

УДК 581.135.51:582.998.2

СОСТАВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ *ARTEMISIA FRIGIDA* WILLD., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

© С.В. Жигжитжапова^{1,2*}, Т.Э. Рандалова², Л.Д. Раднаева^{1,2}

¹Байкальский институт природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия),
e-mail: Zhig2@yandex.ru

²Бурятский государственный университет, ул. Смолина, 24а, Улан-Удэ,
670000 (Россия)

Исследован химический состав эфирного масла полыни холодной (*Artemisia frigida* Willd., *Asteraceae*), произрастающей на территории водосборного бассейна озера Байкал. Сбор материала проводили в местах естественного произрастания – Иркутская область, Республика Бурятия и Монголия. Анализ состава образцов эфирного масла *A. frigida*, полученных в период 1999–2012 г., показывает, что основу эфирных масел изученных образцов составляют монотерпеновые соединения. Образцы из разных популяций похожи по набору доминирующих компонентов: 1,8-цинеол (6,6–23,4%), камфора (3,6–35,9%), борнеол (6,1–7,0%), терпинеол-4 (4,2–14,1%), борнилацетат (1,1–6,0%), гермакрен D (1,4–5,0%). В одном образце из растений, собранных в местности Хундулан Уула (самая высокая точка наших сборов), набор основных компонентов представлен гермакреном D (20,3%), *транс*- β -оцименом (14,7%), лимоненом (11,4%), *цис*- β -оцименом (8,6%), β -мирценом (7,9%).

Ключевые слова: полынь холодная, *Artemisia frigida*, *Asteraceae*, эфирное масло, химический состав, хромато-масс-спектрометрия, бассейн озера Байкал, Республика Бурятия, Иркутская область, Монголия.

Введение

Объектом для исследования послужил распространенный вид, играющий заметную роль в формировании растительности степных экосистем, полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd., семейство *Asteraceae*). В химическом отношении данный вид полыни наиболее изучен. Популярность полыни холодной объясняется, прежде всего, ее ценообразующими свойствами, которые проявляются в криофитных, настоящих и опустыненных степях Сибири, Поволжья, Средней Азии, Монголии, Северной Америки. Полынь холодная используется в народной и официальной медицине, терапевтическое действие полынью связывают с содержанием в них эфирных масел. Компонентный состав эфирных масел приводится в ряде статей и охватывает разные части ареала: Сибирь, Казахстан, Монголию, Канаду, Китай. Практически во всех статьях приведен состав масла растений из одной точки отдельного региона: из Бурятии [1], Красноярского края [2], Казахстана [3], Монголии [4], Канады [5], Китая [6] и только в статье [7] приведены подробные

Жигжитжапова Светлана Васильевна – старший научный сотрудник лаборатории химии природных систем, доцент кафедры фармации, кандидат биологических наук, e-mail: Zhig2@yandex.ru
Рандалова Туяна Эрдэмовна – преподаватель кафедры фармации; кандидат фармацевтических наук, e-mail: soktoevate@gmail.com
Раднаева Лариса Доржиевна – заведующая лабораторией химии природных систем, заведующая кафедрой фармации, профессор, доктор химических наук, e-mail: radld@mail.ru

сведения об эфирных маслах, выделенных из растений пятнадцати популяций разных регионов Алтайского края, Республики Алтай, Республики Хакасия, Республики Тува и Республики Казахстан.

В настоящей работе мы приводим результаты изучения состава эфирного масла растений полыни холодной, произрастающих на территории водосборного бассейна озера Байкал.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Методы исследования

Сбор материала для изучения проводили в местах естественного произрастания на территории России и Монголии (табл. 1). Образцы для исследования были собраны в фазе полного цветения. Эфирное масло получали методом гидродистилляции из воздушно-сухого сырья (надземная часть растений). Гербарные образцы хранятся в лаборатории химии природных систем БИП СО РАН. Эфирное масло исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP 6890 N с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973) в качестве детектора. Использовалась 30-метровая кварцевая колонка HP-5 MSD с внутренним диаметром 0,25 мм. Процентный состав эфирного масла вычисляли по площадям газо-хроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ был основан на сравнении рассчитанных значений линейных индексов удерживания, времен удерживания, полных масс-спектров с библиотекой хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения. Вычисление линейных индексов удерживания J выполняли в соответствии с [8]. Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям пиков без использования корректирующих коэффициентов. Результаты хромато-масс-спектрометрического исследования образцов эфирного масла приведены в таблице 2.

Таблица 1. Характеристика исследованных образцов *Artemisia frigida* Willd.

№	Место сбора; экологическая приуроченность; географические координаты; высота над уровнем моря; год сбора	Выход масла, %
1	Россия, Республика Бурятия, Хоринский район, окрестности с. Анинск; Сухая степь; LAT 52° 12' LON 109° 50'; Н 678 м; 1999	0,2
2	Россия, Республика Бурятия, Баргузинский район, окрестности с. Хилгана; Залежь; LAT 53° 55' LON 110° 09'; Н 482 м; 1999	0,2
3	Россия, Иркутская область, остров Ольхон, окрестности с. Хужир; Степь; LAT 53° 09' LON 107° 17'; Н 549 м; 2008	0,6
4	Россия, Иркутская область, Ольхонский район, Приморский хребет; Восточный склон; LAT 53° 08' LON 106° 52'; Н 463 м; 2008	0,4
5	Россия, Республика Бурятия, Баргузинский район, местность Улюнский аршан; Степной участок на краю соснового леса; LAT 53° 50' LON 109° 52'; Н 566 м; 2008	0,2
6	Россия, Республика Бурятия, Селенгинский район, окрестности с. Бараты; Степной участок западнее оз. Гусиное; LAT 51° 16' LON 106° 21'; Н 688 м; 2008	0,1
7	Россия, Республика Бурятия, Селенгинский район, оз. Гусиное; Степной участок восточнее оз. Гусиное; LAT 51° 13' LON 106° 31'; Н 754 м; 2008	0,2
8	Монголия, Селенгинский аймак; Ковыльная степь; LAT 49° 57' LON 106° 18'; Н 781 м; 2009	0,2
9	Россия, Республика Бурятия, Кяхтинский район, местность Бурдунская степь; Ковыльная степь; LAT 50° 23' LON 106° 38'; Н 705 м; 2011	0,1
10	Россия, Республика Бурятия, Иволгинский район, окрестности с. Сотниково, отрог хребта Хамар-Дабан; Склон горы; LAT 51° 54' LON 107° 28'; Н 497 м; 2011	0,2
11	Монголия, Местность Хундлун Уула; На степной участок на вершине горы; LAT 47° 39' LON 107° 31'; Н 1854,5 м; 2012	0,9
12	Россия, Республика Бурятия, Хоринский район, окрестности с. Амгаланта; Гора Сагаан Уула, степной участок; LAT 52° 24' LON 110° 22'; Н 817 м; 2012	0,1

Результаты и обсуждения

Из растений полыни холодной, произрастающих на территории водосборного бассейна озера Байкал, выделено эфирное масло желтовато-зеленоватого цвета, выход масла варьирует от 0,1 до 0,9% (табл. 1). В составе эфирных масел *A. frigida* идентифицировано 134 соединения (табл. 2). Доминирующими компонентами эфирного масла растений из разных мест произрастания (без точки 11) являются 1,8-цинеол (6,6–23,4%), камфора (3,6–35,9%), борнеол (6,1–17,0%), терпинеол-4 (4,2–14,1%), борнилацетат (1,1–6,0%), гермакрен D (1,4–5,0%). В эфирном масле из растений, собранных в самой высокой точке наших сборов – местности Хундлун Уула (точка 11, табл. 1), перечисленные выше соединения присутствуют, но в небольших количествах (0,2–0,5%). Доминирующими же компонентами масла из указанной точки являются соединения с антирадикальной, антиоксидантной активностями [9–11]: гермакрен D (20,3%), лимонен (11,4%), β -мирцен (7,9%) и репеллентными свойствами [12]: *транс*- β -оцимен (14,7%), *цис*- β -оцимен (8,6%).

Таблица 2. Химический состав эфирных масел растений *Artemisia frigida* Willd., произрастающих на территории бассейна озера Байкал по данным хромато-масс-спектрометрии

Компонент	J	Содержание идентифицированных компонентов в % от цельного масла* (Номера образцов по таблице 1)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Ациклические соединения</i>													
1-октен-3-ол	979	–	0,3	0,2	0,2	0,2	–	0,1	0,2	0,1	0,1	2,0	–
6-метилгепт-5-ен-2-он	987	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
Сумма ациклических соединений		–	0,3	0,2	0,2	0,2	–	0,1	0,2	0,1	0,1	2,0	–
<i>Ароматические соединения</i>													
Бензальдегид	958	–	–	–	0,1	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>n</i> -цимол	1024	0,7	0,9	1,6	2,0	0,6	0,5	1,0	3,2	1,6	3,4	0,5	0,5
<i>n</i> -цим-8-ол	1186	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–
Метилхавикол	1199	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,3	–
2-фенилэтилацетат	1258	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
Тимол	1292	–	–	–	–	–	–	0,1	0,3	–	–	–	–
Карвакрол	1302	–	–	–	–	–	–	0,2	–	–	0,5	–	–
Эвгенол	1359	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,1	0,1	0,1
3-аллил-6-метоксифенол	1377	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–
Метилэвгенол	1406	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,2	–	0,5	–
Изоамилбензоат	1438	–	–	–	0,4	–	–	–	–	–	0,3	–	–
Сумма ароматических соединений		0,7	0,9	1,6	2,5	0,6	0,5	1,4	4,1	2,0	4,3	5,4	0,6
<i>Ациклические монотерпены</i>													
Сантолина-триен	908	–	–	–	–	–	–	–	–	0,6	–	–	–
β -мирцен	992	4,9	3,1	0,1	0,2	–	–	0,2	+	0,3	2,2	7,9	–
<i>цис</i> - β -оцимен	1037	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,6	–
<i>транс</i> - β -оцимен	1049	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14,7	–
Линалоол	1100	0,3	3,4	5,6	1,3	19,2	–	–	1,1	7,0	0,5	0,1	0,4
Е-лавандулол	1168	–	–	–	–	–	–	–	0,7	–	–	–	–
Гераниол	1255	–	–	–	0,1	–	–	–	–	0,1	–	–	–
Гераниаль	1273	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
Лавандулилацетат	1292	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	0,2
(2E,4E)-дека-2,4-диеналь	1317	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2
Цитронеллилацетат	1355	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	–
Нерилацетат	1365	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	–
Геранилацетат	1384	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	–
Лавандулилизобутаноат	1427	–	–	–	0,2	–	–	0,1	–	–	–	–	–
Лавандулил-3-метилбутаноат	1513	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–
Геранил-3-метилбутаноат	1610	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–
Сумма ациклических монотерпенов		5,2	6,5	5,7	2,8	19,2	–	0,4	1,8	8,0	2,7	32,2	0,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>транс</i> -хризантенол	1116	–	–	–	0,3	–	–	–	1,0	4,5	–	–	–
Хризантенон	1126	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2
<i>транс</i> -вербенол	1140	0,5	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–
Камфора	1144	21,2	25,5	35,9	22,4	16,3	22,0	24,0	17,5	9,8	30,1	0,5	3,6
Изоборнеол	1156	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пинокарвон	1162	–	0,2	0,7	0,7	0,4	–	0,7	0,6	0,3	0,4	–	–
Борнеол	1166	14,3	16,2	10,7	12,7	11,6	17,0	8,9	8,1	7,2	9,2	–	6,1
Изопинокамфон	1175	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
Миртенол	1197	–	0,1	0,3	0,4	–	1,3	11,3	0,6	0,7	–	–	6,3
Борнилформиат	1229	–	–	–	0,2	–	–	0,1	–	–	0,3	–	–
<i>цис</i> -карвеол	1233	–	–	–	0,2	–	–	–	0,3	–	–	–	–
<i>транс</i> -хризантенилацетат	1237	–	–	–	0,2	–	–	–	–	1,8	–	0,1	–
<i>транс</i> -миртанол	1261	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
<i>цис</i> -хризантенилацетат	1263	–	–	–	0,2	–	–	–	–	0,2	–	–	–
Борнилацетат	1287	2,6	1,9	3,5	4,9	3,3	2,5	2,4	1,5	2,2	6,0	0,5	1,1
Миртенилацетат	1326	–	–	–	–	–	–	3,3	–	0,3	–	–	1,7
Борнилпропионат	1378	–	–	–	–	–	–	0,4	–	–	–	–	–
Борнилбутаноат	1468	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–
Сумма бициклических монотерпенов		45,1	49,4	54,9	46,7	32,6	44,8	54,1	34,0	31,7	55,0	7,5	19,7
<i>Трициклические монотерпены</i>													
Трициклен	920	–	+	0,1	0,1	–	–	–	0,1	0,1	0,3	–	–
<i>Монотерпены</i>													
Сумма монотерпенов		79,1	85,9	91,3	92,2	80,7	55,3	78,4	83,4	86,4	84,4	53,7	41,5
<i>Ациклические сесквитерпены</i>													
Е-неролидол	1565	1,3	0,2	0,2	0,1	0,9	–	0,4	0,5	0,2	–	0,7	4,0
β-фарнезен	1458	0,1	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	0,2	–
Сумма ациклические сесквитерпены		1,4	0,2	0,2	0,1	0,9	–	0,5	0,5	0,2	–	0,9	4,0
<i>Моноциклические сесквитерпены</i>													
d-элемен	1339	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	–
<i>цис</i> -карвилацетат	1367	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
β-элемен	1392	2,3	0,3	0,2	–	–	–	0,2	–	–	0,7	–	0,4
Гумулен	1456	0,2	0,1	–	–	–	–	0,1	0,1	–	–	0,5	0,2
Дегидросесквинеол	1471	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–
Гермакрен D	1484	3,5	2,5	1,5	1,4	3,6	5,0	4,2	2,0	0,8	1,8	20,3	3,1
α-зингиберен	1496	–	–	–	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–
(Z,E)-α-фарнезен	1497	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,1	–
Гермакрен A	1507	–	–	0,2	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–
(E,E)-α-фарнезен	1510	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,2	–
β-бисаболен	1511	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	0,2	–	1,5
α-бисаболен	1545	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–
Гермакрен B	1559	–	–	–	–	–	1,3	–	0,3	–	–	–	–

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кариофиллен оксид	1586	0,7	0,5	0,7	1,3	1,3	0,9	0,5	0,7	0,6	0,6	0,9	7,4
Гумулен-2,3-эпоксид	1604	–	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–	–	–
Гумулен-6,7-эпоксид	1613	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–
α-бисаболол	1688	–	–	–	–	0,5	–	–	–	0,1	–	–	0,8
Сумма моноциклических сесквитерпенов		6,7	3,4	2,6	3,2	5,4	7,2	5,3	3,4	1,8	3,4	26,7	13,4
<i>Бициклические сесквитерпены</i>													
β-кубебен	1392	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–
цис-трео-даванофуран	1418	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–	1,9	–
Кариофиллен	1422	1,2	0,6	0,3	0,7	0,3	–	–	0,5	–	–	–	1,5
α-гвайен	1441	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–
9-эпи-кариофиллен	1469	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,2	–	–
Селина-4,11-диен	1477	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3
Изохумбертиол В	1536	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	0,3	–	–
(4s)-дигидрокардиофиллен-5-он	1554	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,2
Салвиал-4(14)-ен-1-он	1598	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	0,4	0,8
Кобаборнеол	1605	–	–	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–	–
Селин-6-ен-4-ол	1620	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,2	–	–
Гвай-6,10(14)-диен-4β-ол	1633	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,7	–
Кариофилла-4(12), 8(13)-диен-5α-ол	1641	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	0,4	–	3,2
Т-кадинол	1643	–	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–	–	–
Т-муролол	1645	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,6	–
α-кадинол	1658	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	0,7	–	–
Кариофилла-3,8(13)-диен-5β-ол	1676	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,5
Эвдесма-4(15), 7-диен-β-ол	1688	–	–	0,2	0,1	0,4	–	0,4	0,2	0,3	0,6	–	4,2
Сумма бициклических сесквитерпенов		1,2	0,6	0,5	0,8	0,7	–	1,1	0,9	1,5	2,4	3,7	12,7
<i>Трициклические сесквитерпены</i>													
Силфиперфол-5-ен	1326	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–
α-копаен	1378	0,3	0,3	0,2	0,2	–	–	–	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
Силфиперфол-6-ен	1376	–	–	0,3	–	–	–	0,8	0,4	0,3	–	0,9	0,1
β-бурбонен	1387	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ципирен	1401	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–
β-копаен	1432	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–
Аллоаромандрен	1464	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–	–	–	0,2
Спатуленол	1580	1,0	0,4	1,5	0,8	2,5	2,6	1,7	1,7	1,3	2,1	1,6	0,8
Ледол	1606	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	–	–
Силфиперфол-6-ен-5-он	1624	–	–	0,2	–	–	–	0,4	0,4	0,3	–	–	0,5
Изоспатуленол	1640	–	–	–	–	0,4	–	0,3	0,2	0,1	–	–	–
Сумма трициклических сесквитерпенов		1,5	0,8	2,2	1,0	2,9	2,6	3,2	3,7	2,3	2,5	3,3	1,8
<i>Сесквитерпены</i>													
Сумма сесквитерпенов		10,8	5,0	5,5	5,1	9,9	9,8	10,1	8,5	5,8	8,3	34,6	31,9

*Знак «-» означает, что компонент отсутствует; знак «+» – что компонент присутствует, но его содержание меньше 0,1%.

В целом для территорий Бурятии и Монголии характерна большая продолжительность солнечного освещения, что, по нашему мнению, нашло отражение на групповом составе составляющих эфирного масла полыни холодной. В пользу нашего предположения говорит то, что основу эфирного масла составляют монотерпеновые соединения (41,5–92,2%), которые обеспечивают фото- и термотолерантность растительных клеток [13]. А также и то, что эфирные масла, основными компонентами которых являются монотерпеновые углеводороды, при незначительном содержании фенольных соединений (как и в нашем случае – содержание ароматических соединений составляет всего 0,5–5,4%) обладают высокой антирадикальной активностью [14].

Также обращает на себя внимание структурное разнообразие моноциклических монотерпенов (26 соединений) и ароматических соединений (11 соединений). При этом эфирные масла, характеризующиеся наибольшим набором монотерпеновых и ароматических компонентов, выделены из растений, которые испытывают дефицит влаги в силу разных причин. Например, произрастают в самых сухих местах Прибайкалья – остров Ольхон (точка 3) и восточный склон Приморского хребта (точка 4), а также в сухих степях Бурятии и Монголии на высотах 700–1000 м над уровнем моря (точки 7–9, 12) и на склоне горы (точка 10). Известно, что увеличение разнообразия компонентов масла, рост производства моноциклических непредельных и ароматических соединений повышает общую устойчивость, обеспечивает выживание растений в условиях дефицита влаги [15]. Следовательно, структурное разнообразие монотерпеновых и ароматических составляющих эфирного масла полыни холодной Бурятии и Монголии может быть связано с дефицитом влаги в местах произрастания растений.

Заключение

Основное сходство образцов эфирных масел растений полыни холодной, произрастающих на территории водосборного бассейна озера Байкал, заключается в наборе доминирующих компонентов. Состав доминирующих компонентов совпадает с литературными данными для растений из других частей ареала [5–10]. Основные различия наблюдаются в количественном содержании доминирующих компонентов, а также в наличии или отсутствии минорных компонентов, что может быть связано с эколого-географическими условиями в местах произрастания растений.

Список литературы

1. 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.
2. Пушкарева Е.С., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла полыни холодной (*Artemisia frigida*) Красноярского края и его отдельных фракций // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. №12. С. 619–623.
3. 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.
4. Шатар С., Алтанцэцэг Ш. Монгол нутгийн шарилжны эфирийн тосны химийн бурэлдэхееун, технологи чанар ач холбогдол. Улаанбаатар хот; 2011. 225 с.
5. 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. Pp. 1732–1738.
6. Zhao-Jiang Z., Ru-Min Z., Pei-Jun G., Guo-Sheng W., Ping H., Yan G. Allelopathic effects of *Artemisia frigida* Willd. on growth of pasture grasses in Inner Mongolia, China // Biochemical Systematics and Ecology. 2011. Vol. 39. Pp. 327–383.
7. Королюк Е.А., Ткачёв А.В. Химический состав эфирного масла двух видов полыни: *Artemisia frigida* и *Artemisia argyrophylla* // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 63–72.
8. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
9. Wei A., Shibamoto T. Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55. Pp. 1737–1742.
10. Ojeda-Sana A. M., Catalina M.B., Miguel A. E., Miguel A. J., Moreno S., New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components // Food Control. 2013. Vol. 31. Pp. 189–195.
11. Mukazayire M.-J., Tomani J.C., Stévigny C., Chalchat J.C., Conforti F., Menichini F., Duez P. Essential oils of four Rwandese hepatoprotective herbs: Gas chromatography–mass spectrometry analysis and antioxidant activities // Food Chemistry. 2011. Vol. 129. Pp. 753–760.
12. Navia-Gine W. G., Yuan J. S., Mauromoustakos A., Murphy J. B., Chen F., Korth K.L. Medicago truncatula (E)- β -ocimene synthase is induced by insect herbivory with corresponding increases in emission of volatile ocimene // Plant Physiology and Biochemistry. 2009. Vol. 47. Pp. 416–425.
13. Loreto F., Schnitzler J. Abiotic stresses and induced BVOCs // Trend in Plant Science. 2010. Vol. 15. Pp. 154–166.

14. Мишарина Т.А., Алинкина Е.С., Фаткуллина Л.Д., Воробьева А.К., Медведева И.Б., Буракова Е.Б. Влияние смесей эфирных масел на их антиоксидантные и антирадикальные свойства // Прикладная биохимия и микробиология. 2012. Т. 48. С. 117–123.
15. Кершенгольц Б.М., Аньшакова В.В., Филиппова Г.В., Кершенгольц Е.Б. Влияния температурно-влажностных метеорологических условий на качественный и количественный состав эфирных масел полыней Якутии // Химия растительного сырья. 2009. №3. С. 89–94.

Поступило в редакцию 2 октября 2013 г.

После переработки 4 декабря 2013 г.

Zhigzhitzhapova S.V.^{1,2*}, *Randalova T.E.*², *Radnaeva L.D.*^{1,2} THE COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OILS OF ARTEMISIA FRIGIDA WILLD., GROWING IN THE WATERSHED OF LAKE BAIKAL

¹*Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Sakh"ianovoi st., 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia), e-mail: Zhig2@yandex.ru*

²*Buryat State University, Smolina st, 24a, Ulan-Ude, 670000 (Russia)*

The chemical composition of the essential oil of wormwood cold (*Artemisia frigida* Willd., Asteraceae) proiza-creasing on the catchment area of Lake Baikal. Collection of material was carried out in its natural habitat – the Irkutsk Region, the Republic of Buryatia and Mongolia. Analysis of samples of essential oils *A. frigida*, received during the period from 1999 to 2012, shows that the basis of essential oils studied samples are monoterpene compounds. Samples from different populations are similar to recruit dominant components: 1,8-cineole (6,6–23,4%), camphor (3,6–35,9%), borneol (6,1–7,0%), terpineol-4 (4,2–14,1%) bornylacetate (1,1–6,0%) germakren D (1,4–5,0%). In one sample, collected from plants in the area Hundulan Uul (the highest point of our charges) set of basic components presented germakrenom D (20,3%), *trans*- β -otsimenom (14,7%), limonene (11,4%), *cis*- β -otsimenom (8,6%), β -mirtsenom (7,9%).

Keywords: *Artemisia frigida*, Asteraceae, essential oil, chemical composition, gas chromatography-mass spectrometry, Pool Lake Baikal, Republic of Buryatia, Irkutsk region, Mongolia.

References

1. Bodoev N.V., Bazarova S.V., Pokrovskii L.M., Namzalov B.B., Tkachev A.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2000, no. 3, pp. 41–45. (in Russ.).
2. Pushkareva E.S., Efremov A.A. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*, 2012, no. 12, pp. 619–623. (in Russ.).
3. Atazhanova G.A., Dembitskii A.D., Iakovleva T.D., Ishmuratova M.Iu., Mikhailov V.G., Adykenov S.M. *Khimiia prirodnikh soedinenii*, 1999, no. 4, pp. 478–480. (in Russ.).
4. Shatar S., Altantsetseg Sh. *Mongol nutgiin sharilzhny efirin tosny khimiin byreldekheeyn, tehnologi chanar ach kholbogdol*. Ulanbator khot, 2011. 225 p. (in Mongolian).
5. Lopes-Lutz D., Alviano D.S., Alviano C.S., Kolodziejczyk P.P. *Phytochemistry*, 2008, vol. 69, pp. 1732–1738.
6. Zhao-Jiang Z., Ru-Min Z., Pei-Jun G., Guo-Sheng W., Ping H., Yan G. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2011, vol. 39, pp. 327–383.
7. Koroliuk E.A., Tkachev A.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2009, no. 4, pp. 63–72. (in Russ.).
8. Tkachev A.V. *Issledovanie letuchikh veshchestv rastenii*. [The study of plant volatiles]. Novosibirsk, 2008, 969 p. (in Russ.).
9. Wei A., Shibamoto T. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55, pp. 1737–1742.
10. Ojeda-Sana A. M., Catalina M.B., Miguel A. E., Miguel A. J., Moreno S. *Food Control.*, 2013, vol. 31, pp. 189–195.
11. Mukazayire M-J., Tomani J.C., Stévigny C., Chalchat J.C., Conforti F., Menichini F., Duez P. *Food Chemistry*, 2011, vol. 129, pp. 753–760.
12. Navia-Gine W. G., Yuan J. S., Mauromoustakos A., Murphy J. B., Chen F., Korth K.L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2009, vol. 47, pp. 416–425.
13. Loreto F., Schnitzler J. *Trend in Plant Science*, 2010, vol. 15, pp. 154–166.
14. Misharina T.A., Alinkina E.S., Fatkulina L.D., Vorob'eva A.K., Medvedeva I.B., Burlakova E.B. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*, 2012, vol. 48, pp. 117–123. (in Russ.).
15. Kershengol'ts B.M., An'shakova V.V., Filippova G.V., Kershengol'ts E.B. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2009, no. 3, pp. 89–94. (in Russ.).

Received October 2, 2013

Revised December 4, 2013

* Corresponding author.