

СОСТАВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *JUNIPERUS* L., ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В ЦЕНТРАЛЬНОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ НАН БЕЛАРУСИ

А.Г. Шутова¹, Е.В. Спиридович¹, И.М. Гаранович¹, Г.Г. Сенькевич², А.С. Неверо³,
С.В. Ризевский², В.П. Курченко²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, ²Белорусский государственный университет, ³Государственный экспертно-криминалистический центр МВД Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Введение

Род *Juniperus* L. включает в себя около 70 видов и 27 разновидностей [1], распространенных в северном полушарии, исключая *J. procera* Hochst. ex Endl., произрастающий в горных областях восточной Африки [2] и некоторые средиземноморские виды, такие как *J. oxycedrus* L., *J. phoenicea* L. and *J. thurifera* L., которые распространены в горах северной части Африки (Марокко). От всех остальных родов сем. *Cupressaceae* род *Juniperus* отличается значительным морфологическим разнообразием видов. Это дало основание разным исследователям идентифицировать в пределах рода несколько более мелких подразделений, подвидов и разновидностей. Внутри рода принято выделять три секции [1]: *Caryocedrus* (один вид, *J. drupacea* Labill.); *Juniperus* (= *Oxycedrus*), включающий 11 видов, и *Sabina* (55 видов). Секция *Juniperus* имеет только игловидные листья и шишки с 1-3 семенами, тогда как можжевельники секции *Sabina* обладают листьями частично или полностью чешуйчатыми, прижатыми к побегу с шишками с 1-6 семенами.

Все виды внутри каждой секции довольно близки между собой по морфологическим признакам, по их биологии и экологии. Поэтому проблема таксономических отношений видов рода до сих пор остается открытой и часто требует рассмотрения на популяционном уровне [3]. Можжевельники относятся к полиморфным видам, для которых характерна большая изменчивость многих морфологических признаков их генеративных и вегетативных органов. Это объясняется весьма обширными ареалами, где отдельные популяции попадают в различные условия произрастания и большой морфологической и физиологической пластичностью, характерной для видов рода можжевельник в силу их относительной эволюционной молодости [3]. Поэтому весьма интересным является изучение состава эфирных масел с целью определения возможности использования различий в содержании терпеновых соединений для хемосистематики рода.

Методы исследования

Объектами исследования являлись эфирные масла, выделенные из охвоенных ветвей длиной 20-30 см следующих видов, форм и сортов можжевельника: можжевельника китайского золотистого (*Juniperus chinensis* f. *Aurea*), китайского *Stricta* (*J. chinensis* f. *Stricta*), виргинского «Grey Owl» (*J. virginiana* L.), скального «Skyrocket» (*J. scopulorum* Sarg.), горизонтального (*J. horizontalis* Moench.), даурского (*J. davurica* Pall.), обыкновенного (*J. communis* L.), чешуйчатого ф. Мейера (*J. squamata* Buch.-Ham. f. *Meyeri*), казацкого (*J. sabina* L.), твердого (*J. rigida* Siebold et Zuccarini), полушаровидного (*J. semiglobosa* Regal.). Образцы были собраны в ноябре 2008 г. на территории ЦБС НАН Беларуси.

Эфирные масла получали методом перегонки с водяным паром [13].

Исследования проводились с использованием хромато-масс-спектрометрической системы Agilent Technologies (газовый хроматограф GC 6850 с масс-селективным детектором MSD 5975B). Анализ проводили на колонке газохроматографической – J&W 122-5562 DB-5ms (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксана) длиной 60 м с

внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 мкм. Газ-носитель – гелий. Скорость газа-носителя – 1 мл/мин (25 см/сек). Пробоподготовка – приготовление 1%-ого раствора эфирного масла в гексане. Объем пробы – 2 мкл. Режим ввода пробы – со сбросом 160:1. Применялось программирование температуры термостата: начальная температура термостата колонок – 35°C; подъем температуры со скоростью 5°C/мин до 170°C; изотермический режим в течение 7 минут; подъем температуры со скоростью 7°C/мин до 300°C; изотермический режим в течение 15 минут. Качественный анализ основывался на сравнении масс-спектров компонентов эфирного масла с соответствующими данными библиотеки масс-спектров NIST0.5a. Процентный состав эфирных масел вычислялся по площадям пиков без использования поправочных коэффициентов.

Все измерения проводились в четырехкратной повторности. Представленные в статье дендрограммы получены в результате кластерного анализа в программе «Statistika 7». Исходные данные предварительно стандартизировали. Ветви дендрограммы соединялись по правилу *complete linkage*, чтобы выявленные отличия визуально были более очевидны (в отличие от *single linkage*). Расстояние между объектами на дендрограмме вычисляли по методу *city-block (Manhattan) distance* (т.к. он подходит для анализа стандартизированных данных и вычисляет расстояние как сумму различий по каждому из компонентов).

Результаты и обсуждение

Среди изученных видов, форм и сортов наибольшее содержание эфирного масла зафиксировано в растительном сырье можжевельника обыкновенного и горизонтального, а наименьшее - можжевельника китайского *Stricta* (рис.1).

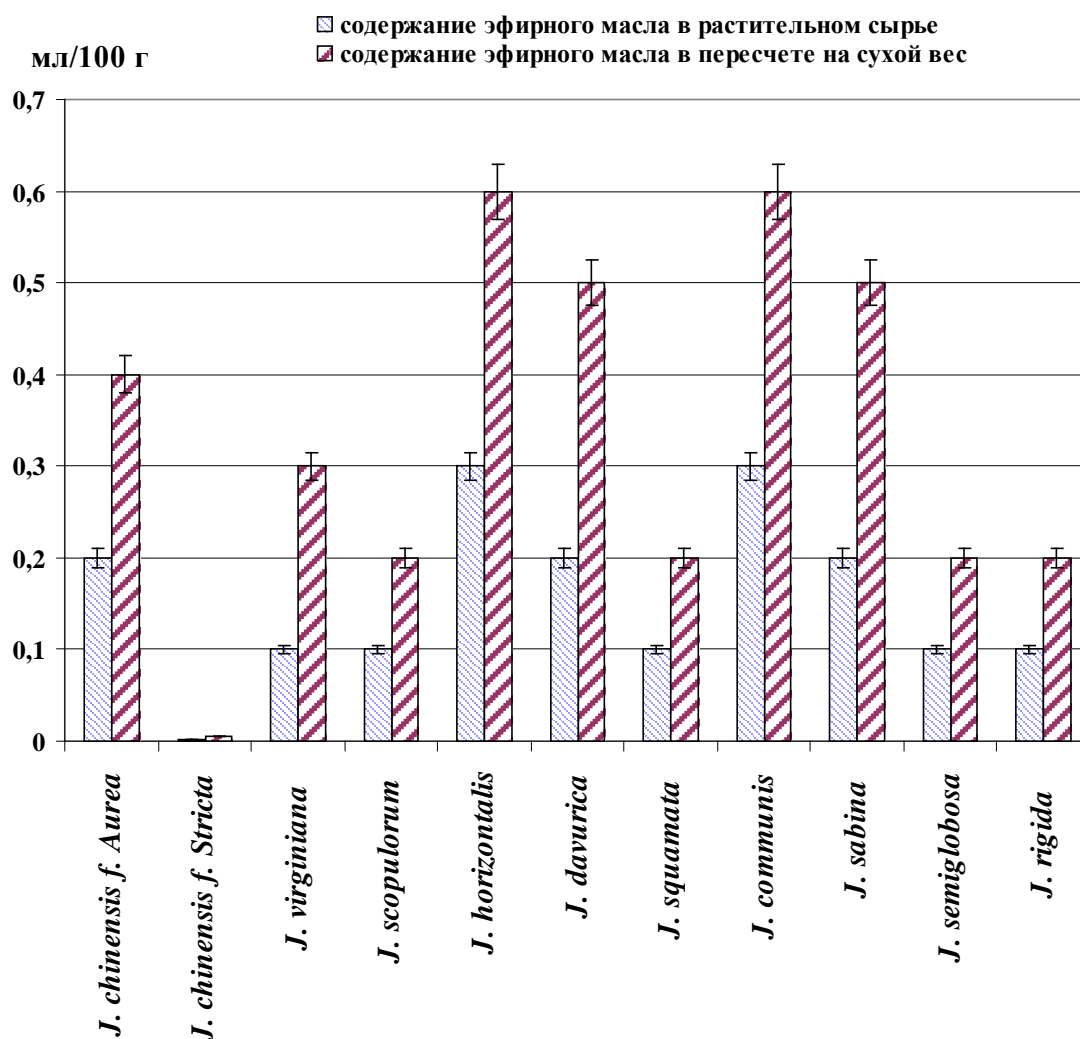


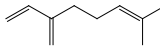
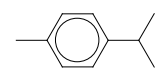
Рисунок 1 – Содержание эфирного масла в охвоенных ветвях различных видов можжевельника

Среди изученных видов можжевельник твердый и можжевельник обыкновенный отнесены к секции *Juniperus* (=sect. *Oxycedrus*) [4], остальные виды – к секции *Sabina*. Однако, если видам секции *Juniperus* посвящен ряд работ [5, 6], в их эфирных маслах установлено присутствие α - и β -пиненов, дельта-3-карена, сабинена, мирцена, фелландрена, лимонена и гермакрена D, то состав эфирных масел можжевельников секции *Sabina* изучен намного хуже.

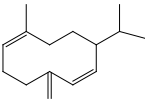
В работе [3] имеется указание о том, что можжевельник даурский и можжевельник казацкий имеют много сходных морфологических черт. По мнению А. Фарджон *J. davurica* не является самостоятельным видом и представляет собой географическую форму казацкого можжевельника *J. sabina* L. var. *davurica* Pall. [7]. Однако проведенный газохроматографический анализ установил значительные различия в составе эфирных масел данных таксонов (табл. 1).

Таблица 1 – Состав эфирных масел девяти видов можжевельников, интродуцированных в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси

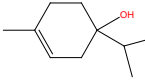
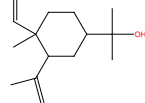
№ п/п	Наименование компонента	Структурная формула	Количественное содержание (% отн.) идентифицированных компонентов эфирного масла можжевельника:
-------	-------------------------	---------------------	---

			виргинского GreyOul	скального SkyRocket	горизонтальн ого	даурского	казацкого	китайского золотистого	полушаровид ного	твердого	чешуйчатого
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТЕРПЕНЫ											
МОНОТЕРПЕНЫ											
<i>Ациклические монотерпены</i>											
1	β-Мирцен 7-Methyl-3-methylene-1,6-octadiene C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI* = 992		6,84	2,18	3,02	3,51	1,74	6,93	3,61	1,36	1,34
2	транс-β-Оцимен 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1051		0,18	0,16	0,55	0,19	0,14	0,07	0,15	0,12	0,08
Всего ациклических монотерпенов, % отн.			7,03	2,34	3,57	3,70	1,87	6,99	3,76	1,48	1,42
<i>Карбоциклические монотерпены</i>											
<i>Моноциклические монотерпены</i>											
3	α-Туйен Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 933		0,67	0,71	0,93	0,35	0,49	0,23	0,19	0,06	0,09
4	n-Мента-1,3,8-триен 1,3-Cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)- C ₁₀ H ₁₄ Молекулярный вес: 134 RI = 969		-	-	0,07	1,32	-	-	-	-	-
5	α-Фелландрен 1,3-Cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1014		0,06	0,05	0,06	0,07	-	0,05	-	0,27	-
6	α-Терпинен 1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1025		0,83	1,06	1,39	0,48	0,92	0,77	0,32	-	0,18
7	n-Цимен Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₄		0,11	0,31	0,10	0,09	0,11	0,16	0,07	0,62	0,08

	Молекулярный вес: 134 RI = 1033											
8	Лимонен Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1038		22,2 4	7,18	4,14	42,6 5	10,4 7	8,04	22,9 4	4,47	15,2 4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
9	β-Фелландрен Cyclohexene, 3-methylene-6-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1041		0,18	0,13	0,14	0,62	0,16	0,14	0,13	0,40	0,10	
10	γ-Терпинен 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1066		1,58	1,94	2,32	0,83	1,80	1,35	0,71	0,09	0,31	
11	α-Терпинолен Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1093		1,16	1,08	1,22	1,55	0,96	0,83	0,75	0,31	0,43	
<i>Всего моноциклических монотерпенов, % отн.</i>			26,8 2	12,4 5	10,3 7	47,9 7	14,9 1	11,5 6	25,1 1	6,22	16,4 2	
<i>Бициклические монотерпены</i>												
12	α-Пинен Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6,6-trimethyl- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 943		1,31	1,51	2,51	11,5 8	0,84	1,40	0,82	12,0 0	0,46	
13	Камфен Bicyclo[2.2.1]heptane, 2,2-dimethyl-3-methylene-, (1R)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 962		0,39	0,16	0,05	0,20	0,10	1,11	0,70	2,15	0,24	
14	Сабинен Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 981		34,9 3	49,5 3	57,9 3	20,0 2	24,5 5	10,5 9	12,8 6	0,69	5,48	
15	β-Пинен Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-		0,16	0,16	0,26	1,26	0,12	0,14	0,22	2,28	0,10	

	C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 987										
16	2-Карен Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1006		0,11	0,05	0,11	1,07	–	0,04	–	0,17	–
17	δ-3-Карен Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl- C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 1017		0,05	0,09	0,32	0,73	–	0,05	–	–	–
<i>Всего бициклических монотерпенов, % отн.</i>			36,9 5	51,5 0	61,1 8	34,8 6	25,6 1	13,3 2	14,6 0	17,2 9	6,28
<i>Трициклические монотерпены</i>											
18	Трициклен Tricyclo[2.2.1.0.(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethyl C ₁₀ H ₁₆ Молекулярный вес: 136 RI = 933		0,23	0,10	0,05	0,08	0,06	1,01	0,72	0,33	0,25
<i>Всего трициклических монотерпенов, % отн.</i>			0,23	0,10	0,05	0,08	0,06	1,01	0,72	0,33	0,25
<i>Всего карбоциклических монотерпенов, % отн.</i>			64,0 0	64,0 5	71,6 0	82,9 1	40,5 8	25,8 9	40,4 3	23,8 4	22,9 5
ВСЕГО МОНОТЕРПЕНОВ, % отн.			71,0 3	66,3 9	75,1 7	86,6 1	42,4 5	32,8 8	44,1 9	25,3 2	24,3 7
СЕСКВИТЕРПЕНЫ											
Карбоциклические сесквитерпены											
<i>Моноциклические сесквитерпены</i>											
19	α-Кариофиллен (α-Гумулен) 1,4,8-Cycloundecatriene, 2,6,6,9-tetramethyl-, (E,E,E)- C ₁₅ H ₂₄ Молекулярный вес: 204 RI = 1473		–	0,07	–	–	0,13	–	–	0,80	–
20	Гермакрен-D 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- C ₁₅ H ₂₄ Молекулярный вес: 204 RI = 1498		0,13	0,12	0,08	0,19	0,22	–	0,15	14,1 9	0,66
<i>Всего моноциклических сесквитерпенов, % отн.</i>			0,13	0,19	0,08	0,19	0,35	–	0,15	14,9 9	0,66
<i>Бициклические сесквитерпены</i>											

	8a.beta.)]- C ₁₅ H ₂₄ Молекулярный вес: 204 RI = 1432										
<i>Всего трициклических сесквитерпенов, % отн.</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,72
ВСЕГО СЕСКВИТЕРПЕНОВ, % отн.		2,42	2,61	1,41	1,61	7,94	1,67	2,69	19,15	12,89	
ДИТЕРПЕНЫ <i>Трициклические дитерпены</i>											
28	Изопимарадиен Phenanthrene, 7-ethenyl- 1,2,3,4,4a,4b,5,6,7,8,10,10a- dodecahydro-1,1,4a,7-tetramethyl-, [4aS- (4a.alpha.,4b.beta.,7.beta.,10a.beta.)]- C ₂₀ H ₃₂ Молекулярный вес: 272 RI = 2033	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	-
ВСЕГО ДИТЕРПЕНОВ, % отн.		-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	-
ВСЕГО ТЕРПЕНОВ, % отн.		73,45	69,00	76,58	88,22	50,39	34,55	46,88	45,67	37,26	
<u>ТЕРПЕНОИДЫ</u>											
СПИРТЫ											
29	<i>цис</i> -Сабинен гидрат Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl- 5-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)- C ₁₀ H ₁₈ O Молекулярный вес: 154 RI = 1079	0,40	0,35	0,53	0,14	0,42	0,09	0,21	0,09	0,19	
30	Линалоол 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- C ₁₀ H ₁₈ O Молекулярный вес: 154 RI = 1102	0,51	0,47	5,43	0,14	0,78	0,41	0,19	0,09	0,15	
31	Изотуйол Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-methyl- 1-(1-methylethyl)- C ₁₀ H ₁₈ O Молекулярный вес: 154 RI = 1146	-	-	-	0,08	0,52	0,12	-	-	-	
32	Борнеол Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7- trimethyl-, (1S-endo)- C ₁₀ H ₁₈ O Молекулярный вес: 154 RI = 1185	0,07	0,13	-	-	0,14	0,19	0,18	0,25	0,11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
33	Терпинеол-4 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, (R)- $C_{10}H_{18}O$ Молекулярный вес: 154 RI = 1191		2,68	4,67	5,73	1,16	6,11	2,31	1,11	0,29	0,72
34	Цитронеллол (Родиол) 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (R)- $C_{10}H_{20}O$ Молекулярный вес: 156 RI = 1229		0,06	0,12	0,71	0,05	0,32	0,08	0,11	-	-
35	Элемол Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,.alpha.,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,3.alpha.,4.beta.)]- $C_{15}H_{26}O$ Молекулярный вес: 222 RI = 1560		0,80	2,07	0,53	0,89	7,70	1,15	3,03	1,16	13,76
36	Неролидол 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl- $C_{15}H_{26}O$ Молекулярный вес: 222 RI = 1565		-	-	-	-	0,09	-	-	2,63	-
37	Лонгиборнеол 1,4-Methanoazulen-9-ol, decahydro-1,5,5,8a-tetramethyl-, [1R-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,8a.beta.,9S*)]- $C_{15}H_{26}O$ Молекулярный вес: 222 RI = 1628		-	-	-	-	-	-	-	-	10,84
38	γ-Эвдесмол 2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-.alpha.,.alpha.,4a,8-tetramethyl-, (2R-cis)- $C_{15}H_{26}O$ Молекулярный вес: 222 RI = 1651		0,02	0,10	0,04	0,05	0,42	0,08	0,14	0,14	0,61
39	Т-Кадинол 1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4.alpha.,4a.alpha.,8a.beta.)]- $C_{15}H_{26}O$ Молекулярный вес: 222 RI = 1673		0,31	0,30	0,14	0,11	2,32	0,36	0,18	1,32	0,21

40	<p>α-Эвдесмол 2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro- .alpha.,.alpha.,4a,8-tetramethyl-, [2R- (2.alpha., 4a.alpha., 8a.beta.)]- C₁₅H₂₆O Молекулярный вес: 222 RI = 1676</p>			0,10	0,20	0,05	0,08	1,11	0,20	0,18	0,42	2,59
41	<p>Фарнезол 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11- trimethyl- C₁₅H₂₆O Молекулярный вес: 222 RI = 1721</p>			–	–	–	–	–	–	–	2,35	–
42	<p>Тотарол 2-Phenanthrenol, 4b,5,6,7,8,8a,9,10- octahydro-4b,8,8-trimethyl-1-(1- methylethyl)-, (4bS-trans)- C₂₀H₃₀O Молекулярный вес: 286 RI = 2343</p>			–	–	–	–	–	–	–	–	1,19
ВСЕГО СПИРТОВ, % отн.				4,95	8,41	13,1 6	2,70	19,9 3	4,99	5,33	8,74	30,3 7
ЭФИРЫ												
43	<p>Эвкалиптол 2.2-Оxabicyclo[2.2.2]octane, 1,3,3- trimethyl- C₁₀H₁₈O Молекулярный вес: 154 RI = 1043</p>			0,15	0,07	0,03	0,07	0,43	0,10	0,07	–	0,03
44	<p><i>o</i>-Изопропениланизол Benzene, 1-methoxy-2-(1- methylethenyl)- C₁₀H₁₂O Молекулярный вес: 148 RI = 1227</p>			0,02	0,04	0,47	–	0,19	0,08	–	–	–
45	<p>Фенхилацетат Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3- trimethyl-, acetate C₁₂H₂₀O₂ Молекулярный вес: 196 RI = 1228</p>			0,03	–	–	0,07	–	–	–	1,15	0,09
46	<p>Сабинил ацетат Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4- methylene-1-(1-methylethyl)-, acetate C₁₂H₁₈O₂ Молекулярный вес: 194 RI = 1293</p>			–	0,53	0,03	0,14	8,05	8,28	0,67	0,76	0,27

47	Борнилацетат Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, acetate, (1S-endo)- C ₁₂ H ₂₀ O ₂ Молекулярный вес: 196 RI = 1294		12,7 4	4,53	0,30	2,08	2,13	41,2 5	42,6 2	20,9 2	12,9 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	<i>транс</i> -Изосафрол 1,3-Benzodioxole, 5-(1-propenyl)-, (Z)- C ₁₀ H ₁₀ O ₂ Молекулярный вес: 162 RI = 1300		–	–	–	–	2,64	0,17	0,05	–	–
ВСЕГО ЭФИРОВ, % ОТН.			12,9 4	5,17	0,83	2,36	13,4 4	49,8 8	43,4 1	22,8 3	13,3 2
АЛЬДЕГИДЫ											
49	Цитронеллаль 6-Octenal, 3,7-dimethyl-, (R)- C ₁₀ H ₁₈ O Молекулярный вес: 154 RI = 1157		0,04	0,09	0,57	0,11	–	0,03	–	0,13	–
ВСЕГО АЛЬДЕГИДОВ, % ОТН.			0,04	0,09	0,57	0,11	–	0,03	–	0,13	–
КЕТОНЫ											
50	β-Туйон Bicyclo[3.1.0]hexan-3-one, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha., 4.beta., 5.alpha.)]- C ₁₀ H ₁₆ O Молекулярный вес: 152 RI = 1117		0,10	0,10	–	–	0,27	0,66	–	–	0,07
51	α-Туйон Bicyclo[3.1.0]hexan-3-one, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha., 4.alpha., 5.alpha.)]- C ₁₀ H ₁₆ O Молекулярный вес: 152 RI = 1128		0,76	0,43	0,05	0,12	4,18	5,85	0,21	–	0,10
52	Камфора Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)- C ₁₀ H ₁₆ O Молекулярный вес: 152 RI = 1163		0,76	0,20	–	0,12	0,99	0,42	0,10	0,16	0,10
ВСЕГО КЕТОНОВ, % ОТН.			1,62	0,73	0,05	0,24	5,44	6,93	0,31	0,16	0,27
ВСЕГО ТЕРПЕНОИДОВ, % ОТН.			19,5 5	14,4 0	14,6 1	5,41	38,8 1	61,8 3	49,0 5	31,8 6	43,9 6
КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВСЕХ ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ, %			93,0 0	83,4 0	91,2 1	93,6 3	89,2 0	96,3 6	95,9 2	77,5 3	81,2 1

отн.									
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*RI – индекс удерживания (Ковача) компонента на неподвижной жидкой фазе DB-5ms.

Интенсивный биосинтез монотерпенов наблюдался у можжевельников даурского, горизонтального, виргинского и скального, которые накапливали монотерпены в количестве, превышающем 50%. Содержание камфена было невысоким у всех представителей семейства в сравнении с изученными ранее эфирными маслами пихт [12]. Исследованные виды можжевельника весьма интенсивно накапливали сабинен, у можжевельника горизонтального его содержание достигало 58%, что заметно отличает представителей данного рода от рода *Abies*, где у четырех ранее изученных видов [12] оно составляло < 0,1%.

Можжевельник даурский выделялся по количеству накапливаемого лимонена (42,7%). В приведенных в литературе источниках по составу эфирных масел можжевельника даурского из различных регионов [8] количество лимонена колебалось от 15% в образце из Москвы до 18,1% в эфирном масле можжевельника даурского, собранного в Алма-Аты. В то же время в эфирном масле можжевельника даурского из Монголии обнаружено лишь около 1,0% лимонена. Эфирное масло можжевельника даурского из ЦБС НАН Беларуси по количеству сабинена (20%) занимало промежуточное положение в сравнении с можжевельником даурским из Монголии (28,6%) и образцами данного вида из России (9,2%) и Казахстана (11,4%). По содержанию α -пинена можжевельник даурский при интродукции в Беларуси существенно не отличался от *J. davurica* российского и казахского происхождения, и содержал почти в 3 раза больше данного соединения в сравнении с образцом из Монголии. Специфическим видовым признаком можжевельника даурского являлось отсутствие борнеола в эфирном масле из ЦБС НАН Беларуси, также как и в образцах из других регионов. Сходство между можжевельником даурским из различных регионов заключалось также в повышенном биосинтезе 2-карена в сравнении с другими видами. Отличительной чертой можжевельника даурского из ЦБС от образцов из России и Казахстана являлось невысокое накопление элемола (0,9%).

Можжевельник виргинский из ЦБС сильно отличался по содержанию сабинена (34,9%) от данных, представленных в работе Adams R.P.[10], где у данного вида присутствие сабинена установлено на уровне 6,4%. У можжевельников скального и горизонтального содержание сабинена было высоким как для интродуцированного в ЦБС НАН Беларуси, так и для культивируемого в США [10], однако в условиях Беларуси биосинтез этого терпена протекал активнее: на 28% для *J. scopulorum* и на 33% для *J. horizontalis*.

Можжевельник китайский отличался достаточно высоким накоплением мирцена в эфирном масле (6,9%), в 2 раза превышающим количество данного соединения, обнаруженного в образце можжевельника китайского из Гансу (Китай) [8], тогда как содержание лимонена было почти в 2 раза ниже. Также на низком уровне находился биосинтез α -пинена (1,4%), тогда как в образце из Китая этот компонент накапливался в количестве 16,7%.

Можжевельник виргинский выделялся по содержанию мирцена (6,8%), тогда как Adams R.P. установил лишь небольшое количество этого терпена как у *J. virginiana* (0,7%) (Техас), так и у его разновидности *J. virginiana var. silicicola* (0,5%), произрастающей в условиях Южной Калифорнии [10] и на Карибских островах (0,9%) [11]. У можжевельника горизонтального из ЦБС содержание мирцена было сравнимо с его присутствием в можжевельнике этого вида из Канады [10].

Лимонен в эфирном масле можжевельника виргинского присутствовал в большем количестве (22,2%), чем это было показано в образцах американского происхождения

[10,11]. Можжевельник скальный по содержанию лимонена (7,2%) практически не отличался от произрастающего в Колорадо (7,9%) [10].

На основании кластерного анализа изученных образцов установлено, что по составу монотерпенов наиболее близки между собой эфирные масла можжевельников скального и казацкого, а также полушаровидного и чешуйчатого (расстояние ~ 7 ед.). Выраженной индивидуальностью обладали эфирные масла можжевельников даурского и твердого, последний удален от других образцов на расстояние 35 ед. (рис. 2).

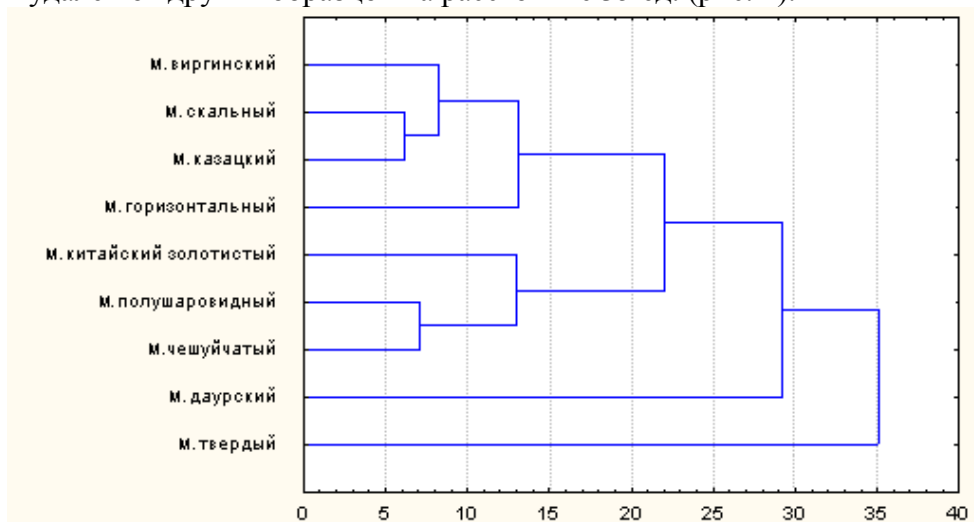


Рисунок 2 – Дендрограмма сходства представителей рода *Juniperus* из коллекции ЦБС НАН Беларуси на основе состава монотерпенов эфирных масел

По составу сесквитерпенов и дитерпенов выделяется можжевельник твердый – в эфирном масле зафиксировано значительное количество гермакрена D, у единственного из изученных представителей этого семейства установлено присутствие изопимарадиена (1,2%). Также характерным именно для этого вида являлось присутствие ациклических спиртов - неролидола (2,6%) и фарнезола (2,4%). В образце *J. rigida* из Японии авторами [4] также установлено наличие гермакрена D, неролидола, фарнезена, однако в значительно меньшем количестве. Можжевельник твердый отличался низким накоплением сабинена как в Беларуси (0,7%), так и в образцах из Японии [4,9]. Автор [9] в своей работе указывает на существенные различия в составе эфирных масел можжевельника твердого в зависимости от региона произрастания, отмечая значительную разницу в накоплении борнилацетата, -пинена и некоторых минорных компонентов в образцах из Японии, Кореи и Китая. В целом, эфирное масло можжевельника твердого из ЦБС НАН Беларуси имело состав более близкий к можжевельникам японского происхождения и значительно отличалось от можжевельников китайского и корейского происхождения.

Можжевельник чешуйчатый единственный среди изученных представителей рода *Juniperus* имел в составе эфирного масла трициклические сесквитерпены лонгипинен (0,7%) и лонгифолен (6%), что выделяло его среди других видов можжевельника (рис.3). Можжевельник казацкий также отличался достаточно высоким содержанием сесквитерпенов (7,9%), в том числе накапливал относительно большое количество γ -муролена (3,9%) и δ -кадинена (2,6%).

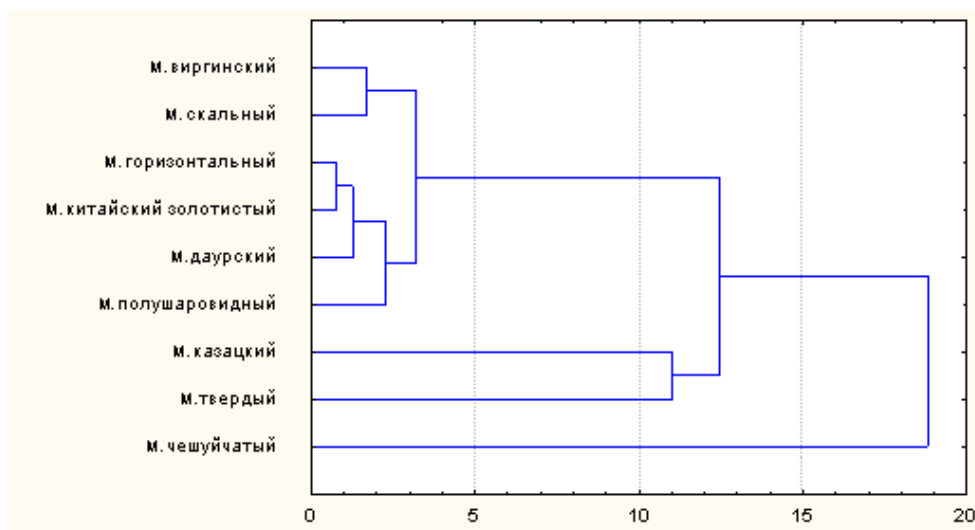


Рисунок 3 – Дендрограмма сходства представителей рода *Juniperus* из коллекции ЦБС НАН Беларуси на основе состава сесквитерпенов эфирных масел

Видоспецифичность в биосинтезе терпеноидов выявлена у можжевельника чешуйчатого – данный вид накапливал наибольшее количество элемола (14%), - эвдесмола (2,6%) и только в эфирном масле этого вида обнаружено присутствие тотарола (1,2%) и лонгиборнелола (11%).

Можжевельник виргинский из ЦБС НАН Беларуси накапливал линалоол в количестве 0,5%, тогда как у можжевельника виргинского из Южной Калифорнии биосинтез этого терпенового спирта протекал намного активнее (5,7%) [10]. Обратная картина наблюдалась для можжевельника горизонтального: *J. horizontalis* из ЦБС содержал около 5,4% линалоола, тогда как этот вид в условиях Канады накапливал только 0,5% данного соединения.

По содержанию борнилацетата *J. horizontalis* из Беларуси и Канады не имели существенных отличий, тогда как можжевельник виргинский из ЦБС гораздо активнее накапливал данное соединение: 12,7% у интродуцированного в Беларуси вида, тогда как в американском образце установлено лишь наличие следов этого соединения. Можжевельник твердый отличался повышенным биосинтезом борнилацетата (20,9%) в сравнении с приведенными в литературе данными для образца из Японии (1,3%) [4].

В результате кластерного анализа установлено, что по составу терпеноидов наиболее удален от других образцов можжевельник казацкий (расстояние ~ 42 ед.) (рис. 4), тогда как состав терпеноидов можжевельников виргинского и скального наиболее близок.

Обобщая полученные данные по преобладающим компонентам эфирных масел (табл.2) можно сделать заключение о том, что сабинен у 6 видов можжевельников являлся одним из доминирующих компонентов, причем у двух видов, можжевельника скального и можжевельника горизонтального, селективность эфирного масла (то есть число компонентов, количественно составляющих более 50% от общего содержания компонентов) именно за счет этого соединения равнялась 1. Лимонен преобладал также в 6 случаях, а борнилацетат был одним из основных компонентов у трех видов можжевельников из коллекции ЦБС НАН Беларуси. Селективность трех видов можжевельников (*J. sabina*, *J. rigida*, *J. squamata*) равнялась 4, причем в этом случае наблюдалось разнообразие доминирующих компонентов, которое достигалось, в том числе, за счет сесквитерпеноидов.

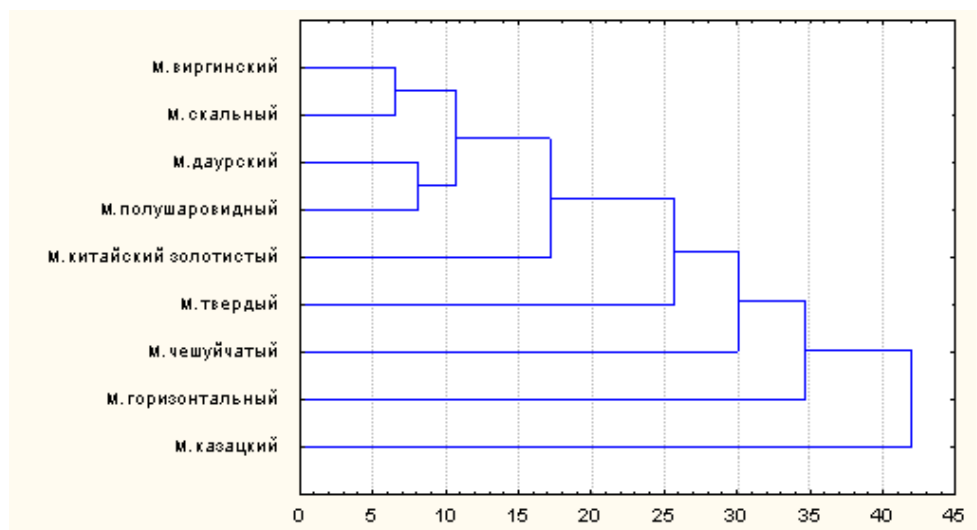


Рисунок 4 – Дендрограмма сходства представителей рода *Juniperus* из коллекции ЦБС НАН Беларуси на основе состава терпеноидов эфирных масел

Таблица 2 – Преобладающие компоненты эфирных масел можжевельников из коллекции ЦБС НАН Беларуси

<i>Juniperus</i>	Количественно преобладающие компоненты	Селективность (число компонентов, количественно составляющих более 50 % от общего содержания компонентов)
<i>virginiana</i>	лимонен, сабинен	2
<i>scopulorum</i>	сабинен	~ 1
<i>horizontalis</i>	сабинен	1
<i>davurica</i>	лимонен, сабинен	2
<i>sabina</i>	сабинен, лимонен, сабилацетат, элемол	4
<i>chinensis f. Aurea</i>	борнилацетат, сабинен	~2
<i>semiglobosa</i>	лимонен, борнилацетат	2
<i>rigida</i>	борнилацетат, гермакрен D, α -пинен, лимонен	4
<i>squamata</i>	лимонен, элемол, борнилацетат, лонгиборнеол	4

Кластерный анализ на основе компонентного состава эфирных масел можжевельников показал (рис. 5), что наиболее близкими по составу являются можжевельник виргинский и можжевельник скальный (расстояние около 15 ед.). Схожесть состава эфирных масел установлена также для можжевельников полушаровидного и китайского, которые отстояли друг от друга на расстояние 23 единицы. Можжевельник твердый по составу эфирного масла наиболее удален от всех остальных видов и форм (на расстояние ~84 единицы).

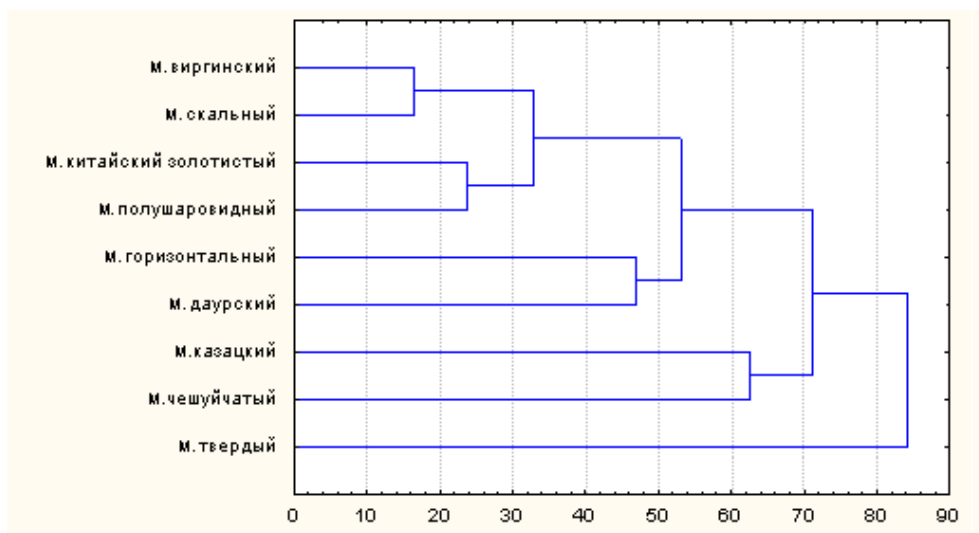


Рисунок 5 – Дендрограмма сходства представителей рода *Juniperus* из коллекции ЦБС НАН Беларуси на основе компонентного состава эфирных масел

Выводы

Анализ образцов эфирных масел девяти видов можжевельника, интродуцированных в ЦБС НАН Беларуси, показал, что представители этого рода имеют ряд общих особенностей в накоплении терпеновых соединений эфирных масел. Все изученные объекты содержали большое количество сабинена (за исключением *J. rigida*), сравнительно низкое количество камфена. Сабинен у 6 видов можжевельников являлся одним из доминирующих компонентов, причем у двух видов (можжевельника скального и можжевельника горизонтального) он составлял более 50% от общего содержания компонентов. Лимонен преобладал также в 6 случаях, а борнилацетат был одним из основных компонентов у трех видов можжевельников из коллекции ЦБС НАН Беларуси. Наиболее близкими по составу терпеновых соединений и их производных являются можжевельник виргинский и можжевельник скальный.

Можжевельники виргинский, горизонтальный и даурский выделялись большим количеством монотерпенов, тогда как можжевельник твердый и можжевельник чешуйчатый накапливали наибольшее количество сесквитерпеновых соединений. Количественное преобладание кислородсодержащих производных моно- и сесквитерпеновых соединений установлено для можжевельника китайского золотистого.

Установлены видоспецифичность можжевельника чешуйчатого и можжевельника твердого в накоплении ряда терпеновых спиртов, что может быть использовано в хемосистематике рода и при анализе качества эфирных масел.

Список литературы

1. Adams, R.P. 2008. The junipers of the world: The genus *Juniperus*, 2nd Edition. Trafford Publ., Victoria, BC.
2. Adams, R. P. RAPD DNA fingerprints and terpenoids: clues to past migrations of *Juniperus* in Arabia and east Africa / R.P. Adams, T. Demeke, H.A. Abulfatih // Theoret. Appl. Genetics. - 1993. – Vol. 87. P. 22-26.
3. Князева, С.Г. Изменчивость морфологических признаков сибирских видов можжевельника // Лесоведение. - 2007. - № 1. - С. 65-69.
4. Adams, R.P. Systematics of *Juniperus* section *Juniperus* based on leaf essential oils and random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) / R.P. Adams // Biochem Syst Ecol. - 2000. - Vol. 28, N 6. – P. 515-528.

5. Chemical composition of the essential oils of *Juniperus* from ripe and unripe berries and leaves and their antimicrobial activity / A. Angioni [et al] // *J Agric Food Chem.* - 2003. – Vol. 51, N 10. – P. 3073-3078.
6. Имханицкая, Н.Н. Критическая заметка о кавказских видах секции *Juniperus* рода *Juniperus* L. / Н.Н. Имханицкая // *Новости систематики высших растений.* - 1990. - N 27. - С. 5-16.
7. Fajon, A. *World checklist and bibliography of Conifers*/ Kew: Royal Botanic Gardens. – 2001. – 309 p.
8. Adams, R.P. Comparison of the volatile Leaf oils of *Juniperus davurica* Pall. From Mongolia, with Plants Cultivated in Kazakhstan, Russia and Scotland / R.P. Adams // *J. Essential Oil Res.* 1994. Vol. 6. - P. 217-221.
9. Adams, R.P. Comparisons of the Volatile Leaf Oils of *Juniperus rigida* Mig. From Northeastern China, Korea and Japan / R.P. Adams // *J. Essent. Oil Res.* – 1995. – Vol.7. – P. 49-52.
10. Adams, R.P. Systematics of smooth leaf margin *Juniperus* of the western hemisphere based on leaf essential oils and RAPD DNA fingerprinting / R.P. Adams // *Biochem Syst Ecol.* - 2000. – Vol. 28. – P. 149-162.
11. Adams, R.P. Chemosystematic Studies of the Caribbean Junipers Based on their Volatile Oils /R.P.Adams, L.Hogge // *Biochemical Systematics and Ecology.* - 1983. - Vol. 11, N 2. - P. 85-89.
12. Состав эфирных масел представителей рода *Abies* Hill., интродуцированных в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси / А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович, И.М. Гаранович, Г.Г. Сенькевич, В.П. Курченко // *Труды БГУ.* – 2008. – Vol.3, N 1.- С. 127 -137.
13. Государственная Фармакопея РБ: Общие методы контроля качества лекарственных средств / Центр экспертизы и испытаний в здравоохранении; под общ. ред. Годовальникова Г.В. – Минск: Минский государственный ПТК полиграфии, 2006. – 650 с.