

Состав эфирного масла *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm. Приольхонья (оз. Байкал)

С. В. ЖИГЖИТЖАПОВА¹, Б.-Ц. Б. НАМЗАЛОВ^{2, 3}, Л. Д. РАДНАЕВА¹

¹ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: Zhig2@yandex.ru

²ФГБНУ Бурятский НИИ сельского хозяйства
670045, Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з

³ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова
670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
E-mail: namzalov@rambler.ru

Статья поступила 14.02.2020

После доработки 24.03.2020

Принята к печати 25.03.2020

АННОТАЦИЯ

Полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm.) – полукустарник, мезоксерофит, имеет общеазиатский ареал. Она нашла применение в народной медицине. Состав эфирного масла полыни Гмелина изучен для растений, произрастающих в разных частях ареала. Приведены данные по составу эфирных масел растений, произрастающих в Приольхонье (оз. Байкал), в частности в бухте Ая. Сырье собирали в ходе экспедиционных работ в 2019 г. Эфирное масло получали методом гидродистилляции из воздушно-сухого сырья в год сбора. Анализ масла проводили методом хромато-масс-спектрометрии. Данные по компонентному составу эфирного масла с целью визуализации были обработаны методом главных компонент. Доминирующими компонентами эфирного масла растений из бухты Ая являются γ -аморфен, изохумбертиол В, кариофиллен оксид, кариофилла-4(12),8(13)-диен-5 α -ол, илангенол, кариофиллен и кабревиа оксид В. На основе собственных и литературных данных показано, что компонентный состав эфирных масел является результатом действия абиотических и биотических факторов среды на растение и обеспечивает наилучшую адаптацию растений к условиям произрастания. С другой стороны, вне зависимости от места произрастания растений сохраняются постоянными направления биосинтеза составляющих эфирных масел, что позволяет выделять различные хемотипы эфирных масел. В пределах обширного ареала *Artemisia gmelinii* эколого-географические условия мест формируют два хемотипа эфирных масел: “индийский” – с преобладанием в составе эфирного масла иррегулярных монотерпеноидов, и “сибирский” – с доминированием среди компонентов монотерпеноидов типа ментана. В растениях “сибирского” хемотипа наблюдается тенденция к формированию двух линий – западной, с преобладанием монотерпеноидов типа камфана (камфоры, борнеола и т. д.). На восточном (высокогорном) секторе ареала происходит накопление в эфирных маслах сесквитерпеновых соединений.

Ключевые слова: подсекция Abrotanum, полынь Гмелина, *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm., эфирные масла, компонентный состав, гидродистилляция, хромато-масс-спектрометрия.

Artemisia gmelinii Web. ex Stechm. (полынь Гмелина) – мезоксерофитный полукустарник. Полынь Гмелина произрастает в России (Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток), Китае, Монголии, Афганистане, Северной Индии, Японии, Казахстане, Корее, Кыргызстане, Непале, Северном Пакистане, Таджикистане, Узбекистане, Западной Европе [Флора Сибири, 1997].

Полынь Гмелина нашла применение в народной медицине для лечения насморка, кашля и лихорадки, заболеваний печени и как противоглистное средство, а также наружно от нарывов и прыщей [Ligaa et al., 2009; Жамбалдорчжэ, 2011]. Экспериментальные исследования показали, что водные и спиртовые извлечения из надземной части растения и эфирное масло ускоряют свертываемость крови, обладают желчегонной, протистоцидной, антибактериальной, антигельминтной и фунгицидной активностями [Ханина и др., 2000].

Состав эфирного масла полыни Гмелина изучен для растений, произрастающих в разных частях ареала: в Западной и Восточной Сибири (Республика Алтай, Красноярский край, Томская область [Ханина и др., 2000]), Республике Бурятия, Иркутской области [Жигжитжапова и др., 2010], на Дальнем Востоке, Приморском крае [Ozek et al., 2014]), в Монголии [Жигжитжапова и др., 2010], Казахстане [Suleimenov et al., 2010], Гималаях (Индия [Haider et al., 2012; Pandey et al., 2014]; Непал [Shrestha et al., 2013]), а также интродуцированных форм (Сибирский ботанический сад, Томск [Ханина и др., 2000]).

В настоящей работе представлены данные по составу эфирного масла *A. gmelinii*, произрастающего в Приольхонье, и показана корреляция “химический состав – эколого-географическая среда обитания” на примере анализа данных по составу эфирных масел полыни Гмелина.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сырье для получения эфирного масла собирали в ходе экспедиционных работ в 2019 г. в Приольхонье (материковая часть, бухта Ая, координаты: 52°47'21" с. ш., 106°36'02" в. д., высота над уровнем моря – 462,0 м) в фазу цветения. Высокая скалистая гряда с выхо-

дами карбонатных пород, открывающаяся к Байкалу. Склон гряды юго-западной экспозиции, полого вытянутая песчано-мелкоземистая ложбина. Фитоценоз – хамеродово-житняково-гмелинополюнная степь. Описание сделано профессором Намзаловым (№ 42 от 14 августа 2019 г.). Гербарные образцы хранятся в гербарии Бурятского государственного университета.

Эфирное масло получали методом гидродистилляции из воздушно-сухого сырья в год сбора (масса сырья – 51 г., продолжительность перегонки – 3 ч с момента закипания). Анализ масла проводили методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP 6890 N с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973) в качестве детектора и газовом хроматографе Agilent 7890B с масс-спектрометром типа тройной квадруполь 7000С. Использовалась 30-метровая кварцевая колонка HP-5 MSD с внутренним диаметром 0,25 мм. Процентный состав эфирного масла вычисляли по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении времен и индексов удерживания, а также полных масс-спектров, библиотеки хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения [Ткачев, 2008], а также электронной библиотеки NIST14.

Данные по компонентному составу эфирного масла с целью визуализации обработаны методом главных компонент (МГК-анализ, программный пакет Sirius version 6.0, Pattern Recognition Systems, a/s, Норвегия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В составе эфирного масла полыни Гмелина, собранной в бухте Ая, идентифицировано 57 компонентов, большинство из которых относится к терпеноидам – монотерпеноидам, сесквитерпеноидам и дитерпеноидам. Также обнаружены представители изохромоненов, ароматических и алифатических соединений. Доминирующими компонентами являются сесквитерпеноиды γ -аморфен (13,6 %), изокумбертиол В (5,5 %), кариофиллен оксид (4,9 %), кариофилла-4(12),8(13)-диен-5 α -ол (4,3 %), илангенол (3,9 %), кариофиллен (3,8 %) и дитерпеноид-кабревиа оксид В (3,1 %) (таблица).

Компонентный состав эфирных масел *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm., произрастающих в Приольхонье (оз. Байкал)*

Тип/компонент	Содержание компонентов, % от цельного масла			
	<i>J</i>	2019	[Жигжитжапова и др., 2010] (сбор 2008 года)	
1	2	3	4	5
Ациклические монотерпеноиды				
Линалоол	1100	0,2	0,4	
Хотриенол	1107	1,2		
Моноциклические монотерпеноиды				
Тип ментана				
<i>n</i> -Цимол	1024	0,1	1,1	3,3
1,8-Цинеол	1031	1,4	20,3	36,5
Терпинолен	1088	0,1	0,3	0,6
<i>цис-n</i> -Ментен-2-ол-1	1121	0,1	0,5	0,6
Терпинеол-4	1177	0,7	5,6	7,7
α -Терпинеол	1191	0,3	1,8	1,7
<i>цис</i> -Пиперитол			0,3	
Пиперитон			0,4	
α -Терпинен			0,7	1,5
γ -Терпинен			1,4	2,6
α -Терпинилацетат				0,5
<i>n</i> -Ментен-1				0,3
Тип изокамфана				
Камфен			0,6	
Тип камфана				
Камфора	1141	2,7	11,3	21,4
Изоборнеол	1156	0,1	0,8	0,7
Борнеол	1166	2,1	6,5	9,6
Борнилацетат	1287	0,3	0,8	1,8
Тип пинана				
<i>цис</i> -Хризантенол	1162	0,2		
Пинокарвон			0,4	1,0
α -Пинен			0,1	0,4
β -Пинен			0,2	0,7
Тип туйана				
<i>транс</i> -Сабиненгидрат				0,4
<i>цис</i> -Сабиненгидрат				0,7
Трициклические монотерпеноиды				
Трициклен				0,2
Ациклические сесквитерпеноиды				
Тип фарнезана				
β -Фарнезен	1458	0,9	0,2	
Неролидол	1565	1,6	0,6	
Фураносесквитерпеноиды				
Давана эфир (изомер 1)			0,3	

1	2	3	4	5
Давана эфир (изомер 2)			0,5	
Даванон			0,6	
<i>цис-трео</i> -Давана эфир			5,8	
Моноциклические сесквитерпеноиды				
Тип бисаболана				
<i>α</i> -Куркумен			2,9	
<i>α</i> -Зингиберен	1499	2,9	1,8	
<i>β</i> -Бисаболен	1511	2,6	0,6	
<i>α</i> -Бисаболол	1688	0,3		
Тип гермакрана				
Гермакра-4(15),5,10(14)-триен-1-ол	1690	0,6		
Гермакрен D			1,7	1,1
Тип гумулана				
Гумулен	1456	0,1	0,3	
Эпоксид гумулена -6,7	1606	1,5	0,8	
Тип элемана				
<i>γ</i> -Элемен			7,4	
Другие типы моноциклических сесквитерпеноидов				
Изохумбертиол B	1536	5,5		
Бициклические сесквитерпеноиды с циклопропановым кольцом				
Бициклоэлемен	1339	0,2		
Тип кадалина				
Ряд кадинана				
<i>d</i> -Кадинен	1527	1,6		
Кадина-4,10(15)-диен-9 β -ол			0,5	
<i>транс</i> -Кадина-1,4-диен			0,3	
Ряд аморфана				
<i>γ</i> -Аморфен	1496	13,6		
Тип эремофилана				
Ряд эвдесмана				
Эвдесма-4(15),7-диен-1 β -ол	1688	0,3		
Ряд селинана				
<i>β</i> -Селинен			1,0	
Тип гвайана				
<i>α</i> -Гвайен			0,3	
Тип кессана				
Кессан	1530	0,9		
Тип кариофиллана				
Кариофиллен	1422	3,8	0,7	0,6
Кариофиллен оксид	1586	4,9	2,9	1,3
Кариофилла-4(12),8(13)-диен-5 α -ол	1637	4,3		
10,10-Диметил-2,6-диметиленбицикло[7.2.0]ундекан-5 β -ол	1644			

1	2	3	4	5
Трициклические сесквитерпеноиды				
Тип аромадендрана				
Виридифлорол	1591	0,6		
Спатуленол			3,5	0,6
Тип кубебана				
β -Кубебен	1392	0,6		
Кубебол	1516	1,1		
Тип копана				
α -Копаен	1378	1,7	0,4	
β -Копаен	1432	0,3		
Илангенол	1666	3,9		
Илангеналь	1675	0,3		
Мускатон	1687	0,5		
Копаборнеол		0,2	0,9	
Триквинаны				
Пресилфиперфол-7-ен	1333	0,1		
Силфин-1-ен	1344	0,1		
Силфиперфол-5-ен			0,4	
Пресилфиперфолан-9 α -ол			4,8	
Дитерпеноиды				
Скареол оксид	1883	1,7		
Сюссерия лактон	1806	0,5		
Изохромоны				
Кабревиа оксид В	1462	3,1		
Кабревиа оксид С	1469	0,4		
Кабревиа оксид D	1479	2,3		
Ароматические соединения				
Бензальдегид	958	0,3		
Метилсалицилат	1192	0,2		
Изобутилбензоат	1321	0,1		
Эвгенол	1359	0,2		
Бутилбензоат	1374	0,1		
Изоамилбензоат	1438	2,2		
2-фенилэтилбензоат	1856	0,4		
Дигидрометилэвгенол			0,8	
Алифатические соединения				
Октен-1-ол-3	979	0,3	0,3	0,6
Нонен-1-ол-3	1080	0,1		
Декадиеналь-2,4	1317	0,1		
Жасмон	1399	0,7		
Гексагидрофарнезилацетон	1846	0,7		

П р и м е ч а н и е. Пустая ячейка обозначает, что компонент не обнаружен.

* Индексы удерживания *J* указаны только для компонентного состава эфирного масла для образца 2019 г. сбора.

Сравнение с опубликованными нами ранее данными по составу эфирного масла полыни Гмелина из Приольхонья (Приморский хребет) и с о-ва Ольхон показало, что как по качественному, так и количественному содержанию основных компонентов они различаются. Так, γ -аморфен, изохумбертиол В, кариофилла-4(12),8(13)-диен-5 α -ол, илангенол, кабревиа оксид В идентифицированы только в образце из бухты Ая. Кариофиллен и его оксид ранее были обнаружены в маслах полыни Гмелина Приольхонья, но в меньшем количестве. Следует отметить, что основные сесквитерпеноиды, обнаруженные ранее в растениях Приольхонья, – γ -элемен, спатуленол, пресилфиперфолан-9 α -ол, не найдены в составе масла растений с бухты Ая. В то же время основные компоненты эфирных масел с Приморского хребта и о-ва Ольхон – монотерпеноиды 1,8-цинеол, камфора, борнеол, терпинеол-4, идентифицированные в эфирных маслах растений бухты Ая, – в меньших количествах. Эфирные масла из полыни Гмелины бухты Ая имеют больше общих компонентов с таковыми с о-ва Ольхон (см. таблицу).

ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку компоненты эфирных масел являются активными участниками процессов, обеспечивающих адаптацию растений к различным абиотическим факторам произрастания растений, а также участвуют во взаимодействиях “растения – растения”, “растения – животные” [Bagnoli et al., 2012; Gols R., 2014; Loreto et al., 2014; Muhlemann et al., 2014], то состав масла изменчив. Вместе с тем, обобщая данные о составе эфирных масел *A. gmelenii* Центральной Азии [Жигжитжапова и др., 2010] и приведенные в настоящей статье результаты, следует отметить, что в составе эфирных масел выделяется общая группа компонентов (константные компоненты), таких как *n*-цимол (0,1 – 3,3 %), 1,8-цинеол (1,4 – 40,3 %), терпинолен (0,1 – 0,6 %), терпинеол-4 (0,7 – 7,7 %), камфора (2,7 – 31,0 %), борнеол и его ацетат (2,1 – 17,6 %), кариофиллен и его оксид (0,4 – 4,9 %), гермакрен D (0,6–6,3 %). С учетом изомерных компонентов (α -, γ -терпинены, α -, β -пинены) константными для эфирных масел полыни Гмелина из разных

районов Азии являются 18 соединений: *n*-цимол, 1,8-цинеол, α -, γ -терпинены, терпинолен, терпинеол-4, α -терпинеол, камфен, камфора, борнеол и его ацетат, пинокарвон, α -, β -пинены, гермакрен D, кариофиллен и его оксид, спатуленол. Константные компоненты в отдельных образцах эфирного масла могут выступать и как мажорные, и как минорные составляющие масла. Так, 1,8-цинеол не обнаружен в одном из образцов из России (Республика Алтай) [Ханина и др., 2000], а в прочих варьирует от 0,04 % (Западные Гималаи, Индия [Pandey et al., 2014]) до 40,3 % (Россия, Республика Бурятия [Жигжитжапова и др., 2010]). Камфора не обнаружена в двух эфирных маслах растений: из Западных Гималаев (округ Чамоли [Pandey et al., 2014]) и в одном из образцов России (Республика Алтай), в то время как в образцах из Красноярского края его содержание достигает 39,9 % [Ханина и др., 2000]. В образцах из Непала и России (Республика Алтай) не обнаружен *n*-цимол, в прочих эфирных маслах его содержание составляет 0,3–4,2 %.

В то же время компоненты, которые сохраняются в отдельных эфирных маслах в значительных количествах, не найдены в эфирных маслах из других стран. Например, в эфирных маслах из растений, произрастающих в штате Уттаракханд, Индия, доминирующим компонентом является артемизиакетон (40,7–53,34 %) [Haider et al., 2012; Pandey et al., 2014]. Артемизиакетон также обнаружен в эфирных маслах из растений флоры Дальнего Востока в количестве 0,7 % [Ozek et al., 2014]. Растения, произрастающие в Непале, отличаются тем, что они относятся к травянистым многолетникам, и основными компонентами являются фламенол (15,17 %), 2-метил-1-метилден-3-(1-метилэтилен)-циклопентан (3,93 %), 3-этил-3-метокси-2-циклопентенон (3,51 %) [Shrestha et al., 2013].

На биоплоте, полученном на основе анализа данных состава основных и константных соединений эфирных масел полыни Гмелина из разных стран, можно выделить два локуса (рис. 1). Первый локус представлен образцами из Индии [Haider et al., 2012; Pandey et al., 2014] и Непала [Shrestha et al., 2013]), т. е. районов, относящихся к горной системе Гималаев. Образцы из Индии объединяет высокое

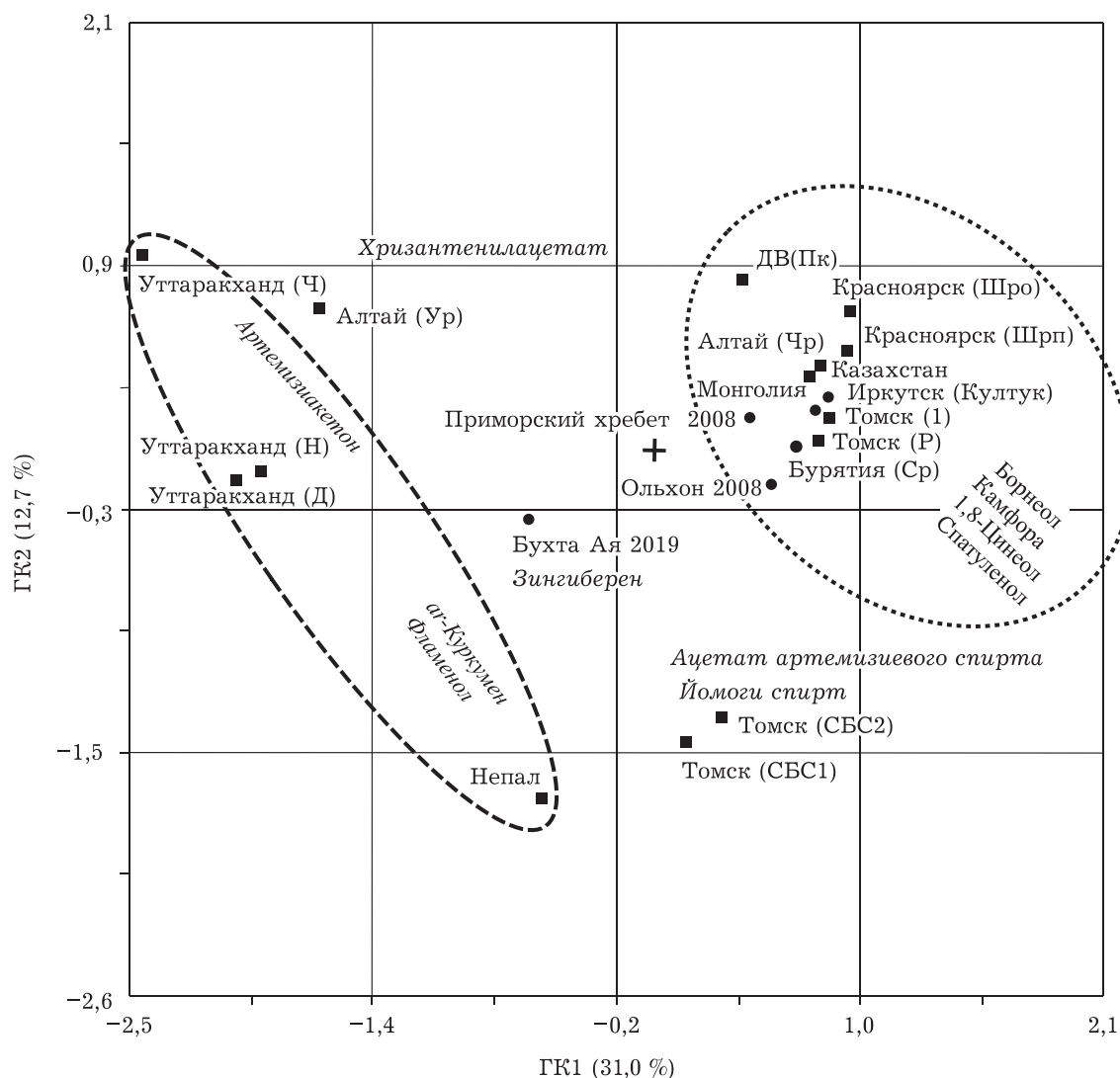


Рис. 1. Метод главных компонент. Биплот (ГК1 – ГК2) данных состава основных и константных соединений в эфирных маслах *Artemisia gmelinii*.

Квадратами (литературные данные) и кругами (собственные данные) обозначены образцы эфирных масел *Artemisia gmelinii* из разных стран: Россия: “Бухта Ая 2019” – Иркутская обл., бухта Ая [настоящая статья]; “Ольхон 2008” – Иркутская обл., о. Ольхон, “Приморский хребет 2008” – Иркутская обл., Приморский хребет; “Бурятия (Ср)” – Республика Бурятия, Селенгинский р-н; “Иркутск (Култук)” – Иркутская обл., пос. Култук [Жигжитжапова и др., 2010]; “Алтай (Ур)” – Республика Алтай, Усть-Коксинский р-н; “Алтай (Чр)” – Республика Алтай, Чарышский р-н; “Томск (1)” – Томская обл., окр. Томска; “Красноярск (ШРо)” – Красноярский край, Шарыповский р-н, опушка; “Красноярск (ШРп)” – Красноярский край, Шарыповский р-н, поляна; “Томск(Р)” – Томская обл., окр. Томска, по методу Рutowского; “Томск (СБС1)” – Сибирский ботанический сад, Томск, фаза цветения; “Томск (СБС2)” – Сибирский ботанический сад, Томск, фаза плодоношения [Ханина и др., 2000]; “ДВ (Пк)” – Дальний Восток, Приморский край, Партизанский р-н [Ozek et al., 2014]. Монголия: “Монголия” – Булганский аймак [Жигжитжапова и др., 2010]. Казахстан: “Казахстан” – Карагандинская обл. [Suleimenov et al., 2010]. Индия: штат Уттаракханд – “Уттаракханд (Н)” – долина Нити, “Уттаракханд (Д)” – долина Джеламаи [Haider et al., 2012]; “Уттаракханд (Ч)” – округ Чамоли [Pandey et al., 2014]. Непал: “Непал” – район Мустанг [Shrestha et al., 2012]

содержание артемизиакетона, в то время как он отсутствует в масле из Непала, в котором большое содержание фламеноло и *ar*-куркумена. Второй локус составляют образцы из России (Сибирь, Дальний Восток), Казахстана,

Монголии. Для них характерно высокое содержание борнеола, камфоры, 1,8-цинеола и спатуленола. Четыре образца на биплоте оказались между обоими локусами. Образец из Республики Алтай (Усть-Коксинский район) [Хани-

на и др., 2000] в связи с высоким содержанием хризантенилацета близок к образцу из Индии (штат Уттаракханд, округ Чамоли [Pandey et al., 2014]). Общим для обеих популяций полыни Гмелина является произрастание их в более суровых условиях, чем другие популяции в этих же регионах. Так, район произрастания полыни из округа Чамоли Индии авторами характеризуется как холодная пустыня [Pandey et al., 2014]. Популяция растений из Республики Алтай [Ханина и др., 2000] близко расположена к долине Катунь с ледниковым питанием и влиянием холодного дыхания хребтов Алтая, что обуславливает более экстремальные континентальные условия, чем в целом в Западной Сибири.

Примечательно, что на биоплоте точки (Томск (СБС 1 и 2)), соответствующие образцам эфирных масел из культивируемых растений, находятся вблизи от точки, обозначающей образец из Непала (см. рис. 1). Хотя оба образца содержат в качестве основных компонентов соединения, присущие растениям “сибирского” локуса, – борнеол, камфору, 1,8-цинеол и спатуленол, однако образец из Непала в значительных количествах содержит фламенол и *ar*-куркумен, из Алтая – иррегулярные монотерпеноиды (ацетат артемизиевого спирта и йомоги спирт). Растения из Непала и культивируемые в условиях Томска в отличие от других популяций являются травянистыми многолетниками.

Точка, соответствующая образцу из эфирного масла полыни Гмелина из бухты Ая, расположена на биоплоте вне “сибирского” локуса, поскольку не содержит или содержит в небольшом количестве терпеноиды, определяющие “сибирский” локус, т. е. борнеол, камфору, 1,8-цинеол и спатуленол. Причина, скорее всего, – во влиянии на состав масла различных факторов, в том числе погодных, эдафических и т. д. В то же время из всех образцов “сибирского” локуса наиболее близко образцу “Бухты Ая 2019” на биоплоте (см. рис. 1) расположены образцы из Приольхонья (“Приморский хребет 2008” и “Ольхон 2008”).

Многообразие индивидуальных соединений в составе эфирных масел связано с процессами вторичной трансформации терпеновых углеводов, поэтому составляющие эфирного масла можно свести в несколько групп по структурным типам. При анализе данных

по групповому составу эфирных масел полыни Гмелина был получен биplot (ГК1-ГК2). И в этом случае образцы образуют два локуса (рис. 2). Образцы из Индии, так же как при анализе по содержанию константных основных составляющих эфирных масел, составляют единую группу, назовем ее “индийский” хемотип. Для них характерно накопление в эфирном масле иррегулярных монотерпеноидов.

Эфирные масла растений, произрастающих на территории Азиатской России, Казахстана, Монголии и Непала, образуют локус, который можно назвать “азиатский” хемотип. Характерными составляющими эфирных масел указанных образцов является большое содержание ментановых монотерпеноидов. В этом случае образцы с экспериментального участка Сибирского ботанического сада при Томском государственном университете (“Томск СБС 1, 2”), а также Горного Алтая (Алтай (Ур)), Приольхонья (“Бухта Ая 2019”) занимают свое “законное” место по географическому происхождению в локусе “азиатского” хемотипа. Положение точки “Непал” на биоплоте можно объяснить сухим климатом района Мустанг Непала, нахождением его в дождевой тени горного массива Дхаулагири. Видимо, это обстоятельство сближает условия произрастания полыни Гмелина в Непале с семиаридными и аридными условиями Сибири, Казахстана и Монголии. На биоплоте в нижней части локуса расположены в основном образцы с западных, более обеспеченных влагой, территорий. Наибольший вклад в их распределение вносят монотерпеноиды типа камфана. Тогда как образцы с более аридных восточных территорий, в том числе с Приольхонья, находятся в верхней части локуса. На их распределение влияет содержание в эфирных маслах сесквитерпеноидов различных структурных типов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, компонентный состав эфирных масел является результатом действия абиотических и биотических факторов среды на растение во время его развития и обеспечивает наилучшую адаптацию растений к условиям конкретного места произрастания. В то же время направления биосинтеза составляющих эфирных масел находятся

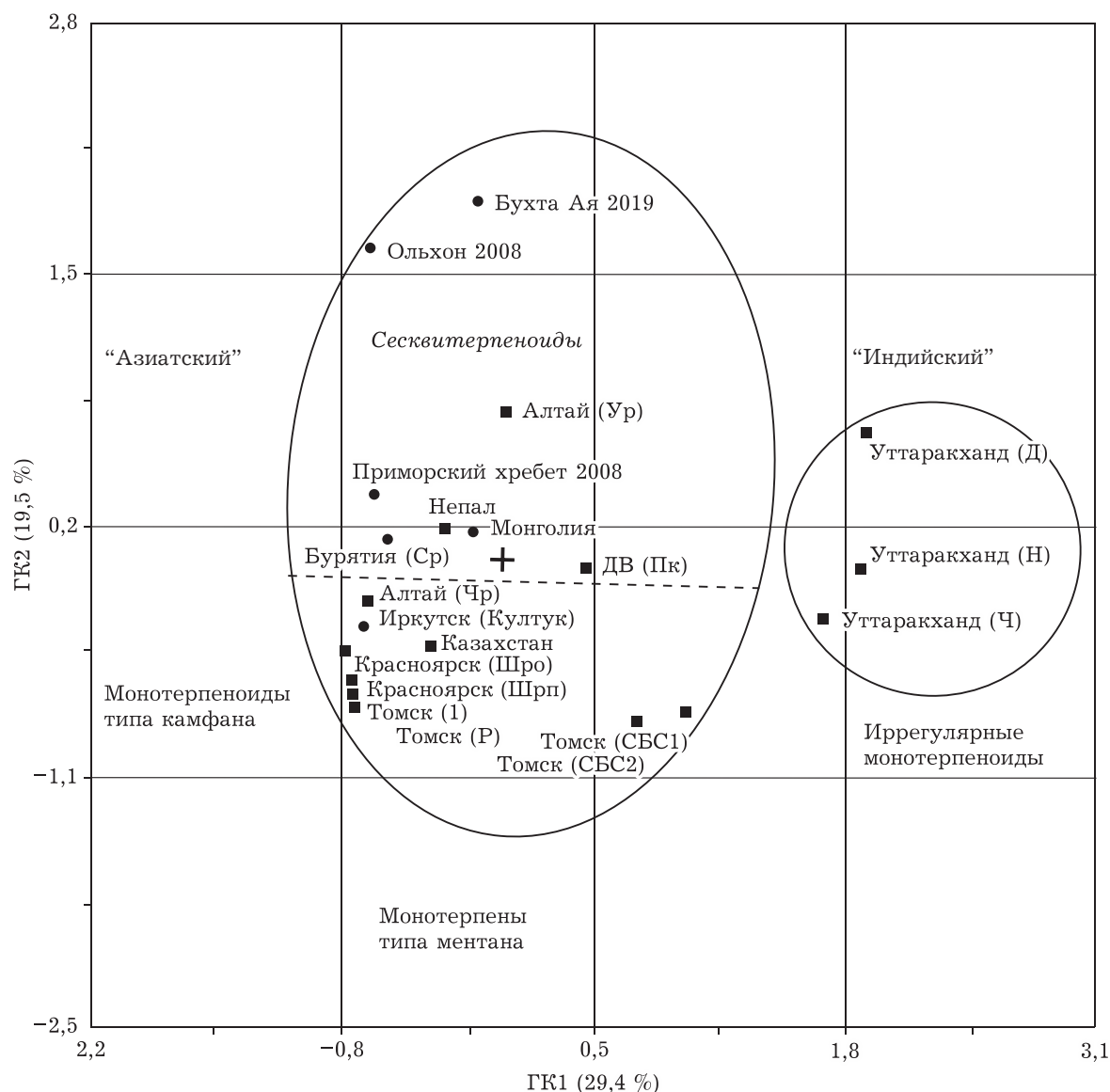


Рис. 2. Метод главных компонент. Биплоты данных группового состава эфирных масел *Artemisia gmelinii* (ГК1 – ГК2). Обозн. см. на рис. 1

под генетическим контролем, что выражается на химическом уровне в существовании различных хемотипов эфирных масел. В пределах обширного ареала *Artemisia gmelinii* под влиянием эколого-географических условий формируются два хемотипа эфирных масел: “индийский” – с преобладанием в составе эфирного масла иррегулярных монотерпеноидов, в частности артемизиакетона, и “сибирский” – с доминированием среди компонентов монотерпеноидов типа ментана, в том числе 1,8-цинеола. В растениях наблюдается тенденция к формированию двух линий: западной – с преобладанием монотерпеноидов типа

камфана (камфоры, борнеола и т. д.), и восточной (высокогорный сектор ареала) – с накоплением сесквитерпеновых соединений.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук и при поддержке гранта Бурятского государственного университета (№ 19-10-0502).

ЛИТЕРАТУРА

- Жамбалдоржэ. Дзэйцхар-мигчжан. Монголо-тибетский источник по истории культуры и традиционной медицине XIX в. Улан-Удэ: Изд-во ОАО “Республиканская типография”, 2011. 220 с.
- Жигжитжапова С. В., Соктоева Т. Э., Раднаева Л. Д. Химический состав эфирного масла *Artemisia gmelinii*

- Web et Stechm., произрастающей в Центральной Азии // Химия раст. сырья. 2010. № 2. С. 131–133.
- Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск, 2008. 969 с.
- Флора Сибири. Т. 13: Asteraceae (Compositae) / Сост. И. М. Красноборов, М. Н. Ломоносова, Н. Н. Тупицына и др. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1997. 472 с.
- Ханина М. А., Серых Е. А., Покровский Л. М., Ткачев А. В. Результаты химического исследования *Artemisia gmelinii* Web. et Stechm. флоры Сибири // Химия раст. сырья. 2000. № 3. С. 77–84.
- Bagnoli F., Fineschi S., Loreto F. Volatile isoprenoids and abiotic stresses // The Ecology of Plant Secondary Metabolites: From Genes to Global. Published by Cambridge University Press // British Ecol. Soc. 2012. P. 101–119.
- Haider S. Z., Andola H. C., Mohan M. Constituents of *Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm. from Uttarakhand Himalaya: A Source of *Artemisia* Ketone // Indian J. Pharm. Sci. 2012. Vol. 74, N 3. P. 265–267.
- Gols R. Direct and indirect chemical defences against insects in a multitrophic framework // Plant, Cell and Environment. 2014. Vol. 37. P. 1741–1752.
- Ligaa U., Davaasuren B., Ninjil N. Medicinal plants of Mongolia used in Western and Eastern Medicine. Moscow, 2009. 378 p.
- Loreto F., Dicke M., Schnitzler J.-P., Turlings T. C. J. Plant volatiles and the environment // Plant, Cell and Environment. 2014. Vol. 37. P. 1905–1908.
- Muhlemann J. K., Klempien A., Dudareva N. Floral volatiles: from biosynthesis to function // Plant, Cell and Environment. 2014. Vol. 37. P. 1936–1949.
- Ozek G., Suleimen Y., Tabanca N., Doudkin R., Gorovoy P. G., Göger F., Wedge D. E., Ali A., Khan I. A., Baser K. H. C. Chemical Diversity and Biological Activity of the Volatiles of Five *Artemisia* species from Far East Russia // Rec. Nat. Prod. 2014. Vol. 8, N 3. P. 242–261.
- Pandey V., Verma R. S., Chauhan A., Tiwari R. Compositional characteristics of the volatile oils of three *Artemisia* spp. from western Himalaya // J. Essential Oil Res. 2014. Vol. 27, N 2, P. 107–114.
- Shrestha S., Nyaupane D. R., Yahara S., Rajbhandari M., Gewali M. B. Quality Assessment of the Essential Oils From *Artemisia Gmelinii* and *Orifanum Majorana* of Nepali Origin // Sci. World. 2013. Vol. 11, N 11. P. 77–80.
- Suleimenov E. M., Tkachev A. V., Adekenov S. M. Essential oil from Kazakhstan *Artemisia* species // Chem. Nat. Compounds. 2010. Vol. 46, N 1. P. 135–139.

Composition of essential oil *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm. of Priolkhonian flora (Lake Baikal)

S. V. ZHIGZHITZHAPOVA¹, B.-Ts. B. NAMZALOV^{2, 3}, L. D. RADNAEVA¹

¹*Baikal Institute of Nature Management of SB RAS
670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy str., 6
E-mail: Zhig2@yandex.ru*

²*Buryat Research Institute of Agriculture
670045, Ulan-Ude, Tretiakova str., 25z*

³*Banzarov Burgat State University
670000, Ulan-Ude, Smolina str., 24a
E-mail: namzalov@rambler.ru*

Artemisia gmelinii Web. ex Stechm. is a shrub, mesoxerophyte, pan-Asian area. *A. gmelinii* has found application in folk medicine. The composition essential oil has been studied for plants growing in different parts of the area. This article demonstrated on the composition of essential oils of plants growing of the Priolkhonian flora (Lake Baikal), in particular in Aya Bay. Raw materials were collected during expeditionary work in 2019. Essential oil was obtained by hydrodistillation from air-dried raw materials in the year of collection. Oil analysis was performed by chromatography-mass spectrometry. Data on the composition of the essential oil for visualization were processed using the principal component analysis. The γ -amorphous, isochumbertiol B, caryophyllide oxide, caryophylla-4 (12), 8 (13) -diene-5 α -ol, ylangenol, caryophyllylene and cabrevia oxide B are dominant components of the essential oil of plants from Aya Bay. Based on our own and published data we show that the component composition of essential oils is the result of the action of abiotic and biotic environmental factors and ensures the best adaptation of plants to growing conditions. On the other hand, regardless of the place of plant growth, the directions of biosynthesis of the constituent essential oils are preserved, which makes it possible to distinguish various chemotypes of essential oils. The composition of the essential oils can be divided into two chemotypes: the “Indian” is characterized by a high content of irregular monoterpenoids in the composition and the “Siberian” – of monoterpenoids such as Menthane terpenoids. Among the plants of the “Siberian” chemotype, there is a tendency to the formation of two lines – the western with a prevalence of camphor terpenoids (camphor, borneol, etc.). In the eastern (alpine) sector of the range, the accumulation of sesquiterpenic compounds in essential oils.

Key words: subsection Abrotanum, *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm., essential oils, component composition, hydrodistillation, chromatography-mass spectrometry.