

УДК 581.135.51:582.998.2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА ДВУХ ВИДОВ ПОЛЫНИ: *ARTEMISIA FRIGIDA* И *ARTEMISIA ARGYROPHYLLA*

© Е.А. Королюк¹, А.В. Ткачёв^{2,3*}

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия)

²Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 9, Новосибирск, 630090 (Россия)

³Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090 (Россия) E-mail: atkachev@nioch.nsc.ru

Методом хромато-масс-спектрометрии изучен состав образцов эфирного масла полыни холодной (*Artemisia frigida* Willd., *Asteraceae*) из популяций, произрастающих в Алтайском крае, Республике Алтай, Республике Хакасия, Республике Тува и Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан, и викарирующего вида – полыни серебристолистной (*Artemisia argyrophylla* Ledeb.) из Республики Алтай. Анализ состава 15 образцов эфирного масла *A. frigida*, полученных в период с 1999 по 2007 г., показывает, что образцы из разных популяций похожи по набору основных компонентов: α -пинен (0,2–7,8%), камфен (1,9–5,8%), 1,8-цинеол (8,9–33,8%), камфора (6,7–40,0%), борнеол (3,9–12,3%), терпин-4-ол (1,5–6,5%), борнилацетат (1,4–22,0%), гермакрен D (1,4–14,6%). Часть образцов содержит значительное количество α - и β -гуйюнов (в сумме до 19,1%), которые полностью отсутствуют в других образцах. В некоторых образцах найдены сантолина-спирт (до 13,8%) и его ацетат (до 4,8%). По сравнению с *A. frigida* эфирное масло *A. argyrophylla* отличается наличием йомоги-спирта (1,2%), артемизиа-кетона (12,9%), артемизиа-спирта (3,1%), ацетата артемизиа-спирта (3,9%), а также низким содержанием камфоры (3,2%), борнеола (0,3%) и борнилацетата (0,2%).

Ключевые слова: полынь холодная, полынь серебристолистная, *Artemisia frigida*, *Artemisia argyrophylla*, *Asteraceae*, эфирное масло, химический состав, хромато-масс-спектрометрия.

Введение

Artemisia frigida Willd. – полынь холодная (семейство *Asteraceae*, секция *Absinthium* DC, подсекция *Frigidae* (Rydb.) Korobkov.) [1] представляет собой степной ксерофит, доминирующий в горных и равнинных степях, на залежах, по скалам, на песчаных почвах степных боров в Южной Сибири, Поволжье, Средней Азии, Монголии; вид встречается также в Северной Америке. И.М. Крашенинников в пределах Западной Сибири разграничивал этот вид на три расы, связанные переходными формами в пограничных районах, при этом не указывал, к каким районам данные расы приурочены [2]. Последующие монографы этот вид понимают широко [3–5], а П.П. Поляков при обработке рода для территории бывшего СССР включает в состав *Artemisia frigida* еще и высокогорный вид *Artemisia argyrophylla* Ledeb. [6].

Из подсекции *Frigidae* семейства *Asteraceae* вид *A. frigida* в химическом отношении наиболее изучен, причем большая часть работ посвящена исследованию флавоноидов [7, 8], сесквитерпеновых лактонов [9, 10] и состава эфирного масла из разных частей ареала: Хакасии, Горного Алтая и Забайкалья. Указывается на наличие в масле следовых количеств азулена [4, с. 56]. Состав масла монгольских популяций описан в статье [11] и в книге [12], а состав эфирного масла из растений Казахстана приведен в работе [13]. Для полыни холодной, произрастающей в Бурятии, помимо состава эфирного масла приведен также подробный обзор литературных данных по использованию этого вида в народной и официальной медицине [14]. Биологическую активность эфирного масла связывают с высоким содержанием в нем камфоры и 1,8-цинеола [15].

* Автор, с которым следует вести переписку.

По некоторым современным представлениям *A. frigida* и *A. argyrophylla* – это викарирующие виды. *A. argyrophylla* морфологически отличается более крупными корзинками и внутренними по краю темноокрашенными листочками обертки, в горах поднимается выше, чем *A. frigida*, и встречается на каменистых россыпях, моренах, в сухих лишайниковых тундрах. Ареал этого вида охватывает Горный Алтай, Туву, Северо-Западную Монголию. Сведения об эфирном масле из *A. argyrophylla* в литературе отсутствуют.

В настоящей работе мы приводим результаты сравнительного анализа состава эфирного масла двух близкородственных видов полыней – *Artemisia frigida* Willd. и *Artemisia argyrophylla* Ledeb. флоры Южной Сибири.

Экспериментальная часть

Сбор и подготовка растительного материала

Сырье для получения эфирного масла собирали в ходе экспедиционных работ 1999–2007 гг. из разных мест ареала и в разных фазах вегетации (табл. 1). Гербарные образцы хранятся в коллекциях Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (NS).

Извлечение эфирного масла

Образцы эфирного масла получены из свежесобранного сырья в полевых условиях методом пародистилляции при атмосферном давлении (на высоте от 110 до 2220 м над у.м.) в аппарате из нержавеющей стали. Однократно обрабатывали паром 5–7 кг растительного сырья, дистиллят отбирали в течение 1 ч 30 мин, эфирное масло отделяли во флорентийской склянке, выполненной из стекла. Масло сушили безводным сульфатом натрия (встряхивание в течение 15–20 мин), отделяли от осушителя декантацией, помещали в стеклянные ампулы, которые немедленно запаивали. Ампулы хранили в темном месте при обычной температуре в экспедиционных условиях (от 0 до +30 °С), далее до момента выполнения анализов – в холодильнике при +4 – +8 °С.

Хромато-масс-спектрометрическое исследование

Подготовка образцов для анализа. Анализируемую смесь (1–10 мкл) растворяли в 500 мкл ацетона и к полученному раствору добавляли 100 мкл гексанового раствора смеси, содержащей равные весовые количества нормальных углеводородов C₈, C₉ ... C₂₄ суммарной концентрации 0,1%.

Хромато-масс-спектрометрия. Хромато-масс-спектрограммы регистрировались на приборах Agilent 5973N (НИОХ СО РАН) и Agilent 5973N EI/PCI (Факультет естественных наук, Новосибирский государственный университет). Разделение компонентов исследуемых эфирных масел проводили на газовых хроматографах серии Agilent 6890, входящих в состав упомянутых хромато-масс-спектрометрических систем. Разделение осуществляли на кварцевой капиллярной колонке HP-5ms длиной 30 м и с внутренним диаметром 0,25 мм, неподвижная фаза – сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан, толщина пленки неподвижной фазы – 0,25 мкм. Температура испарителя – 280 °С, объем пробы – 1 мкл, разделение потока – 100 : 1. Температурный режим колонки:

50 °С (2 мин) – 50–240 °С(4°/мин) – 240–280 °С(20°/мин) – 280 °С(5 мин).

Газ-носитель – гелий с постоянным потоком 1 мл/мин. Температура интерфейса между хроматографом и масс-селективным детектором – 280 °С. Масс-спектры регистрировались на квадрупольном масс-спектрометре HP MSD 5971 при ионизации электронным ударом с энергией ионизирующих электронов 70 эВ. Данные собирались со скоростью 1,9 скан./сек в диапазоне 30–650 а.е.м. (Agilent 5973N) или 3 скан./сек в диапазоне области 29–500 а.е.м. (Agilent 5973N EI/PCI). Задержка между вводом пробы в испаритель хроматографа и началом записи хромато-масс-спектрограммы составляла 3,0 мин.

Вычисление линейных **индексов удерживания** J_x проводили по формуле

$$J_x = J_n + 100k \frac{t_{Rx} - t_{Rn}}{t_{R(n+k)} - t_{Rn}}, \quad (1)$$

где $J_n = 100n$ – индекс удерживания *n*-алкана, содержащего в молекуле *n* атомов углерода, t_R – абсолютные времена удерживания компонентов, t_x – время удерживания исследуемого вещества, а t_n и t_{n+k} – времена удерживания ближайших реперных *n*-алканов с числом атомов углерода соответственно *n* и *n* + *k*, причем обычно $t_n < t_x < t_{n+k}$.

Идентификация компонентов. Компоненты исследуемых смесей идентифицировали по полным масс-спектрам, значениям линейных индексов удерживания, приведенным в руководстве [16], и по собственной библиотеке хромато-масс-спектрометрических данных.

Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов.

Результаты хромато-масс-спектрометрического исследования образцов эфирного масла приведены в таблице 2. Хроматографические профили образцов показаны на рисунке.

Результаты и обсуждение

Как видно из сопоставления данных таблиц 1 и 2, образцы эфирного масла *A. frigida*, произрастающей в разных точках ареала (Алтайском крае, Республике Алтай, Республике Хакасия, Республике Тува и Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан) на высотах от 110 до 1950 м и являющейся доминантным видом в степных сообществах, хотя и похожи друг на друга, но демонстрируют и заметные различия. Выходы эфирного масла также варьируются в довольно широких пределах – от 0,07 до 0,27%.

В образцах масла *A. frigida* обнаруживается до 150 компонентов, многие из которых содержатся в исследованных образцах в следовых количествах, из-за этого в ходе хромато-масс-спектрометрического эксперимента они дают низкого качества масс-спектры и поэтому не могут быть достоверно идентифицированы. Что касается основных компонентов, то все они легко опознаются по характерным масс-спектрам и линейным индексам удерживания, приведенным в руководстве [16] (табл. 2). Сопоставление хроматографических профилей образцов эфирного масла *A. frigida* из различных точек ареала (см. рисунок) показывает, что для всех случаев характерен один и тот же набор доминирующих компонентов: α -пинен (0,2–7,8%), камфен (1,9–5,8%), 1,8-цинеол (8,9–33,8%), камфора (6,7–40,0%), борнеол (3,9–12,3%), терпин-4-ол (1,5–6,5%), борнилацетат (1,4–22,0%), гермакрен D (1,4–14,6%). Исключение составляют α - и β -туйоны, которые в некоторых образцах содержатся в значительном количестве (в сумме до 19,1%), а в части образцов нет даже и следов этих соединений.

Любопытным является присутствие в четырех образцах эфирного масла *A. frigida* иррегулярных монотерпеновых соединений сантолина-спирта и его производных: сантолина-триена (продукта дегитрадации) и О-ацильного производного. Этими четырьмя образцами представлены две географически изолированные ценопопуляции *A. frigida*: популяция из равнинных степей, прилегающих к оз. Большое Топольное (крайняя западная оконечность Алтайского края, образцы №4 и 10), и высокогорная популяция Чуйской степи (Кош-Агачский р-н Республики Алтай, образцы №5 и 7). Все четыре образца, мало отличаясь от остальных по содержанию основных компонентов, включают упомянутые выше сантолина-производные, полностью отсутствующие (даже в следовых количествах) в других исследованных образцах.

Эфирное масло *A. argyrophylla* (образец №16) также содержит сантолина-производные, но по сравнению с *A. frigida* отличается присутствием иррегулярных монотерпеноидов иного типа: йомоги-спирта (1,2%), артемизиа-кетона (12,9%), артемизиа-спирта (3,1%) и ацетата артемизиа-спирта (3,9%), а также низким содержанием камфоры (3,2%), борнеола (0,3%) и борнилацетата (0,2%).

Заключение

В целом полученные нами результаты в плане набора макрокомпонентов масла *A. frigida* соответствуют данным для Забайкальской популяции *A. frigida* [14]. Заметим еще раз вслед за авторами последней работы, что данные по составу эфирных масел полыни холодной *A. frigida*, опубликованные ранее – в 60–80-х гг. XX столетия, оказываются несопоставимыми с результатами, полученными с помощью современных инструментальных средств. Связано это, по-видимому, как с несовершенными методами идентификации, использовавшимися ранее, так и с вероятными ошибками с ботаническим определением растений.

По результатам сравнительного хромато-масс-спектрометрического анализа можно заключить, что полынь *A. argyrophylla* существенно отличается от полыни *A. frigida* по направлениям биосинтеза ряда вторичных метаболитов – основных компонентов эфирного масла. Следовательно, рассмотрение полыни серебристолистной *Artemisia argyrophylla* как самостоятельного вида, а не в составе *Artemisia frigida* имеет, помимо морфологических, еще и серьезные химические основания.

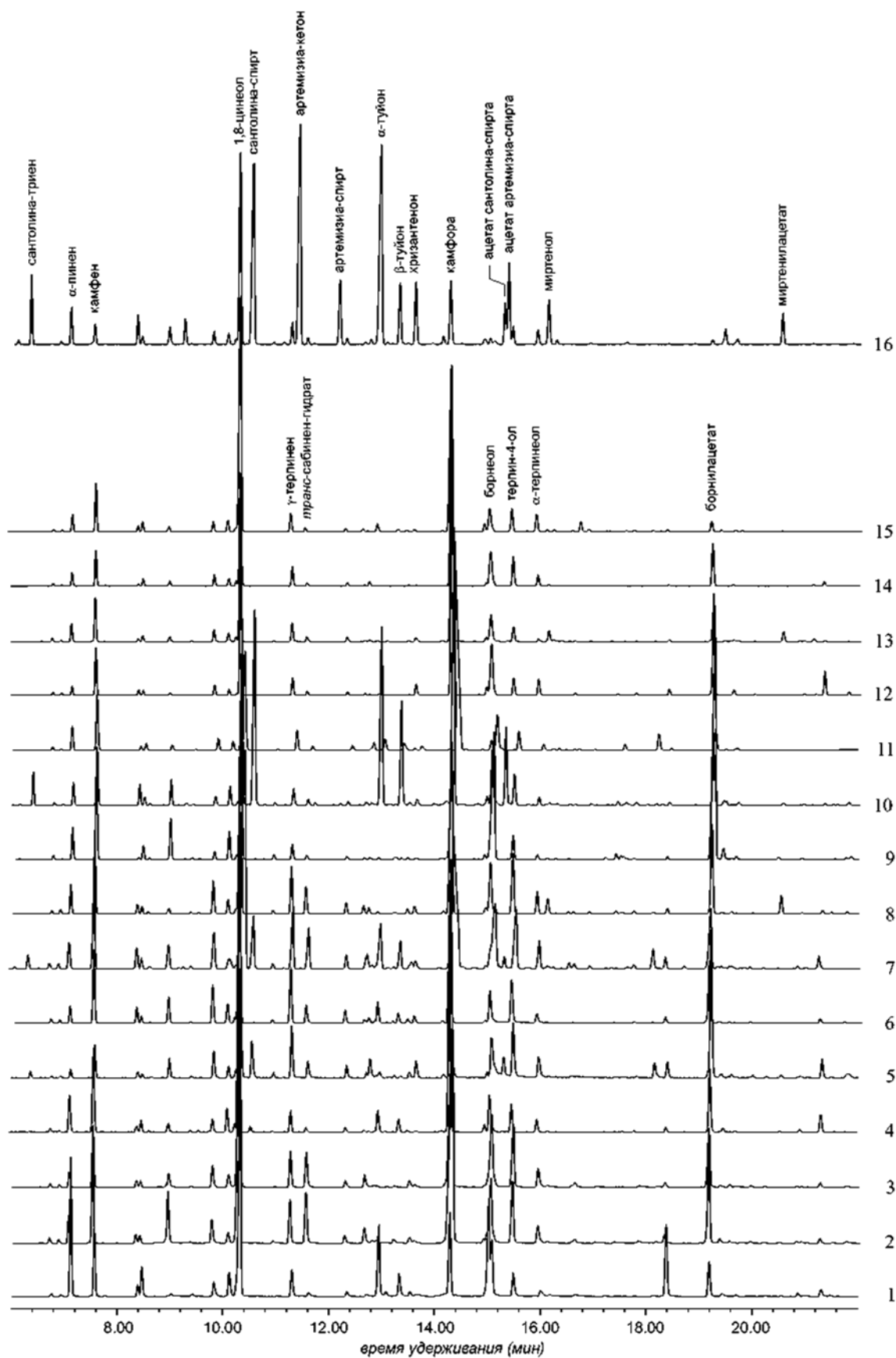
Благодарности

Авторы благодарят А.М. Агафонцева, О.Н. Бурчак, Т.Н. Комарову, Е.В. Малыхина, И.А. Никитину, Е.А. Полянскую, А.М. Чибиряева (НИОХ СО РАН), Т.В. Анькову (ЦСБС СО РАН), А.А. Алексева (ИХКиГ СО РАН) и М.С. Юсубова (Томский медицинский университет) за помощь в сборе сырья и подготовке образцов эфирных масел.

Таблица 1. Характеристика исследованных образцов *A. frigida* и *A. argyrophylla*

№	Место сбора Экологическая приуроченность Географические координаты, высота над уровнем моря, дата сбора	Стадия развития растения Характеристика сырья Выход масла (%)* Цвет масла
<i>Artemisia frigida</i> Willd.		
1	Алтайский край, Калманский район, выезд из с. Усть-Калманка на северо-восток. Обочина дороги. LAT 52° 10' LON 83° 20' Н 190 м 17.07.1999	вегетация надземная часть 0,07 желтое
2	Республика Алтай, Онгудайский р-н, 644 км по трассе Новосибирск–Ташанта, лев. берег р. Урсул. Каменистые выходы. LAT 50°45' LON 86° 16' Н 800 м 28.07.1999	бутонизация надземная часть 0,26 слегка желтоватое
3	Республика Алтай, Онгудайский р-н, левый берег р. Бол. Яломан в 6 км от трассы Новосибирск–Ташанта, восточный склон. Сухие мелкощебнистые степи. LAT 50°30' LON 86°28' Н 950 м 01.08.1999	бутонизация надземная часть 0,28 светло-зеленое
4	Алтайский край, Бурлинский район, окр. пос. Петровка, южная оконечность оз. Большое Топольное. Тырсово-эфедрово-попынная степь. LAT 53° 15' LON 78° 04' Н 110 м 23.07.2000	бутонизация надземная часть 0,09 темно-желтое
5	Республика Алтай, Кош-Агачский район, в 12 км от с. Чаган-Узун, северные отроги Северо-Чуйского хребта. Сухая мелкощебнистая разреженная опынная степь. LAT 50° 03' LON 88° 16' Н 1950 м 23.07.2001	цветение надземная часть 0,13 голубовато-зеленое
6	Республика Алтай, Кош-Агачский район, северные отроги Северо-Чуйского хребта, левый берег р. Корумду. Каменистая степь южной экспозиции. LAT 50° 11' LON 87° 45' Н 1890 м 03.08.2001	цветение все растение 0,12 желтоватое
7	Республика Алтай, Кош-Агачский район, окр. с. Ортолык, на 874 км по трассе Новосибирск–Ташанта. Каменистое ложе временного водотока. LAT 50° 03' LON 88° 27' Н 1810 м 30.07.2002	цветение надземная часть 0,24 серо-голубое
8	Республика Алтай, Усть-Канский район, южные отроги Башелакского хребта. По правому берегу р. Чарыш. Остепненный склон с каменистыми выходами. LAT 51°02' LON 84° 35' Н 930 м 21.07.2003	бутонизация надземная часть 0,12 желтовато-зеленоватое
9	Алтайский край, Усть-Пристанский район, окр. д. Камышенка, окраина соснового бора. Слабозадернованная опынно-ковыльно-змеевковая степь. LAT 52° 36' LON 83° 45' Н 160 м 04.08.2003	начало цветения надземная часть 0,10 бледно-желтое
10	Алтайский край, Бурлинский район, окр. с. Устьянка, сев. берег оз. Хомутино. Злаково-попынная степь. LAT 50°25' LON 78°38' Н 120 м 29.07.2005	цветение надземная часть 0,12 бледно-желтое
11	Республика Тува, Тандинский кожуун, окр. оз. Чагытай. Каменистая степь. LAT 51° 02' LON 94° 41' Н 1040 м 18.07.2006	начало бутонизации растение целиком 0,04 бледно-желтое
12	Республика Тува, Эрзинский кожуун, пойма р. Тес-Хем. Каменисто-песчаный участок поймы реки. LAT 50° 27' LON 94° 59' Н 1010 м 24.07.2006	начало бутонизации растение целиком 0,09 изумрудно-зеленое
13	Республика Тува, Пий-Хемский кожуун, долина р. Большой Енисей (Бий-Хем), юго-западный склон горы. Западины по склону. LAT 52° 01' LON 94° 24' Н 670 м 28.07.2006	начало бутонизации растение целиком 0,06 небесно-голубое
14	Республика Хакасия, Боградский район, окр. с. Усть-Ерба, левобережье Красноярского водохранилища. Зброшенный каменный карьер. LAT 54°28' LON 91° 11' Н 310 м 03.08.2006	бутонизация растение целиком 0,26 желтовато-зеленоватое
15	Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, УР, окр. д. Таргын, Западная Калба. Каменистые осыпи. LAT 49°30' LON. 82°48' Н 800 м 03.08.2007	цветение надземная часть 0,27 голубовато-зеленоватое
<i>Artemisia argyrophylla</i> Ledeb.		
16	Республика Алтай, Кош-Агачский район, хр. Чихачева, ниже перевала Бугузун, при слиянии рек Бугузун и Аккаялу-Озек. опынная деградированная степь. LAT 50° 07' LON 89° 25' Н 2220 м 22.07.2002	цветение надземная часть 0,10 желтовато-зеленоватое

Примечание: *выходы даны в % от веса свежеобранного сырья



Хроматографические профили образцов эфирных масел *A. frigida* и *A. argyrophylla* по полному ионному току в диапазоне 7,0–22,0 мин (диапазон индексов удерживания J от 900 до 1370). Цифрами обозначены номера образцов масел (см. табл. 1 и 2).

Таблица 2. Состав образцов эфирных масел *A. frigida* (образцы №1–15) и *A. argyrophylla* (образец №16) по данным хромато-масс-спектрометрии

Название компонента	J	Номера образцов по таблице 1															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Содержание компонентов в % от цельного масла*															
сантолина-триен	908				0,1	0,3		0,5			1,4		+				2,4
трициклен	920	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	+	0,4	0,3	0,2	+
α-туйен	926	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	+	0,1	0,1	+	0,1	0,1	0,2	0,1
α-пинен	932	8,7	1,2	1,1	2,6	0,4	1,4	1,3	1,8	1,6	1,0	2,2	0,2	2,2	1,7	1,6	1,5
камфен	946	4,4	5,1	4,1	5,8	1,9	6,7	3,9	4,6	4,8	2,9	5,5	3,6	5,8	4,6	5,0	0,9
вербенен	952											+		+	0,1	+	
сабинен	972	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	1,4	1,0	0,6	0,1	1,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6	1,2
β-пинен	975	2,1	0,5	0,5	0,9	0,2	0,6	0,5	0,5	0,7	0,4	0,7	0,4	0,8	1,0	1,0	0,3
окт-1-ен-3-ол	978		0,2	0,1	0,1	+	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1		+			0,1	
β-мирцен	991	0,3	3,4	1,5	0,8	1,1	2,4	1,3	0,5	2,1	1,3	0,6	0,2	0,7	0,8	0,6	0,8
йомоги-спирт	1000																1,2
α-фелландрен	1004	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	+	0,1	+	+	0,1	0,1	0,1
3Z-гексенилацетат	1008				0,2				0,1	0,1	+						
α-терпинен	1016	1,2	1,7	1,8	1,2	1,7	3,5	2,1	2,4	0,5	0,5	1,2	0,9	1,6	1,6	1,1	0,5
пара-цимол	1024	2,1	0,8	1,2	2,3	0,7	1,9	0,9	1,0	1,7	1,0	1,0	0,5	1,2	1,1	1,3	0,5
лимонен	1028	0,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	+	+	0,1	0,1	0,8	0,1	0,6	0,5	0,3	0,1
β-фелландрен	1028	0,2	0,5	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	+	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	+	0,1
1,8-цинеол	1031	19,5	18,5	23,4	14,9	14,4	23,9	21,9	19,3	9,5	9,0	10,8	16,4	8,9	16,3	33,8	9,3
сантолина-спирт	1037				0,4	2,4		2,9			13,8						11,1
цис-β-оцимен	1038						0,1		+	+		0,1		+			
транс-β-оцимен	1048	+	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	+	+	+	0,1
γ-терпинен	1058	2,1	2,6	3,0	1,8	3,2	5,5	2,9	3,4	0,8	1,0	2,1	1,5	2,7	2,8	2,0	1,0
артемизиа-кетон	1062																12,9
транс-сабинен-гидрат	1066	0,4	3,5	3,3	0,5	1,1	1,8	2,2	2,0	0,2	0,3	0,5	0,4	0,7	0,4	0,4	0,3
артемизиа-спирт	1083										+						3,1
терпинолен	1088	0,4	0,6	0,6	0,4	0,7	1,2	0,7	0,8	0,2	0,2	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3
цис-сабинен-гидрат	1097	0,2	1,2	1,2	0,3	0,3	0,4	1,0	0,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1
линалоол	1100		0,2		0,2	1,2	0,6	0,3	0,5	0,2	+	0,9	0,1	0,3	0,7	0,1	
филифолон	1103						0,2			0,1		+	0,1	+			
изопентенил-3-метилбутаноат	1105		0,3	0,4		0,7			0,2	0,1	+		0,1	+			

Продолжение таблицы 2

Название компонента	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
α -туйон	1108	5,9			2,3		2,4	2,9			12,5	1,3				1,0	12,8
пентилвалерат	1109	0,4			+		+		+	+	+				+		
изохризантенон	1109			0,1	+		0,1	0,1	+		+		0,1				0,1
1-октен-3-илацетат	1113		0,4	0,2		0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1					+	
<i>транс</i> -хризантенол	1116											0,9					
β -туйон	1118	1,8			1,5	0,1	1,0	1,2			6,6	0,3	0,1			0,3	3,0
<i>цис-пара</i> -мент-2-ен-1-ол	1121	0,4	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
хризантенон	1124	0,3	0,3	0,4	1,1	1,1	0,8	0,5	0,6	0,1	0,4	0,6	1,0	0,7	0,2	0,3	3,1
<i>транс</i> -пинокарвеол	1139	0,2	0,3								+	0,1					0,5
<i>транс-пара</i> -мент-2-ен-1-ол	1140	0,2				0,2	0,3		0,3	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	
камфора	1145	6,7	24,1	22,6	21,9	14,9	15,7	18,1	18,2	6,7	16,4	33,4	24,6	40,0	37,4	26,3	3,2
изоборнеол	1148							0,1	0,1			+	+	+	+	+	0,1
пинокарвон	1161		0,2		0,5		0,3			0,3	0,3						0,4
<i>цис</i> -хризантенол	1162	8,7	0,3	0,2	0,5	0,3		0,2	0,6		0,3	1,2	0,8	0,6	0,4	1,0	
борнеол	1165	4,1	6,1	9,4	4,8	4,4	4,2	6,6	4,8	12,3	3,8	5,2	6,4	5,4	7,7	3,9	0,3
лавандулол	1167										+						0,3
изопинокамфон	1173											0,1		0,1		0,1	
ацетат сантолина-спирта	1173				0,2	1,8		0,7			4,8						2,1
ацетат артемизиевого спирта	1174										+						3,9
терпин-4-ол	1177	1,9	4,3	6,5	2,8	4,3	4,6	4,0	5,0	1,5	2,0	2,2	1,6	2,3	4,7	2,8	0,8
α -терпинеол	1190	0,7	1,5	2,1	1,4	1,8	1,0	1,6	1,8	0,3	0,5	0,7	1,5	0,4	1,8	2,2	0,7
<i>цис</i> -пиперитол	1195	0,2	0,2					0,2	0,1		+	0,1	+			0,1	
миртенол	1196			0,3	0,3			0,2	1,2	0,1	0,3	0,1	+	1,8	0,3	0,2	2,3
метилхавикол	1198											0,1		0,2			
<i>транс</i> -пиперитол	1207	0,3			0,1			0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	+	+	+	0,1	
вещество 1 [†]	1210		0,5	0,8				0,3	0,2		+	0,2	0,2	+	+	0,1	
фрагранол	1214												0,1			1,3	
<i>транс</i> -карвеол	1219		0,1	0,1	0,2			0,2	0,2	0,1	0,1	+	0,1	+	+		
борнилформиат	1229	0,1		0,1	0,1					0,1	+	+	+				
3 <i>Z</i> -гексенил-2-метилбутаноат	1234		0,1	+	0,2				0,2	0,3	0,2		0,1				
<i>транс</i> -хризантенилацетат	1236								0,1	0,2		0,7			0,2		
3 <i>Z</i> -гексенил-3-метилбутаноат	1237		0,1						0,1	0,2			0,1	+			
<i>n</i> -гексил-2-метилбутаноат	1238				0,2					0,1	0,3		+				

Название компонента	<i>J</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
карвон	1243		0,4	0,4	0,2		0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	+		0,2	
пиперитон	1254		0,2	0,2	0,2	1,3	0,1	1,1	0,1			2,0		+		0,2	
гераниол	1255								0,1	0,2	0,1						
<i>цис</i> -хризантенилацетат	1262	5,9	0,6	0,5	0,5	1,1	0,6	0,6	0,4		0,2	0,2	0,6	0,2		0,3	0,2
изопиперитенон	1274							0,1									0,1
борнилацетат	1287	2,8	6,5	5,7	6,9	10,5	6,8	3,8	7,5	22,0	3,9	2,5	9,9	4,9	6,9	1,4	0,2
лавандулилацетат	1292	0,3	0,4	0,2		0,4	0,2	0,1	0,1		0,3						
тимол	1293				0,9				0,1	0,8	0,1	0,1	+	0,1		0,2	0,1
<i>транс</i> -сабирилацетат	1296							0,2			0,2						0,8
вещество 2 [‡]	1297	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2		0,2	0,2	0,1		0,3	0,5	0,3	0,2		
карвакрол	1298			0,2													
диметилвый эфир тимохинона	1299																0,3
терпин-4-ол ацетат	1301				0,3						+						
миртенилацетат	1326				0,2	0,2			1,5	0,2	0,1			1,6		0,1	1,5
бициклоэлемен	1335	0,2	0,1	0,1				0,2	0,1		+	+	0,1	0,1			
<i>транс</i> -карвилацетат	1339	0,1	0,1	0,1	0,2				0,1	0,1	+	0,1					
силфиперфол-6-ен	1343											0,4		0,5			
фрагранилацетат	1346												0,2			0,8	
α -терпенилацетат	1350	0,6	0,3	0,4	2,4	1,2	0,5	0,6	0,3		0,1	0,2	2,2	0,1	0,7	0,5	
эвгенол	1358				0,2			0,1	0,1	0,1	0,1					0,1	
7-терпенилацетат	1364		0,2	0,2	0,1		0,2		0,2	0,1	0,2		0,3	+		+	
циклосативен	1368									0,3							0,1
α -копаен	1376	0,3	0,3	0,2	0,5	0,8	0,3	0,3	0,5	1,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,4
β -бурбонен	1385	0,2	0,2	+	0,1	0,3		0,2	0,1	0,2	+	0,2	0,1	+		+	0,1
β -элемен	1393	1,0	2,1	0,4	0,4	2,4	1,6	2,0	0,4	1,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,3
вещество 3 [§]	1397			0,2			0,4	0,9									0,1
<i>Z</i> -жасмон	1399				0,2				0,1	0,1							
метилэвгенол	1406		0,3		0,1			0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1			0,2	0,1
борнилизобутаноат	1416											0,3					
<i>цис-трео</i> -даванофуран	1417							0,1	+					0,3			0,1
кариофиллен	1420	0,6	0,3	0,2	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6	0,2	0,3	2,3		0,1	0,3	0,5
β -копаен	1430	0,1	0,1	0,1		0,2	0,1	0,1	+	0,1		+	+				
гумулен	1454	0,1	0,1		0,1				0,1	0,2	+		0,2	+			0,1

Окончание таблицы 2

Название компонента	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
β-фарнезен	1458	0,1			0,2				0,1	0,3	0,1	0,2		+			0,1
алло-аромадендрен	1464	0,1			0,1					0,3			0,1				0,1
дегидросесквицинеол	1470										0,1			+			0,2
4,5-ди-эти-аристолохен	1471				0,6	0,6	0,2	0,1									0,2
селина-4,11-диен	1477	0,4	0,2	0,1	0,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,6	0,1		0,3				0,1
гермакрен D	1483	4,7	5,2	1,9	6,2	12,6	3,2	2,6	10,0	14,6	3,6	6,0	10,6	7,7	3,9	1,4	4,9
β-селинен	1488	0,9	0,3	0,1	0,9	1,2	0,3	0,3		0,7	0,4			+		0,2	0,2
бициклогермакрен	1497	1,3	0,7	0,3	1,8	1,3	0,3	0,5	1,5	2,9	1,2	0,5	3,7	2,3	0,7	0,5	1,3
1-фенил-2,4-гексадиин	1498								0,3								
α-муролен	1502									0,3			0,1				
транс-сабинил-2-метилбутаноат	1504				0,1						0,2						
гермакрен A	1506		0,1		0,4	1,4	0,2		0,4	2,6	0,6		0,1	+	0,1		0,2
β-бизаболен	1510		0,2	+	0,4	0,5	0,1	0,2	0,7	0,8	0,2	1,6	1,0	1,4	0,1	0,2	0,8
γ-кадинен	1515							+	0,1	0,2			0,1			+	
ε-кадинен	1525		0,1		0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,6	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	+	0,1
E-α-бизаболен	1544											0,2		0,1			
E-неролидол	1565	0,8			0,1						+	0,3	0,1			+	0,3
спатуленол	1578	0,3			0,1						+	0,1	0,2			0,1	0,2
окись кариофиллена	1584	0,4			0,1						+	0,1	0,1	+		0,1	0,3
даванон	1588												0,1				0,5
ледол	1606	0,3															
вещество 4 [¶]	1632	1,1			0,2								+				
вещество 5 ^{††}	1643				0,3												
β-эвдесмол	1651	0,8															
α-бизаболол оксид B	1656																0,3
вещество 6 ^{§§}	1661				0,5						0,3						
α-бизаболол оксид A	1685																0,3
E-сесквилавандулилацетат	1739												0,1				

Примечание: *приведены компоненты, содержание которых хотя бы в одном образце не ниже 0,1%; знак «+» означает, что компонент присутствует, но его содержание <0,1%. † m/z: 137(25%), 121(25), 109(100), 91(25), 81(40), 69(40), 57(25), 41(30). ‡ m/z: 150(70%), 107(100), 91(30), 43 (70). § m/z: 150(100%), 135(70), 107(60), 95(30), 91(80), 79(40), 77(30). ¶ m/z: 222(1%), 204(10), 189(5), 164(70), 121(100), 105(50), 93(40), 79(50), 43(80). †† m/z: 234(5%), 205(10), 161(15), 133(30), 122(100), 69(70). §§ m/z: 236(10%), 221(5), 125(35), 94(100), 79(30), 43(30).

Список литературы

1. Коробков А.А. Полыни Северо-Востока СССР. Л., 1981. 120 с.
2. Крашенинников И.М. *Artemisia L.* // Крылов П.Н. Флора Западной Сибири: Руководство к определению западно-сибирских растений. Вып. 11. Томск, 1949. С. 2760–2822.
3. Красноборов И.М. *Artemisia L.* – полынь // Флора Сибири. Том 13. Asteraceae (Compositae) / Под ред. И.М. Красноборова. Новосибирск, 1997. С. 90–141.
4. Березовская Т.П., Амельченко В.П., Красноборов И.М., Серых Е.А. Полыни Сибири (систематика, экология, химия, хемосистематика, перспективы использования) / Под ред. А.В. Положий. Новосибирск, 1991. 125 с.
5. Растения Центральной Азии: По материалам Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Вып. 14а: Сложноцветные (пупавковые) / Сост. Н.С. Филатова. СПб, 2003. 155 с.
6. Поляков П.П. Полынь – *Artemisia L.* // Флора СССР. Т. 26. М.-Л., 1961. С. 425–631.
7. Liu Yong-long, Mabry T.J. Two methylated flavones from *Artemisia frigida* // *Phytochemistry*. 1981. Vol. 20. No. 2. Pp. 309–311.
8. Liu Yong-long, Mabry T.J. Flavonoids from *Artemisia frigida* // *Phytochemistry*. 1981. Vol. 20. No. 6. Pp. 1389–1395.
9. Кагарлицкий А.Д., Адыкенов С.А., Куприянов А.Н. Сесквитерпеновые лактоны растений Центрального Казахстана. Алма-Ата, 1987. 240 с.
10. Коновалова О.А., Шейченко В.И. О химическом составе *Artemisia frigida* // *Химия природных соединений*. 1991. №1. С. 143–145.
11. Shatar S. Chemische Charakterisierung atherischer Ole aus mongolischen Arten der Gattung *Artemisia L.* // *Pharmazie*. 1986. Vol. 41. No. 11. Pp. 819–820.
12. Shatar S. Chemical investigation of essential oil from Mongolian flora. Ulaan-baatar. Mongolia, 1998. 116 pp.
13. Атажанова Г.А., Дембицкий А.Д., Яковлева Т.Д., Ишмуратова М.Ю., Михайлов В.Г., Адыкенов С.М. Состав эфирных масел *Artemisia radicans* и *A. frigida* // *Химия природных соединений*. 1999. №4. С. 478–480.
14. Бодоев Н.В., Базарова С.В., Покровский Л.М., Намзалов Б.Б., Ткачёв А.В. Химический состав эфирного масла полыни холодной (*Artemisia frigida* Willd.), произрастающей в Забайкалье // *Химия растительного сырья*. 2000. №3. С. 41–45.
15. Lopes-Lutz D., Alviano D.S., Alviano C.S., Kolodziejczyk P.P. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils // *Phytochemistry*. 2008. Vol. 69. No. 8. Pp. 1732–1738.
16. Ткачёв А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.

Поступило в редакцию 6 апреля 2009 г.