z., Assadian F., Masoudi Sh., Chalabian F., Esmaeili A., Tabatabaei-Anaraki M., Rustaiyan A. *Chem. Nat. Comp.*, 2008, vol. 44, pp. 387–389.
9. Sharopov F.S., Setzer W.N. *Nat. Prod. Commun.*, 2011, vol. 6, pp. 695–698.
10. Ebrahimi P., Mirarab-Razi A., Biabani A. *Acta Period. Technol.*, 2012, vol. 43, pp. 283–291.
11. Shahla S.N. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 2012, vol. 6, pp. 1504–1508.
12. Zhou X., Yu Q., Gong H., Tian S. *Nat. Prod. Commun.*, 2012, vol. 7, pp. 81–82.
13. Kilic O., Bagci E. *Asian J. Chem.*, 2013, vol. 25, pp. 7263–7266.
14. Masroumia M., Shams A. *Asian J. Chem.*, 2013, vol. 25, pp. 6553–6556.
15. Ding W., Yang T., Liu F., Tian S. *Pharmacogn. Mag.*, 2014, vol. 10, pp. S1–S5.
16. Kheirkhah M., Ghasemi V., Yazdi A.K., Rahban S. *J. Plant Protect. Res.*, 2015, vol. 55, pp. 260–265.
17. Khodaverdi-Samani H., Pirbalouti A.G., Shirmardi H.-A., Malekpoor F. *Ind. J. Trad. Knowl.*, 2015, vol. 14, pp. 57–62.
18. Shahbazi Y., Shavisi N., Mohebi E. *J. Food Saf.*, 2016, vol. 36, pp. 227–236.
19. Ebrahimi S.N., Hadian J., Sonboli A. *J. Ess. Oil-Bear. Plants*, 2009, vol. 12, pp. 678–682.
20. Sonboli A., Mirjalili M.H., Hadian J., Ebrahimi S.N., Yousefzadi M. *Z. Naturforsch.*, 2006, vol. 61c, pp. 677–680.
21. Salehi P., Sonboli A., Eftekhari F., Nejad-Ebrahimi S., Yousefzadi M. *Biol. Pharm. Bull.*, 2005, vol. 28, pp. 1892–1896.
22. Sonboli A., Atri M., Shafiei S. *Chem. Biodiv.*, 2010, vol. 7, pp. 1784–1789.
23. Rabah B., Lograda T., Ramdani M., Chalard P., Feguirodo G. *Glob. J. Res. Med. Plants Indigen. Med.*, 2013, vol. 2, pp. 73–80.
24. Goryaev M.I., Sharipova F.S., Mukhametgaliev A.G., Khazanovich R.L., Pulatova T.P. *Chem. Nat. Comp.*, 1970, vol. 6, p. 127.
25. Dembitskii A.D., Bergaliev E.Sh., Kyazimov I.M. *Chem. Nat. Comp.*, 1994, vol. 30, pp. 673–675.
26. Ozturk S., Ercisli S. *J. Ethnopharmacol.*, 2006, vol. 106, pp. 372–376.
27. Meral G.E., Konyalioglu S., Ozturk B. *Fitoterapia*, 2002, vol. 73, pp. 716–718.
28. Karimi I., Hayatgheybi H., Motamedi S., Afzali D., Aghdam A.H. *J. Appl. Biol. Sci.*, 2013, vol. 7, pp. 61–67.
29. Pirbalouti A.G., Amirkhosravi A., Bordbar F., Hamedi B. *Chemija*, 2013, vol. 24, pp. 234–239.
30. Delnavazi M.-R., Baba-ali F., Soufiabadi S., Tavakoli S., Yassa N. *Pharm. Sci.*, 2014, vol. 20, pp. 22–28.
31. Gholivand M.B., Piryaeei M., Maassoumi S.M. *Chin. J. Nat. Med.*, 2014, vol. 12, pp. 505–511.
32. Pakniyat E., Mousavi M. *J. Chin. Chem. Soc.*, 2014, vol. 61, pp. 649–658.
33. Celik C., Tutar U., Karaman I., Hepokur C., Atas M. *Int. J. Pharmacol.*, 2015, vol. 12, pp. 28–35.
34. Ganjali A., Harati M.P., Kaykhaii M. *Int. J. Chem. Eng. Applicat.*, 2016, vol. 7, pp. 120–123.
35. Akobirshoeva A. *Medical plants of Rushan district, GBAO, Tajikistan*. LAP Lambert Academic Publishing: Saarbrücken, 2012, 96 p.

* Corresponding author.

36. Xing S., Zhang P., Ji Q., Jia H., Wang X. *Food Sci.*, 2010, vol. 31, pp. 154–159.
37. Olennikov D.N., Akobirshoeva A.A. *Chem. Nat. Comp.*, 2016, vol. 52, pp. 909–912.
38. Turner G.W., Croteau R. *Plant Physiol.*, 2004, vol. 136, pp. 4215–4227.
39. Lima T.C., Mota M.M., Barbosa-Filho J.M., Dos Santos M.R.V., De Sousa D.P. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2012, vol. 20, art. no 23, URL: <http://darujps.biomedcentral.com/articles/10.1186/2008-2231-20-23>
40. Da Silveira N.S., De Oliveira-Silva G.L., De Fereitas Lamanes B., Da Silva Prado L.C., Bispo-da-Silva L.B. *Biol. Pharm. Bull.*, 2014, vol. 37, pp. 771–778.
41. Yao Q.-S., Chiou G.C.Y. *Acta Pharm. Sin.*, 1993, vol. 14, pp. 13–17.
42. Ortiz de Urbina A.V., Martin M.L., Montero M.J., Carron R., Sevilla M.A., San Roman L. *J. Pharm. Pharmacol.*, 1990, vol. 42, pp. 295–296.
43. Arruda T.A., Antunes R.M.P., Catão R.M.R., Lima E.O., Sousa D.P., Nunes X.P., Pereira M.S.V., Barbosa-Filho J.M., da Cunha E.V.L. *Braz. J. Pharmacogn.*, 2006, vol. 16, pp. 307–311.

Received August 30, 2016

Revised November 2, 2016