

УДК 577.13 577.19

## АНАЛИЗ АЦЕТОНОВЫХ, ХЛОРОФОРМНЫХ И ДИЭТИЛЭФИРНЫХ ЭКСТРАКТОВ *ARTEMISIA ABSINTHIUM* L., *ARTEMISIA ARMENIACA* LAM. И *ARTEMISIA LATIFOLIA* LEDEB.

© С.Г. Ржевский<sup>1\*</sup>, М.А. Потапов<sup>2</sup>, Х.С. Шихалиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул. Ломоносова, 105, Воронеж, 394087 (Россия), e-mail: slavaosin@yandex.ru

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, 394018 (Россия)

В данной работе представлены результаты анализа ацетоновых, хлороформных и диэтилэфирных экстрактов трех видов полыни: *Artemisia absinthium* L., *Artemisia armeniaca* Lam. и *Artemisia latifolia* Ledeb., выполненного методом газовой хроматографии – масс-спектропии. В хлороформных экстрактах *A. absinthium* и *A. latifolia* из биологически активных веществ обнаружен β-мирцен; в экстрактах *A. armeniaca* и *A. latifolia* – пинен; для *A. absinthium* специфичны 3,6-дифтор-4-[1-гидрокси-2-(метиамино)этил]бензен-1,2-диол, этилпальмитат, β-фелландрен; для *A. armeniaca* – герниарин и d-лимонен; для *A. latifolia* – γ-ситостерол и фарнезол. В ацетоновых экстрактах всех трех видов обнаружены такие биологически активные вещества, как γ-ситостерол, фитол; в экстрактах *A. absinthium* и *A. armeniaca* выявлен α-куббен; в экстрактах *A. armeniaca* и *A. latifolia* – витамин Е; в экстрактах *A. absinthium* и *A. latifolia* – азафрин. Специфичными для данных извлечений *A. absinthium* оказались β-фелландрен, эстафиантин, β-элемен, янгамбин, β-санталол, кариофиллен, ликопин; для *A. armeniaca* – α-фелландрен и γ-элемен; для *A. latifolia* – гематопорфирин и ламинитол. В диэтилэфирном экстракте *A. absinthium* найдены такие биологически-активные вещества как арборесцин и янгамбин; в экстракте *A. armeniaca* – D-лимонен; в экстракте *A. latifolia* – гематопорфирин. На основе полученных данных следует предположить, что препараты данных видов растений могут обладать антибактериальной, антиоксидантной и противовоспалительной активностью.

*Ключевые слова:* полынь горькая, полынь армянская, полынь широколистная, эфиромасличные растения, газовая хроматография – масс-спектропия.

### Введение

Полынь армянскую (*Artemisia armeniaca* Lam.) и широколистную (*Artemisia latifolia* Ledeb.) можно рассматривать как перспективные виды в плане применения в фармацевтической и пищевой промышленности, но химический состав их сырья и биологические свойства экстрактов на данный момент еще мало изучены. Данные виды распространены в сибирской части России, на Кавказе, встречаются в Центральном Черноземье [1]. Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) широко распространена на территории Евразии, является хорошо изученным видом, внесенным в Государственную фармакопею Российской Федерации [2] и успешно применяющимся в медицинской практике. В данном исследовании он использовался для сравнения с компонентным разнообразием экстрактов двух других видов.

На данный момент полынь армянская и широколистная не используются в фармацевтической практике Российской Федерации, однако имеются данные, показывающие, что экстракты эфирного масла *A. armeniaca* способны оказывать антипролиферативное действие [3] и обладают антималярийной активностью [4].

*Ржевский Станислав Геннадьевич* – младший научный сотрудник, e-mail: slavaosin@yandex.ru

*Потапов Михаил Андреевич* – ведущий инженер кафедры органической химии, e-mail: amidines@mail.ru

*Шихалиев Хидмет Сафарович* – доктор химических наук, профессор, e-mail: slavaosin@yandex.ru

Для проведения обширного фотохимического скрининга необходимо исследовать экстракты, приготовленные различными способами. Спиртовые настойки и водные отвары раститель-

\* Автор, с которым следует вести переписку.

ного сырья являются традиционным, легкоизготавливаемым видом фитопрепаратов, но далеко не все органические соединения хорошо экстрагируются водой и этанолом, для извлечения некоторых компонентов необходимы растворители с другой полярностью. Довольно перспективными в этом отношении представляются хлороформенные, ацетоновые и диэтилэфирные вытяжки. Данные три вида растворителей существенно различаются по своим физико-химическим свойствам, что должно обеспечить широкое разнообразие наборов экстрагируемых веществ [5].

Цель данной работы – дополнение данных по скринингу химического состава *A. absinthium*, *A. armeniaca* и *A. latifolia* анализом их хлороформных, ацетоновых и диэтилэфирных экстрактов. Для интерпретации полученных данных необходимо выявить доминирующие компоненты в составе извлечений каждого вида, рассмотреть обнаруженные в них вещества, обладающие биологической активностью, сравнить профили содержащихся в них метаболитов для трех видов и сопоставить результаты анализов экстрактов, полученных с применением разных растворителей.

### Материалы и методики исследования

Растительное сырье *A. absinthium*, *A. armeniaca* и *A. latifolia* для анализа собиралось на территории Воронежской области, на залежном разнотравно-луговом участке; отбирались листья, фрагменты стеблей и черенки 2–3 ювенильных и генеративных особей; далее собранное сырье для каждого вида смешивалось, приготавливалась средняя проба.

Для изготовления экстрактов 3 г растительного сырья каждого вида заливались 10 мл растворителя, в случае ацетона и хлороформа смесь нагревалась на электрической плите до кипения, после чего сырье в сосудах оставляли настаиваться в течение 2 месяцев (методика разработана автором).

Анализ приготовленных фитоэкстрактов проводился на хроматографе «Agilent 7890B GC System» с детектором масс «Agilent 5977A MSD» (США). Использовалась инъекция объемом 1.0 мкл, с делением потока 50 : 1. Применялась неполярная колонка «HP-5MS UI» (30 м × 0.250 мм × 0.25 мкм), с фазой 5% (фенил)-метилполисилоксаном (кат. № 19091S-433UI). Газом-носителем служил гелий, скорость его движения составляла 1.0 мл/мин при температуре узла ввода пробы – 280 °С, использовалась ионизация типа «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (19 мая 2011 года), с использованием программного обеспечения «MassHunter v. B.06.00» и «NIST MS Search 2.0».

### Результаты исследования и обсуждение

В растительном сырье исследуемых видов выявлено большое количество органических веществ разных классов. В таблице 1 приведены результаты анализа хлороформных экстрактов изучаемых видов (в колонке «С» – процентное содержание компонентов, выраженное в отношении площади хроматографических пиков отдельных веществ к суммарной их площади, в колонке; в список не включен ацетон, служивший растворителем).

Таблица 1. Компонентный состав хлороформных экстрактов *Artemisia absinthium*, *Artemisia armeniaca* и *Artemisia latifolia*

<i>A. absinthium</i>		<i>A. armeniaca</i>		<i>A. latifolia</i>	
Компонент	С(%)	Компонент	С(%)	Компонент	С(%)
1	2	3	4	5	6
2-(4а,8-Диметил-7-оксо-1,2,3,4,4а,7-гексагидронафта-лен-2-ил)-пропионовая кислота	26.23	Герниарин (7-метокси-2Н-1-безопиран-2-он)	26.97	Аценафтен (1,2-дигидро-роценафтилен)	60.18
2-Бутеновой кислоты, 2-метил-, 2-(ацетокси)-1,1а,2,3,4,6,7,10,11,11а-декагидро-7,10-дигидрокси-1,1,3,6,9-пентаметил-4а,7а-эпокси-5Н-циклопент[а]циклопропа[f]циклоундецен-11-иловый эфир	7.92	Ликоксантин	13.25	β-Мирцен	11.72

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Тритетраконтан	6.67	Левоглюкозан (1,6-ангидро-β-D-глюкопираноза)	7.23	(1R)-2,6,6-Триметил-бицикло[3.1.1]гепт-2-ен	5.28
1,30-Дибромотриаконтан	6.44	11-Децилтетракосан	4.73	Транс-β-оцимен	3.47
Левоглюкозан (1,6-ангидро-β-D-глюкопираноза)	5.81	Тритетраконтан	4.05	1,1-Диэтоксиэтан,	2.58
3,9,9а-Трис(ацетокси)-3-[(ацетокси)метил]-2-хлоро-1,1а,1b,2,3,4,4а,7а,7b,8,9,9а-доекагидро-4а,7b-дигидрокси-1,1,6,8-тетраметил-5Н-циклопропа[3,4]бенз[1,2-е]азулено-5-он,	5.48	α-Пинен ((1R)-2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен)	3.99	3,7-Диметил-(Z)-1,3,6-октатриен,	2.49
3-Этил-5-(2-этилбутил)-октадекан	5.39	3-Метокси-2-(2,4,5-триметоксифенил)-2-циклогексен-1-он	3.83	6,6-Диметил-2-метил-лен-(1S)-бицикло[3.1.1]гептан	2.46
2-(2,5-Диметоксифенил)циклогекс-2-енон	5.29	3-Этил-5-(2-этилбутил)-октадекан	3.71	Клионастерол (γ-Ситостерол)	2.36
Бицикло[3.1.0]гексан-3-он, 4-метил-1-(1-метилэтил)-, [1S-(1.α.,4.β.,5.α.)]	5.19	Гексатриаконтан	3.63	4,6,6-Триметил-2-винилокси-бицикло[3.1.1]гепт-3-ен	1.78
Гексатриаконтан	3.87	6,6-Диметил-2-метил-ен-(1S)-бицикло[3.1.1]гептан,	3.36	7-Метил-Z-тетрадецен-1-ол ацетат	1.31
Туйон	2.98	α-Амирин	2.77	5,8,11-Гептадекатриен-1-ол	1.15
2-Бромооктадеканаль	2.51	3,9,9а-Трис(ацетокси)-3-[(ацетокси)метил]-2-хлоро-1,1а,1b,2,3,4,4а,7а,7b,8,9,9а-доекагидро-4а,7b-дигидрокси-1,1,6,8-тетраметил-5Н-циклопропа[3,4]бенз[1,2-е]азулено-5-он,	2.14	Неролидол (1,6,10-Додекатриен-3-ол, 3,7,11-триметил)	0.88
Ди-п-октил фталат	1.91	2,7,10,11-Тетракис(ацетилокси)декагидро-8,9-дигидрокси-1,1,3,6,9-пентаметил-4а,7а-Эпоксид-5Н-циклопент[а]циклопропа[ф]циклоундецен-4(1H)-он.	1.74	Ликоксантин	0.77
Тридекан	1.81	8,11-Циклопрегн-14-ен-11-ол-3,20-дион, бис(этилен ацеталь) ацетат	1.67	2-(9-Октадецинилокси)-(Z)-этанол	0.6
Октадекан	1.67	Астаксантин	1.6	Кариофиллен	0.56
Этилпальмитат	1.58	2,4,6-Декатриеновой кислоты 1а,2,5,5а,6,9,10,10а-октагидро-5,5а-дигидрокси-4-(гидроксиметил)-1,7,9-триметил-1-[[2-метил-1-оксо-2-бутенил]окси]метил]-11-оксо-1Н-2,8а-метанциклопента[а]циклопропа[е]циклодецен-6-иловый эфир	1.09	1-Гептатриаконтанол	0.51
Ликопен	1.47	1',1'-Дикарбоэтокси-1.β.,2.β.-дигидро-3'Н-циклопроп[1,2]холеста-1,4,6-триен-3-он	0.76	Родопин	0.46

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
8,8а-Бис(ацетокси)-2а-[(ацетокси)метил]-1,1а,1б,1с,2а,3,3а,6а,6б,7,8,8а-доекагидро-3,3а,6б-тригидрокси-1,1,5,7-тетраметил-4Н-Циклопропа[5',6']бенз[1',2':7,8]азулено[5,6-б]оксирен-4-он	1.46	D-Лимонен	0.65	2-Бутеновой кислоты, 2-метил-, 2-(ацетокси)-1,1а,2,3,4,6,7,10,11,11а-декагидро-7,10-дигидрокси-1,1,3,6,9-пентаметил-4а,7а-эпоксипропа[5Н-циклопент[а]циклопропа[ф]циклоундецен-11-иловый эфир	0.42
β-Фелландрен	1.26	Фталиевой кислоты, бутил 3-(2-метоксиэтил)гептиловый эфир	0.58	α,β,-Диметилбензенэтанол	0.22
Ацеталь (1,1-диэтоксигетан)	0.99	Ликопен	0.39	9,9а-Бис(ацетилокси)-1,1а,1б,2,4а,7а,7б,8,9,9а-декагидро-2,4а,7б-тригидрокси-3-(гидроксиметил)-1,1,6,8-тетраметил-5Н-Циклопропа[3,4]бенз[1,2-е]азулен-5-он,	0.19
β-Мирцен	0.97	Z-(13,14-Эпоксид)тетрадец-11-ен-1-ол ацетат	0.35	γ-Терпинен	0.16
Октагидроциклобута-[1,2-б:3,4-б']-дитиофен-1,1,4,4-тетраоксид	0.71	1а,2,5,5а,6,9,10,10а-Октагидро-5,5а,6-тригидрокси-1,4-бис(гидроксиметил)-1,7,9-триметил-1Н-2,8а-метанциклопент[а]циклопропа[е]циклодецен-11-он	0.18		
Родопин	0.59	8,8а-Бис(ацетокси)-2а-[(ацетокси)метил]-1,1а,1б,1с,2а,3,3а,6а,6б,7,8,8а-доекагидро-3,3а,6б-тригидрокси-1,1,5,7-тетраметил-4Н-Циклопропа[5',6']бенз[1',2':7,8]азулено[5,6-б]оксирен-4-он,	0.17		
Метанэтион, (2,5-диметилфенил)-(2,4,6-триметилфенил)-, S-оксид	0.46				
3,3,5,8,11,11-Гексаметилспиро[(трицикло[6.2.2.0(2,7)]додека-5,9-диен)-4,1'-циклобутан]-12,2'-дион,	0.35				
Эвдалин (7-изопропил-1-метилнафтален)	0.33				
1,3-Дихлоро-2-фторобензен	0.28				
β,3,4-тригидрокси-N-метил-2,5-дифтор-бензенэтанамин,	0.21				
N-Бензил-2-этокси-5-(тетразол-1-ил)-бензосульфонамид	0.17				

Рассмотрим некоторые из выявленных в ходе анализа веществ, согласно литературным данным, обладающих биологической активностью.

1. Компоненты, свойственные нескольким видам. В экстрактах *A. absinthium* и *A. latifolia* обнаружен β-мирцен – ациклический природный монотерпен, тестирование протективного действия которого в опытах с мутагенным воздействием т-бутилгидропероксида на микроорганизмы продемонстрировало подавление мутагенеза данным веществом [6]. В составе экстрактов полыни армянской и широколистной выявлен пинен

– бициклический монотерпен, представленный  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомерами (а также положительными и отрицательными оптическими энантиомерами). Оценка противомикробной активности пиненов различной пространственной конфигурации показала, что наиболее активными являются положительные энантиомеры  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров, демонстрирующие явный бактерицидный и фунгицидный эффект [7].

2. *Специфические компоненты A. absinthium.* Установлено, что 3,6-дифтор-4-[1-гидрокси-2-(метиамино)этил]бензен-1,2-диол является аналогом адренэргических агонистов (эпинефрина, норэпинефрина), показана способность данного вещества связываться с рецепторами адренэргической системы, за счет чего оно может оказывать возбуждающее действие на нервную систему [8]. Этилпальмитат, эфир жирной кислоты, продемонстрировал противовоспалительную активность в опытах на млекопитающих [9].  $\beta$ -Фелландрен рассматривался в качестве природного пестицида. Исследование генетической токсичности  $\beta$ -фелландрена показало, что данное вещество обладает потенциальной опасностью [10].

3. *Специфические компоненты A. armeniaca.* Моноциклический терпен d-лимонен может применяться для растворения холестеринсодержащих камней в желчном пузыре. Благодаря эффекту нейтрализации кислоты и поддержки нормальной перистальтики, он используется для облегчения изжоги при гастроэзофагеальной рефлюксной болезни. Также d-лимонен имеет химиопрофилактическую активность в отношении некоторых видов онкологии [11]. Кумариновое производное герниарин обладает цитопротективными свойствами, что показано в исследовании с моделированием развития сепсиса у млекопитающих [12].

4. *Специфические компоненты A. latifolia.* Ациклический монотерпен транс-оцимен является составным компонентом феромонов растений, может привлекать насекомых-опылителей, а также обеспечивать защиту от травоядных [13]. Кумариновое производное  $\gamma$ -терпинен проявляет фунгицидную активность, снижая образование афлатоксинов в опытах с *Aspergillus flavus*, имеет перспективы использования для контроля роста аспергилла в продуктах на стадии хранения [14]. Фарнезол представляет собой спиртовое производное терпеноидов, обладающее антибактериальной, антифунгальной и антипротозойной активностью [15]. Также установлено, что фарнезол предпочтительно ингибирует пролиферацию и индуцирует апоптоз опухолевых клеточных линий, не оказывая воздействие на первичные моноциты, покоящиеся или пролиферирующие Т-лимфоциты [16]. Терпеновый углеводород  $\beta$ -кариофиллен способен индуцировать апоптоз в клетках лимфомы и нейробластомы [17].

Анализ ацетоновых экстрактов изучаемых видов показал наличие существенно отличающегося, по сравнению с хлороформными извлечениями, перечня веществ. Результаты данного анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2. Компонентный состав ацетоновых экстрактов *Artemisia absinthium*, *Artemisia armeniaca* и *Artemisia latifolia*

<i>A. absinthium</i>		<i>A. armeniaca</i>		<i>A. latifolia</i>	
Компонент	C(%)	Компонент	C(%)	Компонент	C(%)
1	2	3	4	5	6
2-(4а,8-Диметил-7-оксо-1,2,3,4,4а,7-гексогидронафта-лен-2-ил)-пропионовая кислота	2.88	Аллил ацетат	27.03	Аллил ацетат	21.43
Диизопропиловый эфир	1.2	Диизопропиловый эфир	1.32	Гематопорфирин	2.63
4-Гидрокси-4-метил-2-пентанон	1.14	4-Гидрокси-4-метил-2-пентанон	1.19	4-Гидрокси-4-метил-2-пентанон	1.1
6,6-диметил-2-метил-2-(1S)-бицикло[3.1.1]гептан	0.95	$\gamma$ -Ситостерол	0.25	$\beta$ -Пинен	0.96
Родопин	0.51	$\alpha$ -Кубебен	0.19	Диизопропиловый эфир	0.87
$\beta$ -Фелландрен	0.4	(+)-4-Карен	0.17	Ликоксантин	0.27
Декагидро-4,8,8-триметил-, [1S-(1.а.,3а.б.,4.а.,8а.бета.,9R*)]-1,4-метаноазулен-9-метанол,	0.34	(1R)-2,6,6-Триметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен	0.15	1,2,3,4,4а,7-гексагидро-1,6-диметил-4-(1-метилэтил)нафта-лен	0.23
Фитол	0.27	Фитол	0.12	$\alpha$ -Пинен	0.17
Цитринин	0.23	$\beta$ -Пинен	0.11	Цис- $\beta$ -оцимен	0.15
$\gamma$ -Ситостерол	0.22	Изофитол	0.1	D-Лимонен	0.14
Тетрапентаконтан	0.18	Цикло-2-этандил ацеталь, (5.б.)-холестан-3-он	0.08	3,4,3',4'-Тетрагидроспириллоксантин	0.11

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Эстафиатин	0.17	3-[(ацетилокси)метил]-1а,1б,4,4а,5,7а,8,9-октагидро-1,1,6,8-тетраметил-, 9,9а-диацетат, [1аR-(1а.а.,1б.β.,4а.β.,5.β.,7а.а.,7б.а.,8.а.,9.β.,9а.а.)]-1Н-Циклопропа[3,4]бенз[1,2-е]азулен-5,7б,9,9а-тетрол,	0.05	7,8,8а-Додекагидро-3,3а,6б-тригидрокси-1,1,5,7-тетраметил-4Н-циклопропа[5',6']бенз[1',2':7,8]азулено[5,6-б]охирен-4-он, 8,8а-бис(ацетокси)-2а-[(ацетилокси)метил]-1,1а,1б,1с,2а,3,3а,6а,6б,	0.11
Геранил-α-терпинен	0.15	D-Лимонен	0.05	Ликоксантин	0.11
Янгамбин	0.15	Стигмастерол	0.05	Ламинитол (4-С-метил-миоинозитол)	0.09
α-Кубебен	0.12	Витамин Е	0.05	Азафрин	0.07
β-Санталол	0.1	Фитол	0.04	Диметил пальмитамин	0.07
транс-Геранилгераниол	0.1	γ-Элемен	0.03	Родопин	0.07
8,9-Дегидро-9-винил-циклоизолонгифолен	0.09	Иланген	0.03	Витамин Е	0.06
Стигмастерол	0.08	β-Мирцен	0.02	2-метилен-4,8,8-триметил-4-винил-Бицикло[5.2.0]нонан,	0.05
1,5,5-Триметил-6-(3-метилбута-1,3-диенил)-циклогексен	0.06	4,4-Диметил-3-метокси-17-метилтиометокси-(14.β.)3,19-эпоксиандроста-5,7-диен	0.02	2,6-Диметил-(Е,Ζ)-2,4,6-октатриен (неоаллооцимен)	0.04
17-Ацетокси-3.β.-метокси-4,4-диметил-8,14-секо-3,19-эпоксиандростан-8,14-дион, Кариофиллен	0.06	7а-Изопропенил-4,5-диметиллоктагидроинден-4-ил)метанол	0.02	3,7,11,15-Тетраметил-2-гексадецен-1-ол	0.04
Ликопин	0.06	(S)-(+)-6-Метил-1-октанол	0.02	δ-Элемен	0.04
Нерил пропионат(3,7-(Ζ)-Диметилпропаноат-2,6-октадиен-1-ол)	0.05	1,1,2-Триметил-3,5-бис(1-метилэтенил)-, (2.а.,3.β.,5.β.)-циклогексан,	0.02	Фитол	0.04
Азафрин	0.05	транс-β-Оцимен	0.02	γ-Ситостерол	0.02
Бутановой кислоты, 2-метил-, 3,7-диметил-2,6-октадиениловый эфир	0.05	α-Фелландрен	0.01	1-Циклогексил-1-пентанол	0.02
		12-Хлоро-2-додецен-1-ол	0.01	2,4-Диметил-4-гептанол-4	0.02
		4-Метил-4-гептанол	0.01	Гексагидро-5а,6-дигидрокси-1а-метил-, (1а.а.,1б.β.,5а.β.,6а.а.,6а.а.)-Оксирено[4,5]циклопента[1,2-с]пиран-2(1аН)-он,	0.02
		Андроста-1,4,6-триен-3,17-дион	0.01	1-Гептин-3-ол	0.01
		Копаен	0.01	цис-β-Фарнесен	0.01
		1,2,3-Триметилциклогексан,	0.01	Этенил-1,5,5-триметил-циклопентен, 4-	0.01
		Транс-α-бергамотен	0.01	н-Каприновой кислоты изопропиловый эфир	0.01
				Фитол ацетат	0.01
				Пулегон	0.01
				Транс-геранилгераниол	0.01

Рассмотрим биологические активные вещества, обнаруженные в ацетоновых экстрактах исследуемых видов.

1. Компоненты, свойственные нескольким видам. γ-Ситостерол (найден во всех трех видах) относят к веществам, снижающим уровень липидов в крови [18]. Также β-ситостерол и β-элемен посредством компьютерного моделирования были протестированы в качестве перспективных агентов для борьбы с коронавирусной инфекцией COVID-19. Проведенное исследование выявило хорошее сродство связывания β-ситостерола и β-элемента в активном центре белков вируса S-ACE2 и Mpro [19]. Также показано, что β-ситостерол потенциально обладает высокой связывающей активностью с белками 3CL и ACE2, что открывает новые

перспективы для разработки новых лекарств от COVID-19 [20]. Фитол (присутствующий во всех трех видах), является одоненасыщенным дитерпеном, участвует в синтезе хлорофилла, витамина Е, витамина К<sub>1</sub>; находит широкое применение в парфюмерной и косметической промышленности [21]. Компоненты витамина Е, известного своими антиоксидантными свойствами, выявлены в составе полыни армянской и широколистной [22]. Азафрин (найден в полыни горькой и широколистной) – натуральный каротиноид, ранее выделенный из корня василька *Centranthera grandiflora* Benth. Является антиоксидантом, обладает кардиопротекторными свойствами [23]. Также в составе полыни горькой и армянской выявлен  $\alpha$ -кубобен, обладающий нейропротекторным действием [24].

2. *Специфические компоненты A. absinthium.* В ацетоновом экстракте данного вида выявлен  $\beta$ -фелландрен (см. выше: специфические компоненты хлороформных экстрактов *A. absinthium*) и другие биоактивные соединения. В частности, эстафиантин, ранее выделенный из *A. ludoviciana*, показал антибактериальный эффект в отношении *Helicobacter pylori*, вызывающих гастрит [25]. Как было отмечено выше,  $\beta$ -элемен рассматривается в качестве перспективного компонента для лечения COVID-19 [19]. Янгамбин (ранее выделенный из бразильских растений *Ocotea duckei* Vattimo) является селективным антагонистом медиаторов PAF (факторов активации тромбоцитов), может быть полезен при патологических состояниях, характеризующихся аномальным высвобождением PAF, таких как анафилактический и септический шок [26].  $\beta$ -Санталол проявляет противовирусную активность против вируса гриппа А/НК (H3N2) [27]. Кариофиллен обладает апоптотическим действием (см. выше: специфические компоненты хлороформных экстрактов *A. latifolia*) [23]. Ликопин – пигмент, которому свойственны противовоспалительные и антиоксидантные функции, он рассматривается в качестве протектора в отношении ожирения и диабетов [28]. Также следует упомянуть Д-лимонен (см. выше: специфические компоненты хлороформного экстракта *A. armeniaca*).

3. *Специфические компоненты A. armeniaca.* В ацетоновом экстракте данного вида выявлен  $\alpha$ -фелландрен, также обладающий антиоксидантными свойствами [29]. Кроме того, найден  $\gamma$ -элемен, проявляющий эффективность против возбудителей лейшманиоза, простейших из рода *Leishmania* [30].

4. *Специфические компоненты A. latifolia.* Весьма интересен факт обнаружения гематопорфирина в составе полыни широколистной. Данное вещество известно, прежде всего, в связи с порфириями – генетическими расстройствами синтеза гемоглобина, приводящими у людей к тяжелым заболеваниям. У больных порфириями (существует несколько различных форм данных расстройств) в результате неполноценного синтеза гема в организме накапливаются патологические продукты метаболизма, вследствие фототоксичности вызывающих повреждение органов и тканей [31]. В то же время такого рода агенты могут находить применение в фотодинамической терапии новообразований [32]. Стоит отметить ламинитол (ранее обнаруженный в составе водорослей), действующий в качестве как антагониста в фосфоинозитидной системе передачи, а также обладающего фунгицидным эффектом в отношении *Neurospora crassa* [33].

Химические соединения, выявленные в составе диэтилэфирных экстрактов изучаемых видов полыни, переставлены в таблице 3.

Укажем выявленные в данных экстрактах биологически активные вещества:

1. *Специфические компоненты A. absinthium:* арборесцин (содержащийся и в других видах полыни, в частности *A. gorgonum*) обладает цитотоксической активностью в отношении онкологических клеток карциномы и нейробластомы [34] и янгамбин (см. выше: специфические компоненты ацетонового экстракта *A. absinthium*.)

2. *Специфические компоненты A. armeniaca:* Д-лимонен (см. выше: специфические компоненты хлороформного экстракта *A. armeniaca*).

3. *Специфические компоненты A. latifolia:* гематопорфирин (см. выше: специфические компоненты ацетонового экстракта *A. latifolia*).

Оценим, насколько соответствует состав экстрактов разных видов, приготовленных одним и тем же способом. В таблице 4 указано количество компонентов, общих для рассматриваемых видов при их попарном сравнении.

Из приведенных цифр можно заключить, что заметное сходство химического состава проявляют полынь армянская и широколистная, относящиеся к одной секции рода (*Abrotanum*), и в то же время полынь армянская имеет существенное число общих компонентов и с полынью горькой из секции *Absinthium*. Как мы видим, систематические взаимоотношения видов полыни прослеживаются при сравнении их химического состава, но не играют главной роли.

Таблица 3. Компонентный состав диэтилэфирных экстрактов *Artemisia absinthium*, *Artemisia armeniaca* и *Artemisia latifolia*

<i>A. absinthium</i>		<i>A. armeniaca</i>		<i>A. latifolia</i>	
Компонент	С(%)	Компонент	С(%)	Компонент	С(%)
1,2-Диэтоксигтан	33.16	Бутиловый эфир муравьиной кислоты	3.78	Гематопорфирин	1.82
Диизопропиловый эфир	1.33	Диизопропиловый эфир	2.86	β-Пинен	0.52
2-Этоксигбутан	1.26	Ацеталь (1,1-диэтоксигтан)	2.83	Этиламин	0.24
1-Этоксигбутан	1.2	2-Этоксигбутан	2.31	2-Норпинен, 3,6,6-Триметил-бигцикло[3.1.1]гепт-2-ен	0.19
Арборесцин	0.95	2-Этоксигпропан	1.2	1,2,3,4,4а,7-Гексагидро-1,6-диметил-4-(1-метилэтил)-нафтаден	0.13
2-Этоксигпропан	0.61	1-Этоксигбутан	1.13	β-Терпинен	0.12
Этилацетат	0.33	Этилацетат	0.75		
β-Пинен	0.23	3-Метил-2-бутанон	0.35		
Янгамбин	0.18	Метилловый эфир уккусной кислоты	0.24		
		3-Этоксигбутен-1	0.16		
		Этиламин	0.14		
		D-Лимонен	0.11		

Оценим теперь селективные свойства использованных в данном исследовании растворителей. Для этого покомпонентно сравним состав извлечений, приготовленных тремя разными способами для каждого из видов. Результат показывает лишь небольшое количество веществ, присутствующих одновременно в двух и более извлечениях (табл. 5).

У всех видов повторяется одна закономерность: наибольшее количество одинаковых соединений содержат ацетоновые и хлороформные экстракты, в меньшей мере совпадает состав ацетоновых и диэтилэфирных экстрактов и, наконец, более всего различается состав хлороформных и диэтилэфирных вытяжек. Данный результат показывает, сколь важен выбор экстрагента при изготовлении вытяжек из природного сырья – используя различные растворители, мы можем получить из одного вида растения практически разные спектры веществ. Также следует отметить, что во всех случаях наиболее скудными по компонентному составу были именно диэтилэфирные экстракты. Выборочная оценка состава вытяжки, приготовленной каким-либо одним методом, не раскрывает все ресурсное богатство растительного сырья. Для более полного обзора спектра содержащихся в нем веществ необходимо проводить комплексное исследование, подразумевающее использование различных методов экстракции.

Таблица 4. Сопоставление количества общих компонентов различных экстрактов для исследуемых видов полыни

Виды полыни / Экстрагент	Хлороформный экстракт	Ацетоновый экстракт	Диэтилэфирный экстракт
<i>A. absinthium</i> и <i>A. armeniaca</i>	6	7	1
<i>A. armeniaca</i> и <i>A. latifolia</i>	3	10	1
<i>A. absinthium</i> и <i>A. latifolia</i>	4	8	1

Таблица 5. Сопоставление количества общих компонентов различных разных экстрактов исследуемых видов полыни

Природа растворителя / Общее количество компонентов для каждого вида	<i>A. absinthium</i>	<i>A. armeniaca</i>	<i>A. latifolia</i>
Ацетоновые и хлороформные экстракты	3	3	6
Ацетоновые и диэтилэфирные экстракты	2	2	3
Хлороформные и диэтилэфирные экстракты	1	1	0

### Выводы

1. В ходе проведенного анализа установлено, что преобладающими веществами в хлороформном экстракте для *A. absinthium* являются 2-(4а,8-диметил-7-оксо-1,2,3,4,4а,7-гексагидронафтаден-2-ил)-пропионовая кислота, 2-метил-2-(ацетокси)-1,1а,2,3,4,6,7,10,11,11а-декагидро-7,10-дигидрокси-1,1,3,6,9-пентаметил-

4а,7а-эпокси-5Н-циклопент[а]циклопропа[f]циклоундецен-11-иловый эфир 2-бутеновой кислоты. Для *A. armeniaca* – (-)-β-пинен, ликоксантин, левоглюкозан, для *A. latifolia* – аценафтен, β-мирцен, α-пинен.

2. Следующие компоненты хлороформных экстрактов можно отнести к биологически активным веществам: β-мирцен (выявлен в составе *A. absinthium* и *A. latifolia*) α- и β-пинены (в составе *A. armeniaca* и *A. latifolia*), а также 3,6-дифтор-4-[1-гидрокси-2-(метиамино)этил]бензен-1,2-диол и этилпальмитат (в составе *A. absinthium*), герниарин и d-лимонен (в составе *A. armeniaca*), γ-ситостерол и фарнезол (в составе *A. latifolia*).

3. Доминирующими веществами ацетонового экстракта полыни горькой являются: 2-(4а,8-диметил-7-оксо-1,2,3,4,4а,7-гексагидронафтален-2-ил)-пропионовая кислота, диизопропиловый эфир, 4-гидрокси-4-метил 2-пентанон. В соответствующем экстракте полыни армянской преобладают аллил ацетат, диизопропиловый эфир, 4-гидрокси-4-метил 2-пентанон. Для ацетонового экстракта полыни широколистной главными компонентами являются гематопорфирин, аллил ацетат и 4-гидрокси-4-метил 2-пентанон.

4. В ацетоновых экстрактах всех трех видов обнаружены такие биологически активные вещества, как γ-ситостерол, фитол, в составе *A. absinthium* и *A. armeniaca* выявлен α-кубебен, *A. armeniaca* и *A. latifolia* – витамин Е, *A. absinthium* и *A. latifolia* – азафрин. Сецифическими для ацетоновых экстрактов полыни горькой оказались β-фелландрен, эстафиантин, β-элемен, янгамбин, β-санталол, кариофиллен, ликопин; для экстрактов полыни армянской специфичны α-фелландрен и γ-элемен, для полыни широколистной – гематопорфирин и ламинитол.

5. Доминирующими компонентами диэтилэфирного экстракта полыни горькой являются 1,2-этоксизтан, диизопропиловый эфир, 2-этоксизбутан, 1-этоксизбутан. Преобладающими компонентами диэтилэфирного экстракта полыни армянской являются бутиловый эфир муравьиной кислоты, диизопропиловый эфир, 1,1-диэтоксизтан, 2-этоксизбутан, 2-этоксизпропан, 1-этоксизбутан. Главные компоненты диэтилэфирного экстракта полыни широколистной – гематопорфирин, β-пинен, этиламин, бицикло[3.1.1]гепт-2-ен, 3,6,6-триметил-нафтален, 1,2,3,4,4а,7-гексагидро-1,6-диметил-4-(1-метилэтил)-циклогексен, (1-метилэтил)-4-метилен-1.

6. В диэтилэфирных экстрактах *A. absinthium* найдены такие биологически активные вещества, как арборесцин и янгамбин, *A. armeniaca* – D-лимонен, *A. latifolia* – гематопорфирин.

7. Для близкородственных видов полынь армянская и широколистная обнаружено сходство состава экстрактов (более всего – ацетоновых), но оно не охватывает большинство компонентов.

8. Состав извлечений, полученных разными видами растворителей из одних и тех же видов, существенно варьирует, вплоть до полного несовпадения. Наименее богатыми числом компонентов оказываются диэтилэфирные экстракты.

Подводя итог, можно заключить, что исследуемые виды *A. armeniaca* и *A. latifolia* являются богатым источником биологически активных веществ. При этом состав их экстрактов в значительной мере варьирует в зависимости от способа выделения. Выполненное исследование подтверждает перспективы медицинского использования рассматриваемых видов, дальнейшим направлением исследований могла бы стать оценка бактерицидного и фунгицидного, а также антипролиферативного действия экстрактов данных представителей, а также их отдельных компонентов.

### Список литературы

1. Тахтаджан А.Л. Конспект флоры Кавказа. СПб.; М., 2008. Т. 3, ч. 1. 469 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. 13 изд. М., 2015. Т. 2. 1004 с.
3. Mojarab M., Lagzianb M., Emamic S.A., Asilic J., Tayarani-Najaranb Z. *In vitro* anti-proliferative and apoptotic activity of different fractions of *Artemisia armeniaca* // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2013. Vol. 23. N5. Pp. 783–788.
4. Mojarab M., Shiravand A., Delazar A. Evaluation of in vitro antimalarial activity of different extracts of *Artemisia aucheri* Boiss. and *A. armeniaca* Lam. and fractions of the most potent extracts // The Scientific World Journal. 2014. Vol. 6. DOI: 10.1155/2014/825370.
5. Отто М. Современные методы аналитической химии. М., 2003. Т. 2. 64 с.
6. Mitić-Culafić D., Zegura B., Nikolić B., Vuković-Gaćić B., Knezević-Vukcević J., Filipić M. Protective effect of linalool, myrcene and eucalyptol against t-butyl hydroperoxide induced genotoxicity in bacteria and cultured human cells // Food and Chemical Toxicology. 2009. Vol. 47. N1. Pp. 260–266. DOI: 10.1016/j.fct.2008.11.015.
7. da Silva A.C., Lopes P.M., de Azevedo M.M., Costa D.C., Alviano C.S., Alviano D.S. Biological activities of α-pinene and β-pinene enantiomers // Molecules. 2012. Vol. 17. N6. Pp. 6305–6316. DOI: 10.3390/molecules17066305.

8. Chen G.T., King M., Gusovsky F., Creveling C.R., Daly J.W., Chen B.H., Nie J.Y., Kirk K.L. Syntheses of 2,5- and 2,6-difluoronorepinephrine, 2,5-difluoroepinephrine, and 2,6-difluorophenylephrine: effect of disubstitution with fluorine on adrenergic activity // *Journal of Medicinal Chemistry*. 1993. Vol. 36. N24. Pp. 3947–3955.
9. Saeed N.M., El-Demerdash E., Abdel-Rahman H.M., Algandaby M.M., Al-Abbasi F.A., Abdel-Naim A.B. Anti-inflammatory activity of methyl palmitate and ethyl palmitate in different experimental rat models // *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2012. Vol. 264. N1. Pp. 84–93. DOI: 10.1016/j.taap.2012.07.020.
10. Cheng Z., Jiang J., Yang X., Chu H., Jin M., Li Y. et al. The research of genetic toxicity of  $\beta$ -phellandrene // *Environmental toxicology and pharmacology*. 2018. Vol. 54. Pp. 28–33. DOI: 10.1016/j.etap.2018.05.005.
11. Беликов В.Г. Учебное пособие по фармацевтической химии. М., 1979. 552 с.
12. Aydin T., Erol H.S., Cakir A., Yildirim S., Salam Y.S., Halici M. Effects of herniarin on sepsis induced rats liver // *Journal Pharmaceutical Care & Health Systems*. 2017. N4. P. 22. DOI: 10.4172/2376-0419-C1-023.
13. Farré-Armengol G., Filella I., Llusà J., Peñuelas J.  $\beta$ -Ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms // *Molecules*. 2017. Vol. 22. N7. DOI: 10.3390/molecules22071148.
14. Moon Y.S., Lee H.S., Lee S.E. Inhibitory effects of three monoterpenes from ginger essential oil on growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* and their gene regulation in aflatoxin // *Applied Biological Chemistry*. 2018. Vol. 61. N2. Pp. 243–250. DOI: 10.1007/s13765-018-0352-x.
15. Савастеева А.В., Перунова Н.Б., Иванова Е.В., Челпаченко О.В. Изучение влияния фарнезола на био пленкообразование *Bifidobacterium* spp. и *Candida* spp. // *Успехи медицинской микологии*. 2014. Т. 12. С. 61–63.
16. Rioja A., Pizzev A.R., Marson C.M., Thomas N.S. Preferential induction of apoptosis of leukaemic cells by farnesol // *FEBS Letters*. 2000. Vol. 467. N2–3. Pp. 291–295.
17. Sain S., Naoghare P.K., Devi S.S., Daiwile A., Krishnamurthi K., Arrigo P., Chakrabarti T. Beta caryophyllene and caryophyllene oxide, isolated from *Aegle marmelos*, as the potent anti-inflammatory agents against lymphoma and neuroblastoma cell // *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry*. 2014. Vol. 13. N1. Pp. 45–55.
18. Gerson F.B.S., Dunckl G.G. Hypocholesteremic Effect of Sitosterol // *Nature*. 1963. Vol. 200. P. 679.
19. Sankar M., Ramachandran B., Pandi B., MutharasaPpan N., Ramasamy V., Prabu P.G. et al. *In silico* Screening of Natural Phytocompounds Towards Identification of Potential Lead Compounds to Treat COVID-19 // *Frontiers in molecular biosciences*. 2021. Vol. 8. Article 637122. DOI: 10.3389/fmolb.2021.637122.
20. Gao K., Song Y.P., Song A. Exploring active ingredients and function mechanisms of Ephedra-bitter almond for prevention and treatment of Corona virus disease 2019 (COVID-19) based on network pharmacology // *BioData mining*. 2020. Vol. 13. N1. Pp. 1–20.
21. McGinty D., Letizia C.S., Api A.M. Fragrance material review on phytol // *Food and Chemical Toxicology*. 2010. N48. Pp. 59–63.
22. Айдарханов Б.Б., Локшина Э.А., Ленская Е.Г. Молекулярные аспекты механизма антиокислительной активности витамина Е: особенности действия альфа-и гамма-токоферолов // *Вопросы медицинской химии*. 1989. Т. 35. №3. С. 2–9.
23. Yang S., Chou G., Li Q. Cardioprotective role of azafrin in against myocardial injury in rats via activation of the Nrf2-ARE pathway // *Phytomedicine*. 2018. Vol. 47. Pp. 12–22. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.04.042.
24. Park S.Y., Jung W.J., Kang J.S., Kim C.M., Park G., Choi Y.W. Neuroprotective effects of  $\alpha$ -iso-cubebene against glutamate-induced damage in the HT22 hippocampal neuronal cell line // *International journal of molecular medicine*. 2015. Vol. 35. N2. Pp. 525–532. DOI: 10.3892/ijmm.2014.2031.
25. Palacios-Espinosa J.F., Núñez-Aragón P.N., Gomez-Chang E., Linares E., Bye R., Romero I. Anti-*Helicobacter pylori* Activity of *Artemisia ludoviciana* subsp. *mexicana* and Two of Its Bioactive Components, Estafiatin and Eupatilin // *Molecules*. 2021. Vol. 26. N12. P. 3654. DOI: 10.3390/molecules26123654.
26. Castro-Faria-Neto H.C., Araújo C.V., Moreira S., Bozza P.T., Thomas G., Barbosa-Filho J.M. et al. Yangambin: a new naturally-occurring platelet-activating factor receptor antagonist: in vivo pharmacological studies // *Planta medica*. 1995. Vol. 61. N2. Pp. 106–112.
27. Paulpandi M., Kannan S., Thangam R., Kaveri K., Gunasekaran P., Rejeeth C. *In vitro* anti-viral effect of  $\beta$ -santalol against influenza viral replication // *Phytomedicine*. 2012. Vol. 19. N3-4. Pp. 231–235. DOI: 10.1016/j.phymed.2011.11.006.
28. Крылов И.А., Утешев Д.Б. Ликопин – перспективы клинического применения // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2002. Т. 65. №2. С. 76–78.
29. Siqueira H.D.S., Neto B.S., Sousa D.P., Gomes B.S., da Silva F.V., Cunha F.V.M., Wanderley C.W.S., Pinheiro G., Cândido A.G.F., Wong D.V.T., Ribeiro R.A., Lima-Júnior R.C.P., Oliveira F.A.  $\alpha$ -Phellandrene, a cyclic monoterpene, attenuates inflammatory response through neutrophil migration inhibition and mast cell degranulation // *Life Science*. 2016. Vol. 160. Pp. 27–33. DOI: 10.1016/j.lfs.2016.07.008.
30. Nunes T.A., Costa L.H., De Sousa J.M.S., De Souza V.M.R., Rodrigues R.R.L., Val M.D.C.A., Pereira A.C.T.D.C., Ferreira G.P., Da Silva M.V., Da Costa J.M.A.R., Vêras L.M.C., Diniz R.C., Rodrigues K.A.D.F. *Eugenia piauhiensis* Vellaff. essential oil and  $\gamma$ -elemene its major constituent exhibit antileishmanial activity, promoting cell membrane damage and *in vitro* immunomodulation // *Chem. Biol. Interact.* 2021. Vol. 339. Article 109429. DOI: 10.1016/j.cbi.2021.109429.
31. Климентов М.Н., Зайнетдинов М.Р., Яковлев А.А. Порфирия и порфириновая болезнь // *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2016. №4-2. С. 35.

32. Церковский Д.А., Александрова Е.Н., Лапцевич Т.П., Истомин Ю.П. Сонодинамическая терапия с фотосенсибилизаторами и ее комбинация с фотодинамической терапией в лечении злокачественных опухолей // *Biomedical Photonics*. 2014. Т. 3. №2. С. 18–23.
33. Howard A.J., Ozer C., Oak Z. Carless H.A.J., Oak O.Z. Total synthesis of (-)-laminitol (1D-4C-methyl-myoinositol) via microbial oxidation of toluene // *Tetrahedron Letters*. 1991. Vol. 32. N13. Pp. 1671–1674.
34. Martins A., Mignon R., Bastos M., Batista D., Neng N.R., Nogueira J.M., Vizetto-Duarte C., Custódio L., Varela J., Rauter A.P. *In vitro* antitumoral activity of compounds isolated from *Artemisia gorgonum* Webb. // *Phytother Res*. 2014. Vol. 28. N9. Pp. 1329–1334. DOI: 10.1002/ptr.5133.

Поступила в редакцию 19 апреля 2022 г.

После переработки 27 мая 2022 г.

Принята к публикации 24 ноября 2022 г.

**Для цитирования:** Ржевский С.Г., Потапов М.А., Шихалиев Х.С. Анализ ацетоновых, хлороформных и диэтилэфирных экстрактов *Artemisia absinthium* L., *Artemisia armeniaca* Lam. и *Artemisia latifolia* Ledeb. // *Химия растительного сырья*. 2023. №1. С. 181–192. DOI: 10.14258/jcprm.20230111293.

Rzhevsky S.G.<sup>1\*</sup>, Potapov M.A.<sup>2</sup>, Shikhaliev Kh.S.<sup>2</sup> ANALYSIS OF ACETONE, CHLOROFORM AND DIETHYL ETHER EXTRACTS OF *ARTEMISIA ABSINTHIUM* L., *ARTEMISIA ARMENIACA* LAM. AND *ARTEMISIA LATIFOLIA* LEDEB.

<sup>1</sup> All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, ul. Lomonosova, 105, Voronezh, 394087 (Russia), e-mail: slavaosin@yandex.ru

<sup>2</sup> Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394018 (Russia)

This paper presents the results of the analysis of acetone, chloroform and diethyl ether extracts of three types of wormwood: *Artemisia absinthium* L., *Artemisia armeniaca* Lam. and *Artemisia latifolia* Ledeb., performed by gas chromatography-mass spectroscopy.  $\beta$ -myrcene was found in chloroform extracts of *A. absinthium* and *A. latifolia* from biologically active substances; in extracts of *A. armeniaca* and *A. latifolia*, pinene; 3,6-difluoro-4-[1-hydroxy-2-(methiamino)ethyl]benzene-1,2-diol, ethyl palmitate,  $\beta$ -phellandrene are specific for *A. absinthium*; for *A. armeniaca*, herniarin and d-limonene; for *A. latifolia*,  $\gamma$ -sitosterol and farnesol. In acetone extracts of all three types, such biologically active substances as  $\gamma$ -sitosterol, phytol were found; extracts of *A. absinthium* and *A. armeniaca* revealed  $\alpha$ -cubeben; in extracts of *A. armeniaca* and *A. latifolia* – vitamin E; in extracts of *A. absinthium* and *A. latifolia* – azafrin. Specific for these extracts of *A. absinthium* were  $\beta$ -phellandrene, estafiantin,  $\beta$ -elemen, yangambin,  $\beta$ -santalol, caryophyllene, lycopene; for *A. armeniaca*,  $\alpha$ -phellandrene and  $\gamma$ -element; for *A. latifolia* – hematoporphyrin and laminitol. In the diethyl ether extract of *A. absinthium*, such biologically active substances as arborescin and yangambin were found; in the extract of *A. armeniaca* – D-limonene; *A. latifolia* extract contains hematoporphyrin. Based on the data obtained, it should be assumed that preparations of these plant species may have antibacterial, antioxidant, and anti-inflammatory activity.

**Keywords:** Wormwood, Armenian wormwood, Broad-leaf wormwood, essential oil herbs, gas chromatograph-mass spectroscopy.

## References

1. Takhtadzhian A.L. *Konspekt flory Kavkaza*. [Abstract of the flora of the Caucasus]. St. Petersburg, Moscow, 2008, vol. 3-1, 469 p. (in Russ.).
2. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, 13 izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 13th edition]. Moscow, 2015, vol. 2, 1004 p. (in Russ.).
3. Mojarrab M., Lagzianb M., Emamic S.A., Asilic J., Tayarani-Najaranb Z. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2013, vol. 23, no. 5, pp. 783–788.
4. Mojarrab M., Shirvand A., Delazar A. *The Scientific World Journal*, 2014, vol. 6. DOI: 10.1155/2014/825370.

\* Corresponding author.

5. Otto M. *Sovremennyye metody analiticheskoy khimii*. [Modern methods of analytical chemistry]. Moscow, 2003, vol. 2, 64 p. (in Russ.).
6. Mitić-Culafić D., Zegura B., Nikolić B., Vuković-Gaćić B., Knezević-Vukcević J., Filipić M. *Food and Chemical Toxicology*, 2009, vol. 47, no. 1, pp. 260–266. DOI: 10.1016/j.fct.2008.11.015.
7. da Silva A.C., Lopes P.M., de Azevedo M.M., Costa D.C., Alviano C.S., Alviano D.S. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 6, pp. 6305–6316. DOI: 10.3390/molecules17066305.
8. Chen G.T., King M., Gusovsky F., Creveling C.R., Daly J.W., Chen B.H., Nie J.Y., Kirk K.L. *Journal of Medicinal Chemistry*, 1993, vol. 36, no. 24, pp. 3947–3955.
9. Saeed N.M., El-Demerdash E., Abdel-Rahman H.M., Algandaby M.M., Al-Abbasi F.A., Abdel-Naim A.B. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2012, vol. 264, no. 1, pp. 84–93. DOI: 10.1016/j.taap.2012.07.020.
10. Cheng Z., Jiang J., Yang X., Chu H., Jin M., Li Y. et al. *Environmental toxicology and pharmacology*, 2018, vol. 54, pp. 28–33. DOI: 10.1016/j.etap.2018.05.005.
11. Belikov V.G. *Uchebnoye posobiye po farmatsevticheskoy khimii*. [Pharmaceutical Chemistry Study Guide]. Moscow, 1979, 552 p. (in Russ.).
12. Aydin T., Erol H.S., Cakir A., Yildirim S., Salam Y.S., Halici M. *Journal Pharmaceutical Care & Health Systems*, 2017, no. 4, p. 22. DOI: 10.4172/2376-0419-C1-023.
13. Farré-Armengol G., Filella I., Llusà J., Peñuelas J. *Molecules*, 2017, vol. 22, no. 7. DOI: 10.3390/molecules22071148.
14. Moon Y.S., Lee H.S., Lee S.E. *Applied Biological Chemistry*, 2018, vol. 61, no. 2, pp. 243–250. DOI: 10.1007/s13765-018-0352-x.
15. Savasteyeva A.V., Perunova N.B., Ivanova Ye.V., Chelpachenko O.V. *Uspekhi meditsinskoy mikologii*, 2014, vol. 12, pp. 61–63. (in Russ.).
16. Rioja A., Pizzey A.R., Marson C.M., Thomas N.S. *FEBS Letters*, 2000, vol. 467, no. 2–3, pp. 291–295.
17. Sain S., Naoghare P.K., Devi S.S., Daiwile A., Krishnamurthi K., Arrigo P., Chakrabarti T. *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry*, 2014, vol. 13, no. 1, pp. 45–55.
18. Gerson F.B.S., Dunckld G.G. *Nature*, 1963, vol. 200, p. 679.
19. Sankar M., Ramachandran B., Pandi B., MutharasaPpan N., Ramasamy V., Prabu P.G. et al. *Frontiers in molecular biosciences*, 2021, vol. 8, article 637122. DOI: 10.3389/fmolb.2021.637122.
20. Gao K., Song Y.P., Song A. *BioData mining*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 1–20.
21. McGinty D., Letizia C.S., Api A.M. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, no. 48, pp. 59–63.
22. Aydarkhanov B.B., Lokshina E.A., Lenskaya Ye.G. *Voprosy meditsinskoy khimii*, 1989, vol. 35, no. 3, pp. 2–9. (in Russ.).
23. Yang S., Chou G., Li Q. *Phytomedicine*, 2018, vol. 47, pp. 12–22. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.04.042.
24. Park S.Y., Jung W.J., Kang J.S., Kim C.M., Park G., Choi Y.W. *International journal of molecular medicine*, 2015, vol. 35, no. 2, pp. 525–532. DOI: 10.3892/ijmm.2014.2031.
25. Palacios-Espinosa J.F., Núñez-Aragón P.N., Gomez-Chang E., Linares E., Bye R., Romero I. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 12, p. 3654. DOI: 10.3390/molecules26123654.
26. Castro-Faria-Neto H.C., Araújo C.V., Moreira S., Bozza P.T., Thomas G., Barbosa-Filho J.M. et al. *Planta medica*, 1995, vol. 61, no. 2, pp. 106–112.
27. Paulpandi M., Kannan S., Thangam R., Kaveri K., Gunasekaran P., Rejeeth C. *Phytomedicine*, 2012, vol. 19, no. 3-4, pp. 231–235. DOI: 10.1016/j.phymed.2011.11.006.
28. Krylov I.A., Uteshev D.B. *Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2002, vol. 65, no. 2, pp. 76–78. (in Russ.).
29. Siqueira H.D.S., Neto B.S., Sousa D.P., Gomes B.S., da Silva F.V., Cunha F.V.M., Wanderley C.W.S., Pinheiro G., Cândido A.G.F., Wong D.V.T., Ribeiro R.A., Lima-Júnior R.C.P., Oliveira F.A. *Life Science*, 2016, vol. 160, pp. 27–33. DOI: 10.1016/j.lfs.2016.07.008.
30. Nunes T.A., Costa L.H., De Sousa J.M.S., De Souza V.M.R., Rodrigues R.R.L., Val M.D.C.A., Pereira A.C.T.D.C., Ferreira G.P., Da Silva M.V., Da Costa J.M.A.R., Vêras L.M.C., Diniz R.C., Rodrigues K.A.D.F. *Chem Biol Interact.*, 2021, vol. 339, article 109429. DOI: 10.1016/j.cbi.2021.109429.
31. Klimentov M.N., Zaynetdinov M.R., Yakovlev A.A. *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologiy*, 2016, no. 4-2, p. 35. (in Russ.).
32. Tserkovskiy D.A., Aleksandrova Ye.N., Laptsevich T.P., Istomin Yu.P. *Biomedical Photonics*, 2014, vol. 3, no. 2, pp. 18–23. (in Russ.).
33. Howard A.J., Ozer C., Oak Z., Carless H.A.J., Oak O.Z. *Tetrahedron Letters*, 1991, vol. 32, no. 13, pp. 1671–1674.
34. Martins A., Mignon R., Bastos M., Batista D., Neng N.R., Nogueira J.M., Vizetto-Duarte C., Custódio L., Varela J., Rauter A.P. *Phytother Res.*, 2014, vol. 28, no. 9, pp. 1329–1334. DOI: 10.1002/ptr.5133.

Received April 19, 2022

Revised May 27, 2022

Accepted November 24, 2022

**For citing:** Rzhovsky S.G., Potapov M.A., Shikhaliev Kh.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 181–192. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230111293.