

рицу термочувствительного геля — поли-N-изопропилакриламида позволяет контролировать выход активной фазы во внешнюю среду.

#### Список литературы

1. Ролдугин В.И. Квантоворазмерные металлические коллоидные системы // Успехи химии. — 2000. — Т. 69. — № 10. — С. 899–923.
2. Ершов Б.Г. Наночастицы металлов в водных растворах: электронные, оптические и каталитические свойства // Рос. хим. журн. — 2001. — Т. 45. — № 3. — С. 20–30.
3. Hirai H., Nakao Y., Toshima N. Preparation of colloidal rhodium in poly(vinyl alcohol) by reduction with methanol // J. Macromol. Sci. — Chem. — 1978. — Vol. A12. — P. 1117–1141.
4. Hirai H. Formation and catalytic functionality of synthetic polymer-noble metal colloid // J. Macromol. Sci. — Chem. — 1979. — Vol. A13. — P. 633–649.
5. Hussain I., Brust M., Papworth A.J., Cooper A.I. Preparation of acrylate-stabilized gold and silver hydrosols and gold-polymer composite films // Langmuir. — 2003. — Vol. 19. — P. 4831–4835.
6. Koetz J., Kosmella S. Polyelectrolytes and Nanoparticles. — Berlin: Springer-Verlag, 2007. — 105 p.
7. Kudaibergenov S.E., Dolya N., Tatykhanova G. et. al. Semi-interpenetrating polymer networks of polyelectrolytes // Eurasian Chemical Technological Journal. — 2007. — Vol. 9. — № 3. — P. 177–192.
8. Крутиков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. — 2008. — Т. 77. — С. 242–270.
9. Liz-Marzan L.M. Nanometals: formation and color // Materials Today. — 2004. — Vol. 2. — P. 26–31.

УДК 547.972:547.314

М.А.Родичев

АО Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия», Караганда

#### ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ *ARTEMISIA TOURNEFORTIANA* Rchb.

Қазақстан флорасындағы *Artemisia tournefortiana* Rchb. өсімдігі жер беті бөлігінің химиялық компоненттері сипатталды. Осы өсімдіктен алғаш рет эфир майының негізгі компоненттері, жаңа сесквитерпенді лактоны турнефорин, сондай-ақ 6-деметокси-4'-О-метилкапилларизин флавоноиды бөлініп алынды.

*Some chemical components of the aerial part of plant of Kazakhstan population of Artemisia tournefortiana Rchb. were characterized. New sesquiterpene  $\gamma$ -lactone tourneforin from this species was isolated and the structure of their molecule was determined. The known flavonoid 6-demetoxy-4'-O-methylcapillarizine was identified, which isolated first time from this species and the main components of essential oil were determined.*

*Artemisia tournefortiana* Rchb. (Asteraceae) полынь Турнефоровская представляет собой однолетнее растение до 100–150 см высотой, с толстым стеблем, ветвящееся только в соцветии, с укороченными веточками. Ареал распространения включает Кавказ, Среднюю и Переднюю Азию, Иран, Афганистан, Тибет, Индию. Встречается на всей территории Казахстана, за исключением западных областей [1]. М.И.Горяев указывает, что в надземной части данного растения содержится около 0,01 % эфирного масла [2], состав которого не изучен.

В результате хромато-масс-спектрометрии нами установлено, что основными компонентами полученного эфирного масла *Artemisia tournefortiana* являются:  $\beta$ -фарнезен — 20,9 %, *цис*-тонгаосу — 22,6 %, 1,8-цинеол — 2,3 %, камфен — 1,2 %.

Компонентный состав эфирного масла представлен в таблице.

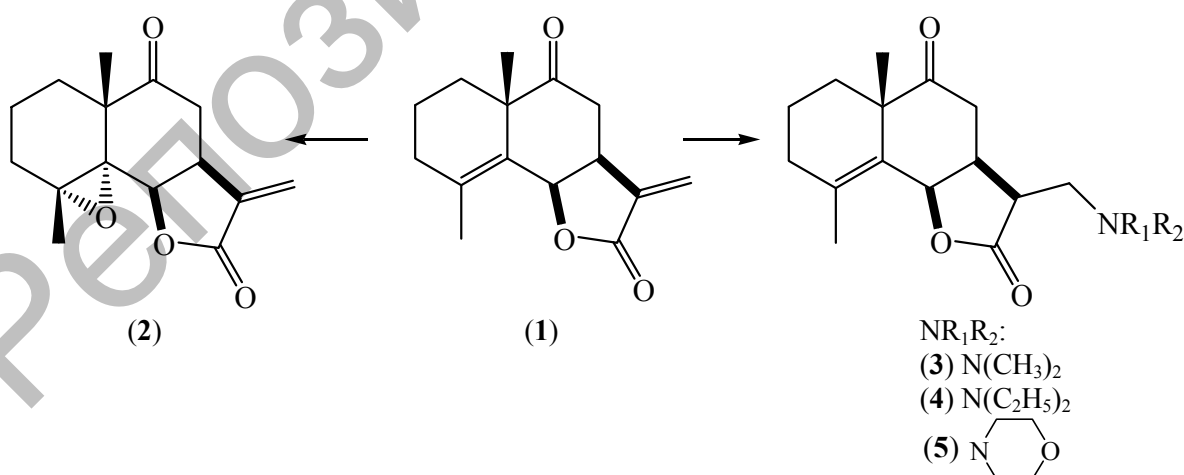
Нами экстракцией надземной части данного вида полыни хлороформом, с последующей водно-спиртовой обработкой и разделением суммы экстрактивных веществ на колонке с силикагелем, при элюировании смесью петролейный эфир-этилацетат в соотношении 17:3 выделен новый сесквитерпеновый лактон эвдесманового типа — турнефорин (**1**) [3].

Компонентный состав эфирного масла *Artemisia tournefortiana*

№	Компонент	Содержание, %	№	Компонент	Содержание, %
1	Трициклен	0,5	15	$\beta$ -Иланген	0,2
2	$\alpha$ -Пинен*	0,1	16	$\beta$ -Элемен	0,8
3	Сантолинатриен	1,4	17	$\beta$ -Кариофиллен	0,9
4	Камфен	1,2	18	Миртеналь	0,1
5	1,8-Цинеол	2,3	19	(Z)- $\beta$ -Фарнезен	20,9
6	Неролоксид	0,1	20	$\delta$ -Терпинеол	0,5
7	$\alpha$ -Иланген	2,3	21	$\delta$ -Кадинен	0,2
8	$\alpha$ -Копаен	0,8	22	ar-Куркумен	0,1
9	Артемизиевый спирт	0,2	23	Куминовый альдегид	0,1
10	Хризантенон	0,1	24	Миртенол	0,2
11	$\alpha$ -Борбонен	0,2	25	Нерол	0,1
12	$\beta$ -Кубебен	0,1	26	Гераниол	0,3
13	Пинокарвон	0,7	27	p-Цимен-8-ол	0,3
14	Транс- $\beta$ -Бергамотен	0,1	28	Цис-тонгаосу	22,6

В ИК-спектре выделенного соединения (1) имеются полосы поглощения, характерные для  $\gamma$ -лактонного цикла, двойной олефиновой связи и несопряженной кетогруппы. Наличие последней подтверждается также присутствием сигнала при 213,25 м.д. в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$ , принадлежащего девятому углеродному атому [4].

В спектре ПМР (1) наблюдаются два трехпротонных синглета ангулярной метильной группы H-14 при 1,17 м.д., а также олефиновой метильной группы H-15 в области 1,86 м.д., что указывает на эвдесмановый углеродный остов [5], два симметричных дублета при 5,65 м.д. и 6,35 м.д. с КССВ  $J_{13a,13b}=2,5$  Гц принадлежащие экзометиленовой метильной группе при C-13, мультиплет метинового протона H-7 с центром при 3,65 м.д., а также дублет лактонного протона H-6 при 5,75 м.д. с КССВ  $J_{6,7}=4,0$  Гц. Следовательно, можно предположить, что протоны H-6 и H-7 находятся в *цис*-расположении относительно друг друга [6], из этого следует *цис*-ориентация лактонного цикла. Два сигнала в виде дублетов дублетов при 2,42 м.д. с КССВ  $J_{8a,8b}=14,0$  и  $J_{7,8a}=3,0$  Гц, 2,75 м.д. с КССВ  $J_{8a,8b}=14,0$  и  $J_{7,8b}=7,5$  Гц отнесены протонам при восьмом углеродном атоме. Мультиплетность приведенных сигналов также указывает на отсутствие вицинальных протонов при C-9, что также подтверждает наличие кетогруппы при девятом углеродном атоме [4].



Наличие ненасыщенной двойной связи при C4-C5 и экзометиленовой группы, сопряженной с карбонилем  $\gamma$ -лактона в молекуле (1), доказано также химическим путем.

Взаимодействием турнефорина (1) при комнатной температуре с надуксусной кислотой в хлороформе получено новое соединение (2) с т. пл. 195–198 °С и выходом 43 %.

Строение 9-оксо-4(5) $\alpha$ -эпокси-6,7 $\alpha$ (H)-эвдесм-12,6-олида (2) установлено по данным ИК-, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , элементного анализа и методом РСА.

Данные элементного анализа свидетельствуют о наличии четырех атомов кислорода в молекуле (2).

В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  (2) наблюдается смещение сигналов протонов при атомах С-6, С-3,  $\text{CH}_3$ -14,  $\text{CH}_3$ -15. Сигнал лактонного протона Н-6 (4,71 м.д.) за счет образования эпоксидного цикла смещен в сильное поле на 1,04 м.д. (в исходном лактоне 5,75 м.д.). Сигналы метильной группы при С-4 и углярного метила при С-10 смещены в сильное поле на 0,07 м.д. и 0,38 м.д. соответственно. Кроме этого, сдвиг сигналов на 0,2–0,3 м.д. наблюдается у протонов Н-2 и Н-3. Присутствие в спектре ПМР двух симметричных дублетов при 5,71 ( $J = 3,0$  Гц) и 6,38 ( $J = 3,0$  Гц), принадлежащих экзометиленовой двойной связи, доказывает региоселективность реакции, т.е. в реакцию вступает только одна двойная связь при С4-С5.

В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  (2) сигналы атомов С-4 и С-5 значительно сдвигаются в сильное поле и проявляются в виде двух синглетов при 63,43 и 65,00 м.д., в исходной молекуле эти сигналы проявляются при 139,75 и 128,19 м.д. Также наблюдаются сдвиги сигналов атомов С-1, С-3 и С-15 примерно на 4 м.д.

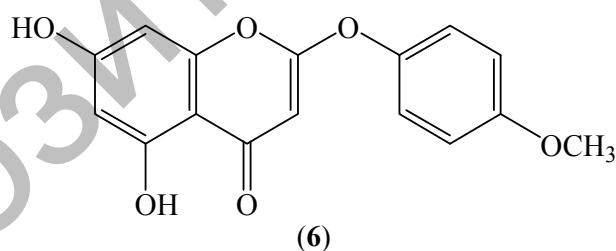
Характерной особенностью экзометиленовой группы, сопряженной с карбонилем  $\gamma$ -лактона, является ее способность образовывать аддукты с первичными и вторичными аминами.

При аминировании с диметил-, диэтиламинами и морфолином происходит присоединение последних по  $\alpha$ -метилен- $\gamma$ -лактонному циклу по типу Михаэля, с образованием соответствующих аминопроводных (3–5).

Строение полученных соединений (3–5) установлено по данным ИК-спектров и элементного анализа.

В ИК-спектрах производных (3–5) наблюдаются характерные полосы поглощения, обусловленные валентными колебаниями N–H, C=O  $\gamma$ -лактонного цикла, C=O, C–N. Данные элементного анализа молекул (3–5) соответствуют вычисленным.

При дальнейшем элюировании колонки смесью петролейный эфир–этилацетат в соотношении 7:3 выделено кристаллическое вещество с температурой плавления 232–234 °С. На основании спектральных данных (ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , двумерного ЯМР  $^{13}\text{C}$ - $^1\text{H}$  (COLOC), масс-спектра высокого разрешения, методом РСА) вещество идентифицировано как 5,7-дигидрокси-2-(4-метоксифенокси)-4Н-хромен-4-он (6), выделенный из *Artemisia tournefortiana* впервые. Следует отметить, что данный флавоноид выделен ранее из *Artemisia rupestris* L.[7].



Таким образом, в результате проведенных исследований впервые с помощью метода ГЖХ-МС охарактеризован состав эфирного масла *Artemisia tournefortiana*, основными компонентами которого являются:  $\beta$ -фарнезен — 20,9 %, цис-тонгаосу — 22,6 %, 1,8-цинеол — 2,3 %, камфен — 1,2 %. Кроме того, из суммы экстрактивных веществ данного вида полыни выделен новый сесквитерпеновый лактон турнефорин, строение которого доказано химическими и спектральными методами, а также впервые идентифицирован флавоноид 6-деметокси-4'-О-метилкапилларизин.

#### Экспериментальная часть

Эфирное масло получено методом гидродистилляции на аппарате Клевенджера в течение 3-х часов. Выход составил 0,2 %.

Качественный состав образцов эфирного масла анализировали методом хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent 6890N с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5973N. Использовалась капиллярная кварцевая колонка DB-XLB FSC (30 м  $\times$  0,25 мм) с газом-носителем гелием. Скорость подачи 1 мл/мин. Газохроматографическую колонку выдерживали при температуре 40 °С в те-

чение 10 мин; с программированием температуры до 240 °С, со скоростью изменения температуры 2 °С/мин, затем выдерживали в изотермическом режиме в течение 10 мин. Режим ввода пробы — без деления потока. Объем пробы 1 мкл. Температура испарителя 250 °С. Масс-спектры записывались в диапазоне  $m/z$  10–425. Процентный состав эфирного масла вычисляли по площадям пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонент эталонных масел и чистых соединений, если они имелись, и с данными библиотек масс-спектров (Wiley 7th edition (390 тыс. спектров), NIST 02 (175 тыс. соединений)).

Температуры плавления определены на приборе Voetius. ИК-спектры получены на приборе «Vector 22» и «Avatar 360» фирмы Thermo Nicolet. Спектры ЯМР записаны на спектрометре «Bruker DRX-500» (рабочая частота 500,13 МГц для  $^1\text{H}$ , 125,76 МГц для  $^{13}\text{C}$ ), с использованием для регистрации двумерных спектров COSY и COLOC (9 Гц) стандартных программ фирмы «Bruker» (рабочая частота 400,13 МГц для  $^1\text{H}$ , 100,61 МГц для  $^{13}\text{C}$ ). Масс-спектры высокого разрешения (ЭУ, 70 эВ) получены на приборе «Finnigan MAT 8200». Элементный анализ проведен на автоматическом элементном микроанализаторе «Eurovector 3000». Данные элементного анализа соответствовали вычисленным. Рентгеноструктурный эксперимент проведен на дифрактометре Nicolet P4 и Bruker P4 (Mo K $\alpha$ -излучение с графитовым монохроматором,  $2\theta/\theta$ -сканирование в области  $2\theta < 50^\circ$ ). Колоночную хроматографию проводили на  $\text{SiO}_2$  марки КСК (фракции менее 0,3 мм).

Исходное сырьё — надземную часть *Artemisia tournefortiana* Rchb. — собрали в июле 2007 г. в горах Ортау Шетского района Карагандинской области в фазе бутонизации и высушивали на воздухе.

**9-оксо-6 $\alpha$ ,7 $\alpha$ (H)-эвдесм-4(5),11(13)-диен-12,6-олид 1:** 0,5 кг сырья экстрагировали настаиванием с 8 л  $\text{CHCl}_3$  при 75 °С. Экстракцию повторили четыре раза (4  $\times$  8 л). Объединённые экстракты отфильтровали, и растворитель упаривали под вакуумом. Полученный сухой остаток (0,15 кг) трижды обработали смесью  $\text{EtOH-H}_2\text{O}$  (2:1) при 70 °С. Осаждённые балластные вещества отделили декантацией, и раствор отфильтровали. Фильтрат экстрагировали  $\text{CHCl}_3$  (4  $\times$  0,5 л), хлороформные извлечения объединили и упарили досуха, получили 59 г суммы веществ. Хроматографией этой суммы на  $\text{SiO}_2$  элюент — смесь петролейный эфир—этилацетат с градиентным повышением последнего (от 0 до 15 %) выделили 2 г (0,4 %) лактона 1 в виде бесцветных кристаллов с т. пл. 170–172 °С,  $[\alpha]_D^{20} +29,4^\circ$  (с 0,68;  $\text{CHCl}_3$ ).

**Масс-спектр** (ЭУ, 70 эВ),  $m/z$  ( $I_{\text{отн.}}$ , %): 246 (M $^+$ , 97), 131 (50), 203 (100), 159 (19), 157 (42), 137 (22), 131 (45), 109 (27), 105 (23), 105 (23), 93 (23). Масс-спектр высокого разрешения: найдено ( $m/z$ ): 246,12831. Рассчитано — 246,12559.

**ИК-спектр** (KBr,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 1740 (C=O  $\gamma$ -лактона); 1716 (C=O), 1658, 1656 1319, 1278, 1264, 1214, 1145, 953, 863, 818, 677.

**$^1\text{H}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 500 МГц):** 1,53 (м, H-1A); 1,58 (м, H-1B); 1,63 (м, H-2A); 1,77 (м, H-2B); 2,13 (м, 2H-3); 5,75 (д, J = 4,0, H-6); 3,65 (м, H-7); 2,42 (дд, (J = 14,0, J = 3,0; H-8A); 2,75 (дд, J = 14,0, J = 0, 7,5); 5,56 (д, H-13A) J = 2,5); 6,35 (д, H-13B) J = 2,5); 1,17 (3H, с, Me-10); 1,86 (3H, с, Me-4).

**$^{13}\text{C}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 125,76 МГц):** 34,07 (т, C-1); 17,68 (т, C-2); 32,24 (т, C-3); 139,75 (с, C-4); 128,19 (с, C-5); 75,01 (д, C-6); 37,38 (д, C-7); 40,79 (т, C-8); 213,25 (с, C-9); 47,09 (с, C-10); 137,89 (с, C-11); 169,41 (с, C-12); 123,92 (т, C-13); 24,50 (к, C-14); 17,68 (к, C-15).

**9-оксо-4(5) $\alpha$ -эпокси-6,7 $\alpha$ (H)-эвдесм-12,6-олид 2:** 0,200 г вещества 1 растворили в 2 мл хлороформа и при перемешивании прибавили 3 мл надуксусной кислоты. Реакционную смесь выдержали в течение 3 суток. Ход реакции контролировали по ТСХ. После окончания реакцию обработали, растворитель упаривали в вакууме. Остаток (0,37 г) хроматографировали на колонке с силикагелем (8 г). При хроматографировании колонки смесью петролейного эфира (80) и этилацетата (20) выделено вещество 2 состава  $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_4$ ,  $R_f$  0,71 ( $\text{EtOAc}$ : петролейный эфир, 4:2) с т. пл. 195–198 °С. Выход 43,0 %.

**ИК-спектр** (KBr,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 2941, 1755 (C=O  $\gamma$ -лактона); 1715 (C=O), 1660 (C=C), 1628, 1454, 1419, 1409, 1386, 1332, 1291, 1267, 1251, 1223, 1170, 1148, 1132, 1102, 1067, 1031, 1006, 958, 936, 923, 897, 860, 828, 815, 719, 670, 663, 613, 589, 489, 473, 457.

**$^1\text{H}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 500 МГц):** 1,70 (м, H-1A); 1,35 (м, H-1B); 1,53 (м, H-2A); 1,44 (м, H-2B); 1,93 (м, H-3A); 1,82 (м, H-3B); 4,71 (д, J = 10,0, H-6); 3,76 (м, H-7); 3,00 (дд, (J = 6,0, J = 15,0; H-8A); 2,60 (дд, J = 2,0, J = 15,0); 5,71 (д, H-13A, J = 3,0); 6,38 (д, H-13B, J = 3,0); 1,10 (3H, с, Me-10); 1,48 (3H, с, Me-4).

$^{13}\text{C}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 125,76 МГц): 29,33 (т, С-1); 14,82 (т, С-2); 27,37 (т, С-3); 63,43 (с, С-4); 65,00 (с, С-5); 76,98 (д, С-6); 34,91 (д, С-7); 39,83 (т, С-8); 211,28 (с, С-9); 45,59 (с, С-10); 136,67 (с, С-11); 169,00 (с, С-12); 124,61 (т, С-13); 20,13 (к, С-14); 20,11 (к, С-15).

Элементный анализ: Найдено %: С 68,5; Н 6,73. Вычислено %: С 68,7; Н 6,87.

**13-диметиламино-9-оксо-6 $\alpha$ ,7 $\alpha$ ,11(Н)-эвдесм-4(5)-ен-12,6-олид **3**:** 0,375 г вещества **1** растворили в 5 мл этанола, при перемешивании прибавили по каплям 0,24 мл диметиламина. Ход реакции контролировали по ТСХ. Растворитель упаривали в вакууме. Получили 0,360 г бесцветного кристаллического вещества **3** состава  $\text{C}_{17}\text{H}_{25}\text{O}_3\text{N}$  с т. пл. 89–91 °С. Выход 96,0 %.

ИК-спектр (КВг,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 2816 (N-H), 1757 (C=O  $\gamma$ -лактона); 1710 (C=O), 1468, 1426, 1371, 1319, 1278, 1264, 1214, 1145, 1074 (C-N), 1043 (C-N), 953, 863, 818, 677.

Элементный анализ: Найдено %: С 71,20; Н 7,05. Вычислено %: С 70,07; Н 6,65.

**13-диэтиламино-9-оксо-6 $\alpha$ ,7 $\alpha$ ,11(Н)-эвдесм-4(5)-ен-12,6-олид **4**:** 0,375 г вещества **1** растворили в 5 мл этанола, при перемешивании прибавили по каплям 0,4 мл диэтиламина. Ход реакции контролировали по ТСХ. Растворитель упаривали в вакууме. Получили 0,320 г бесцветного кристаллического вещества **4** состава  $\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{O}_3\text{N}$  с т. пл. 162–164 °С. Выход 85 %.

ИК-спектр (КВг,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 2816 (N-H), 1741 (C=O  $\gamma$ -лактона); 1714 (C=O), 1658, 1463, 1319, 1278, 1264, 1214, 1145, 1074 (C-N), 1043 (C-N), 953, 863, 818, 677.

Элементный анализ: Найдено %: С 70,13; Н 9,06. Вычислено %: С 71,44; Н 9,15.

**13-морфолино-9-оксо-6 $\alpha$ ,7 $\alpha$ ,11(Н)-эвдесм-4(5)-ен-12,6-олид **5**:** 0,100 г вещества **1** растворили в 5 мл этанола, при перемешивании прибавили по каплям 0,3 мл морфолина. Ход реакции контролировали по ТСХ. Растворитель упаривали в вакууме. Получили 0,110 г бесцветного кристаллического вещества **5** состава  $\text{C}_{19}\text{H}_{27}\text{O}_4\text{N}$  с т. пл. 135 °С с разл. Выход 81 %.

ИК-спектр (КВг,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 2816 (N-H), 1742 (C=O  $\gamma$ -лактона); 1716 (C=O), 1658, 1443, 1368, 1338, 1320, 1278, 1264, 1214, 1145, 1074 (C-N), 1043 (C-N), 953, 863, 818, 677.

Элементный анализ: Найдено %: С 68,13; Н 8,33. Вычислено %: С 68,44; Н 8,16.

**5,7-дигидрокси-2-(4-метоксифенокси)-4Н-хромен-4-он **6**:** Хроматографией суммы экстрактивных веществ на  $\text{SiO}_2$  элюент — смесь петролейный эфир–этилацетат с градиентным повышением последнего (от 0 до 30 %) выделили 0,5 г (0,1 %) флавоноида **6** в виде бесцветных кристаллов с т. пл. 232–234 °С.

Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ),  $m/z$  (Иотн, %): 300 ( $\text{M}^+$ , 100), 148 (43), 120 (18), 92 (9), 77 (8), 64 (4), 51 (2), 50 (1), 39 (1).

ИК-спектр (КВг,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3410 (ОН), 1652 (C=O), 1618, 1468, 1571, 1460 (C=C аром.), 1221, 1021 (C-O-C).

$^1\text{H}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 500 МГц): 5,04 (с, Н-3), 6,19 (д,  $J = 1,98$ , Н-6), 6,35 (д,  $J = 2,14$ , Н-8), 7,05 (д,  $J = 9,16$ , Н-2/6), 7,32 (д,  $J = 9,16$ , Н-3/5), 3,76 (с, Н-4'-ОМе); 12,79 (5-ОН), 10,82 (с, 7-ОН).

$^{13}\text{C}$ -ЯМР  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ , 125,76 МГц): 167 (C-2), 99,3 (C-3), 183 (C-4), 161,4 (C-5), 93,9 (C-6), 163,93 (C-7), 87,1 (C-8), 154,9 (C-9), 102 (C-10), 144,3 (C-1), 121,9 (2/6), 115,4 (3/5), 157,8 (4), 55,5 (4'-ОМе).

#### Список литературы

1. Комаров В.Л. Флора СССР. — М.–Л., 1961. — 938 с.
2. Горяев М.И. Эфирные масла флоры СССР. — Алма-Ата, 1952. — 380 с.
3. Талжанов Н.А., Родичев М.А. и др. Турнефорин — новый эвдесманолит из полыни *Artemisia tournefortiana* Rchb. // Химия природ. соед. — 2007. — № 5. — С. 456–457.
4. Budesinsky M., Saman D. Carbon-13 NMR Spectra of Sesquiterpene Lactones // Copyright Academic Press Limited. — 1995. — P. 340.
5. Allen F.H., Kennard O. et al // J. Chem. Soc. Perkin Trans. II. — 1987. — № 12. — P. 1–19.
6. Rowland R.S., Taylor R. Intermolecular Nonbonded Contact Distances in Organic Crystal Structures: Comparison with Distances Expected from van der Waals Radii // J. Phys. Chem. — 1996. — Vol. 100. — P. 7384.
7. Haji Akber Aisa, Yun Zhao, Chengxiang He. A 2-Phenoxychromone from *Artemisia rupestris* // Chemistry of Natural Compounds. — 2006. — № 1. — С. 16–18.