

Невкрытая Н. В., Мишнев А. В.

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ I)**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.** Эфиромасличные растения, занимая весьма скромное место среди сельскохозяйственных культур по возделываемым площадям и объемам производства сырья, тем не менее, представляют большую ценность для ряда производств – парфюмерно-косметического, фармацевтического, ликероводочного, пищевого и других, благодаря содержащемуся в них эфирному маслу. В настоящее время потребность в эфиромасличной продукции в России удовлетворяется главным образом за счет импорта, на что затрачиваются ежегодно десятки миллионов долларов США. Для расширения отечественного ассортимента и объемов производства эфирных масел и других продуктов переработки эфиромасличного сырья (биоконцентраты, экстракты, конкреты, воска, гидролаты и прочее) проводятся поисковые и селекционные исследования, имеющие целью создание новых высокопродуктивных сортов как традиционно возделываемых эфиромасличных растений, так и введение в культуру малораспространенных и перспективных видов эфирносов. Содержание и компонентный состав эфирных масел – признаки, которые не контролируются визуально и, как правило, не коррелируют с морфологическими или какими-либо другими признаками. В связи с этим обязательным на всех этапах работы является определение количества и компонентного состава эфирных масел в сырье исследуемых растений, а также выяснение зависимости накопления и состава эфирных масел от факторов среды. Изучение компонентного состава эфирного масла в некоторых спорных случаях может также служить вспомогательным материалом при уточнении систематического положения сомнительных видов. Цель настоящего обзора – обоснование актуальности и обязательности основных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений.*

***Ключевые слова:** эфиромасличные растения, биохимический анализ, компонентный состав, накопление эфирного масла.*

Введение

Эфиромасличные растения – это растения многопланового использования. Прежде всего, они представляют ценность в связи с содержанием в них эфирных масел разного компонентного состава. В результате переработки сырья этих культур, помимо эфирных масел, возможно получить целый ряд сопутствующих продуктов: экстракты, конкреты, биоконцентраты, гидролаты (ароматические воды), воска, чистые вещества, являющихся компонентами эфирного масла. Все эти продукты находят широкое применение в парфюмерно-косметическом, ликероводочном, фармацевтическом, пищевом производствах, медицине, ароматерапии, ветеринарии [1, 2]. Следствием дефицита отечественного эфиромасличного сырья и продуктов его переработки является большой объем импорта этой продукции, на что в России затрачивается ежегодно десятки миллионов долларов США [3]. В настоящее время в русле политики импортозамещения остро стоит задача восстановления отечественного эфиромасличного производства. Это обуславливает, в том числе и необходимость расширения ассортимента культивируемых эфиромасличных растений и увеличения сортовой базы. Все это связано с анализом дикорастущих эфиромасличных растений разных регионов, поиском новых видов, перспективных

для селекционной работы с целью введения в культуру [4]. Такие исследования были актуальными и в период расцвета эфиромасличной отрасли в Советском Союзе в 40–80-е годы прошлого века, и сейчас, когда в России поставлена задача возрождения эфиромасличной отрасли [4, 5].

Основными параметрами, определяющими ценность эфиромасличных растений, является содержание в сырье эфирных масел и их компонентный состав. К сожалению, эти признаки не диагностируются визуально и, по имеющимся в литературе данным и результатам проведенных авторами исследований, как правило, не коррелируют с визуально регистрируемыми признаками растений. Соответственно, обязательной частью научных работ в данной области является проведение биохимических исследований эфиромасличных растений, основные направления которых и обсуждаются в настоящем обзоре. Обращаясь к литературным источникам, мы, в качестве приоритетных, рассматривали современные работы отечественных исследователей, изучающих эфиромасличные растения, пригодные для возделывания в разных регионах России. Вместе с тем, для понимания основных тенденций в биохимических исследованиях эфиромасличных растений, мы не могли не сослаться на исследования коллег за пределами РФ.

1. Изучение содержания и компонентного состава эфирных масел и хемотипической изменчивости у разных видов эфиромасличных растений с целью определения перспектив их дальнейшего использования.

Вовлечение в селекционные исследования новых и малораспространенных видов растений, содержащих в своем сырье эфирное масло, для дальнейшего введения их в культуру, прежде всего требует проведения комплекса поисковых работ. В результате выявляются перспективные растения, накапливающие эфирное масло в количествах, обеспечивающих рентабельность их возделывания и переработки.

В связи с этим проводится анализ коллекционных образцов и образцов местной дикорастущей флоры. При этом исследуются как представители разных семейств и родов, так и разные образцы конкретных видов.

В исследованиях К. Г. Ткаченко проанализированы эфиромасличные виды семейств Сельдерейные Apiaceae, Астровые Asteraceae и Яснотковые Lamiaceae и предложены перспективные для выращивания в условиях Северо-Запада России [4]. Получено подтверждение антимикробного, антифунгального и антивирусного действия эфирных масел растений ряда видов изученных семейств по отношению к широкому спектру патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Биохимический анализ содержания и компонентного состава эфирного масла у 60-ти образцов семи видов эфиромасличных растений семейства Lamiaceae позволил выделить перспективные для дальнейшей селекционной работы и непосредственного внедрения в производство в Ленинградской области и на Северном Кавказе [6].

Анализ обширного коллекционного материала позволяет находить новые перспективные источники эфирных масел разного компонентного состава для нужд разных направлений использования [7]. Исследования более 20-ти видов ароматических растений из флоры РСО-Алания позволили отобрать наиболее перспективные и рекомендовать их для использования в ликероводочной, фармацевтической промышленности, фитотерапии и зооветеринарной практике [8, 9].

Сравнительное изучение эфиромасличности видов рода можжевельник *Juniperus* L. флоры Восточного Казахстана, представляющих интерес в качестве источника сырья для получения эфирного масла, позволило отметить два перспективных вида, отличающихся наиболее высоким содержанием эфирного масла

– можжевельник казацкий *Juniperus sabina* L. (2,5–4,8 %) и можжевельник ложноказацкий *J. pseudosabina* Fisch. et Mey (4,5 %) [10].

В исследования включаются и новые виды, родственные уже используемым. Так, изучение видов рода котовник *Nepeta* L. разного географического происхождения из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов имени Н. И. Вавилова» позволило не только выявить различия по содержанию эфирного масла в растительном сырье, но и показать возможность их адаптации и возделывания в условиях Ленинградской области [11].

Поисковые исследования предполагают изучение не только содержания эфирного масла в растениях, но и его компонентного состава, обуславливающего ценность и дальнейшую востребованность эфирного масла.

По своей природе компоненты эфирного масла относятся к терпеновым соединениям. Широкое изучение механизмов и закономерностей биосинтеза терпенов началось с середины 50-х годов прошлого века. Исходя из структуры соединений, постулировали возможные пути трансформации одних компонентов эфирных масел в другие. Впервые общую схему биосинтеза терпенов предложил Ruzicka в 1953 г. [12]. Особенно подробно схема биосинтеза терпенов разрабатывалась, а затем уточнялась для рода мята *Mentha* L. [13, 14]. Считается, что мевалоновая кислота наиболее вероятный предшественник для монотерпенового синтеза во всех эфиромасличных растениях. Это соединение через целый ряд последовательных трансформаций превращается в геранил-, нерил- и линалилпирофосфат. Единой точки зрения, какой из этих пирофосфатов является предшественником для дальнейшего монотерпенового биосинтеза, нет. Для разных видов растений исследователи предлагали свои варианты. Как бы там ни было, путем трансформаций какого-либо из указанных пирофосфатов, последовательно (или параллельно) образуются ациклические компоненты (или компоненты с незамкнутой цепью): гераниол, нераль, гераниаль, нерол, линалоол, линалилацетат и др., из которых в ходе дальнейших трансформаций синтезируются циклические монотерпены: лимонен, карвон, ментол и др. [15]. Трансформация компонентов эфирного масла в растениях происходит под генетическим контролем, иными словами, зависит от генотипа. Именно генотип обуславливает наличие в природе в пределах одного вида растений, зачастую в одном и том же ареале, разных хемотипов. В. В. Макаров отмечал, что названия хемотипам даются или по преобладающему компоненту, или по аналогии с запахом того или иного растения или продукта. В распространении хемотипов не прослежено зависимости от вида, географической широты и экологических условий. Сходные хемотипы могут встречаться как у разных видов, так и внутри одного того же вида [16]. Растущие рядом в одной популяции растения, морфологически совершенно не различающиеся, могут обладать совершенно разными ароматами [17]. Именно генотип определяет качественный состав эфирного масла конкретного растения. Количественные же показатели компонентов эфирного масла зависят от целого ряда факторов: фенофазы растения, места локализации эфиромасличных структур на растении, условий выращивания, обеспеченности минеральным питанием, погодных условий и так далее. К сожалению, иногда исследователи не учитывают главенство генотипа в процессах формирования компонентов эфирного масла и пытаются связать наличие хемотипов в пределах одного вида растений с условиями культивирования, влагообеспеченностью района произрастания или возделывания, географическими координатами, высотой над уровнем моря и тому подобным. Такой упрощенный

подход, на наш взгляд, зачастую снижает ценность проведенных исследований и приводит к некорректной трактовке полученных данных.

В результате сравнительного анализа компонентного состава эфирных масел шести видов рода Котовник, выращенных в условиях Южного берега Крыма, выделен как наиболее перспективный для использования в парфюмерно-косметической промышленности вид *Nepeta reichenbachiana* Fisch. et Mey, содержащий до 14,7 % геранилацетата и до 58,5 % цитронеллола [18].

Ряд публикаций в разных странах посвящен проводимым исследованиям с перспективным видом котовника – котовник голый (котовник венгерский) *Nepeta nuda* L. В Румынии проанализировали эфирное масло *N. nuda* ssp. *nuda*, полученное из сырья природных популяций из трех регионов страны. По данным авторов, доминирующим компонентом эфирного масла во всех случаях был эвкалиптол (31,9–44,9 %). Различия касались содержания других компонентов эфирного масла, накапливаемых в значительных количествах. В одном случае, наряду с эвкалиптолом присутствовал гермакрен D (17,0 %), в другом – непеталактон II (14,7 %), в третьем – наряду с гермакреном D (12,7 %) синтезировался β-пинен (13,1 %) [19].

В Казахстане из сырья *N. nuda*, собранного в Аксайском ущелье Заилийского Алатау Алматинской области, получено эфирное масло с содержанием изомеров непеталактона до 50 %. Данный продукт был запатентован и, по мнению авторов, «обладает антибактериальной и потенциальной анальгетической активностью, аттрактантной активностью для кошачьих и репеллентной против тараканов и комаров...» [20].

Ученые Иркутского государственного медицинского университета совместно с коллегами из Сибирского института физиологии и биохимии растений провели сравнительное изучение содержания и состава эфирного масла дикой популяции душицы обыкновенной Иркутской области Тайшетского района, произрастающей на лесных лугах, и культивируемой формы из питомника Иркутского медицинского института. Установлено, что основными компонентами эфирного масла являются кариофиллен оксид, спатуленол, (–)-4-терпинеол. Содержание фенольных соединений (тимол, карвакрол) составляло менее 1,34 %. Исследование показало, что содержание эфирного масла и состав его основных компонентов для культивируемой и дикорастущей форм равноценны. Был сделан вывод, что «качественный состав эфирного масла душицы обыкновенной зависит от географического места ее произрастания» [21]. Таким образом, исследователи попытались связать один из хемотипов душицы обыкновенной с географическими координатами места произрастания или возделывания, без учета генотипической регуляции процессов биосинтеза терпенов. Однако, по нашему мнению, то, что дикорастущие образцы и культивируемая форма относятся к одному хемотипу, не дает права делать вывод о влиянии географического места произрастания на качественный состав эфирного масла.

В обстоятельной работе, посвященной ароматическому биоразнообразию цветковых растений Турции, К. Hüsni Can Baser приводит результаты исследований содержания и компонентного состава эфирного масла таксонов дикорастущей флоры. В частности, для рода *Origanum* L. (Lamiaceae) указывается, что он представлен в Турции 22 видами (32 таксона, включая подвиды). Показано, что для изученных видов *Origanum* наиболее распространенный хемотип – карвакрольный (15–84 % карвакрола). Наряду с этим, в качестве основных компонентов эфирного масла душицы могут быть р-цимен, линалоол, линалилацетат, цис-сабинегидрат, кариофиллен [22]. Существование нескольких хемотипов у душицы обыкновенной *O. vulgare* отмечают и Werker E. с соавторами [23]. Имеются данные, подтверждающие

различия компонентного состава эфирного масла душицы этого вида из разных мест произрастания, включая не только регионы России, но и другие страны [24].

Разные виды рода *Thymus* L. представляют интерес для дальнейшего использования в связи с наличием в составе их эфирных масел таких ценных компонентов, как тимол и карвакрол. Изучение их в разных регионах России позволило выделить хемотипы с преобладанием одного из этих соединений [25–27].

При исследовании компонентного состава коллекционных образцов *Thymus pubescens* Boiss. et Kotschy ex Celak обнаружен интересный хемотип, не свойственный этому роду. В двух образцах из Восточного Азербайджана в качестве основного компонента эфирного масла идентифицирован цитронеллол (42,0–42,6 %) в совокупности с цитронеллолацетатом (14 %) и гераниолом (13 %). Авторы считают, что эти компоненты характерны для розового эфирного масла, а не для представителей семейства Lamiaceae [28]. С этим утверждением едва ли можно согласиться, поскольку указанные соединения встречаются и у других представителей семейства Lamiaceae, в частности, у мелиссы лекарственной, котовника закавказского и гибридного и других [29, 30].

В уже упомянутой нами работе, К. Hüsni Can Baser приводит результаты исследований состава эфирного масла рода *Thymus* природных популяций Турции. Из всех таксонов этого рода 49 % считаются высокомасличными (>1 % масла); умеренно-масличные (33 %) содержат 0,1–1,0 % и только 18 % – менее 0,1 % масла. Указывается, что 24 таксона рода содержат в качестве основного компонента тимол и 11 таксонов – карвакрол. Наибольшее содержание тимола (85 %) встречается в масле тимьяна мигрийского *T. migricus* Klokov et Des.-Shost. Более 3 % масла и до 70 % тимола содержит тимьян длинностебельный *T. longicaulis* C. Presl. subsp. *chaubardii* (Boiss. et Heldr. ex Reichb. fil.) Jalas. var. *chaubardii* и var. *alternatus*. Наибольшее содержание карвакрола (78 %) обнаружено в масле *T. migricus* иного хемотипа, тимьян Кочи *T. kotschyanus* Boiss. et Hohen. var. *glabrescens* Boiss. содержит более 3 % масла с 53–70 % карвакрола. Всего автор приводит для рода *Thymus* флоры Турции семь хемотипов. Отдельно выделяется восьмой хемотип, в который входят остальные терпены, не входящие в первые семь хемотипов [22].

Интернациональный коллектив ученых изучал эфирное масло вида *T. longicaulis* C. Presl., полученное из сырья трех естественных популяций в Косово. Обнаружены различные хемотипы: тимольно-карвакрольный, α -терпениольный (в сочетании с α -терпенилацетатом и линалоолом) и фелландренный (в сочетании с линалоолом и α -кариофилленом) [31].

Ряд публикаций посвящен изучению хемотипической изменчивости у многочисленного рода *Artemisia* L. [32–34].

Продолжается поиск интересных хемотипов в роде *Mentha*. В частности, иранские ученые анализировали сырье природных популяций мяты вида *M. spicata* L., произрастающих на территории Ирана в трех регионах провинции Исфahan. Компонентный состав эфирного масла был различен. В одном случае основными компонентами являлись 1,8-цинеол (22,7 %) и пиперитон оксид (58,9 %), в другом образце доминировали 3,8-ментadiен (21,6 %), 2-циклогексен (42,7 %), третий образец относился к типично карвонному хемотипу (карвон – 54,3 %, 1,8-цинеол – 21,8 %) [35].

В результате изучения базилика душистого *Ocimum basilicum* L. выделено шесть «хемотипов» (формулировка автора), отличающихся также габитусом растений, окраской, размерами, формой листьев и цветков и представляющих интерес для исследования [36].

При изучении семенной популяции иссопа лекарственного исследователями выделено четыре хемотипа: пинокамфонный (60,48 %), изопинокамфонный (61,12 %), метилэвгенольный (51,32 %), линалоольный (34,88 %) [37].

Таким образом, исходя из приведенных примеров, можно сказать, что предварительные поисковые исследования позволяют выделять малоизученные виды эфиромасличных растений, интересные формы и хемотипы уже используемых видов, перспективные для дальнейшего изучения как в целом, так и в привязке к конкретному региону. Наибольшую ценность при этом имеют исследования, не только констатирующие наличие и количественное содержание эфирного масла в том или ином виде растений, но и характеризующие его компонентный состав, выделяя тем самым наиболее ценные для дальнейшей селекционной работы и практического использования виды и образцы.

2. Изучение изменчивости содержания и состава эфирного масла у растений в зависимости от условий культивирования.

Это направление включает исследование особенностей накопления эфирного масла и изменчивость его компонентного состава у представителей разных семейств, видов и сортов эфиромасличных растений в зависимости от абиотических и биотических условий выращивания (включая метео- и климатические факторы, почвенные различия, использование разных агротехнических приемов и прочее).

Сравнительное изучение сортов и гибридов мяты разного географического происхождения в средней полосе России (Московский регион) свидетельствует о существенном влиянии факторов внешней среды, в частности, суммы активных температур, на активность и направленность физиологических процессов и, в итоге, на формирование урожая биомассы и выход эфирного масла [38]. Причем, это влияние неоднозначно для интродуцентов из разных климатических регионов. Так, в условиях аномально жаркого лета у сортов-интродуцентов из среднетаежной зоны урожай листьев и соцветий снизился на 6–39 %, а выход эфирного масла – на 3–12 %. У сортов-интродуцентов из Крыма, напротив, продуктивность биомассы возросла на 21–177 %, а выход эфирного масла – на 68–107 %. Рост содержания эфирного масла зарегистрирован и у сортов, произрастающих в Московском регионе.

Биохимический анализ накопления эфирного масла разными сортами мяты в условиях Краснодарского края (Вознесенская опытная станция) свидетельствует о различной реакции сортов на влияние факторов температуры и влажности. В целом же увеличение температуры на фоне сокращения сумм осадков приводит к увеличению в 1,5–2,0 раза содержания эфирного масла в воздушно-сухом сырье мяты [39].

Испытание чабера садового *Satureja hortensis* L. сортов Чарли и Ароматный (перспективной культуры для создания лекарственных средств и продуктов функционального питания) в условиях нечерноземной зоны (Московский регион) показало довольно низкое содержание эфирного масла в сырье (0,28–0,32 %), что обусловлено прохладными погодными условиями летнего периода года испытания (2015 г.). Полученные данные позволили выделить как более продуктивный в этих условиях сорт Ароматный со средним урожаем сырья 630 г/м² и содержанием эфирного масла в нем 0,32 % [40].

В Египте это вид чабера рассматривают как новый источник перспективного эфирного масла. В проведенном исследовании чабер выращивали из семян, полученных из Нидерландов. Сухое сырье содержало 1,2 % эфирного масла. Основными компонентами эфирного масла являлись γ -терпенен (46,4 %) и карвакрол (40,2 %). В результате анализа литературных источников, посвященных выращиванию этого вида в других странах, сделан вывод о соответствии получаемого сырья зарубежным аналогам и о перспективности культивирования данного вида [41].

По результатам исследования компонентного состава эфирного масла чабера горного *Satureja montana* L. шести природных популяций Албании авторы объясняют различия в компонентном составе эфирного масла условиями произрастания, а именно континентальным климатом и высотой над уровнем моря [42].

В условиях Апшерона (Мардакянский дендрарий) проводятся исследования интродуцированных видов эфиромасличных растений [43]. Рассматривается возможность культивирования их в данном регионе с целью использования эфирных масел в качестве лечебных, ароматических и консервирующих средств. Проанализированы рута пахучая *Ruta graveolens* L., розмарин лекарственный *Rosmarinus officinalis* L. и мирт обыкновенный *Myrtus communis* L. Условия оказались благоприятными для роста и развития растений. Содержание эфирного масла в растениях изученных видов составляло 0,5–1,0; 1,0–2,0 и 0,35 % соответственно. Полученные данные указывают на перспективность их для культивирования в данном регионе.

Проведенное биохимическое изучение ряда пряноароматических растений семейства Яснотковые (Lamiaceae) из мировой коллекции ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова в разных климатических зонах страны свидетельствует о том, что у большинства изученных растений накопление эфирного масла происходит интенсивнее в условиях Северного Кавказа при более высокой сумме активных температур и избыточной увлажненности воздуха по сравнению с условиями Ленинградской области [6].

Результаты исследования содержания эфирного масла в растениях котовника лимонного *N. cataria* var. *citriodora* Beck. и эльсгольдии (эльшольдии) Патрена *Elsholtzia patrini* Lep. Gargke в условиях влажных субтропиков (Абхазия, Сухумская опытная станция) показали, что уменьшение среднемесячных температур воздуха и увеличение количества осадков может привести к снижению темпов его накопления на 15–20 % [44].

Четкая зависимость величины накопления эфирного масла от условий произрастания выявлена при сравнительном изучении трех видов можжевельника – псевдоказацкого *J. pseudosabina*, казацкого *J. sabina* и сибирского *J. sibirica* Burgsd. в разных регионах Восточного Казахстана. Засушливые условия способствуют большему накоплению эфирного масла. Так, содержание эфирного масла у *J. pseudosabina* с Калбинского хребта составило 4,5 %, а у образцов сырья, собранного на хребте Нарын (урочище Балгын), характеризующегося условиями повышенной влажности, оно составило 1,33 % [10].

Как свидетельствуют приведенные примеры, накопление эфирного масла в растениях более интенсивно происходит в условиях высоких температур и пониженной влажности воздуха. Однако дефицит почвенной влаги не всегда положительно влияет на этот процесс. Анализ условий выращивания эльсгольдии Стаунтона *Elsholtzia stauntonii* Benth. в Крыму показал, что массовая доля эфирного масла у этой культуры на Южном берегу Крыма (ЮБК) значительно выше, чем в степи, причем как на богаре, так и при орошении. Сбор эфирного масла у орошаемых растений на ЮБК был выше в 2,5 раза, чем в Степном Крыму, и достигал 300 кг/га. Котовник лимонный *N. cataria* var. *citriodora* Beck, напротив, рациональнее выращивать при орошении в Степной и в Предгорной зонах Крыма на черноземных почвах, где они дают более высокий сбор эфирного масла (240–340 кг/га). Постоянное поддержание режима влажности в зоне корневой системы этих растений способствует повышению уровня накопления эфирного масла в два-три раза [45].

При сравнении результатов анализа содержания эфирного масла в образцах укропа душистого *Anethum graveolens* L., выращенных в условиях разной высоты над

уровнем моря (1100 и 1650 м н. у. м.), выявлено значительное его уменьшение с набором высоты произрастания [46].

На интенсивность маслообразовательного процесса могут влиять и другие абиотические факторы, в частности, степень загрязненности окружающей среды, в том числе и тяжелыми металлами. Проведенный анализ содержания эфирного масла в хвое ели канадской *Picea glauca* (Moench) Voss., отобранной в разных зонах Минской области, показал, что в хвое из промышленной зоны, содержащей кадмий и свинец (даже в пределах предельно допустимых концентраций), эфирное масло накапливается в меньших (на 100–185 %) количествах по сравнению с образцами из «чистых», не промышленных зон [47]. Подобный анализ растений может быть использован для проведения индикации загрязнения среды.

Значимость и направление использования эфирных масел определяется, прежде всего, их компонентным составом. Исследования, проводимые на представителях разных видов эфиромасличных растений, принадлежащих к разным семействам, показывают, что компонентный состав эфирных масел растений одного и того же вида может изменяться в достаточно широком диапазоне в зависимости от разных факторов, в том числе от фазы онтогенеза растения, части растения, из которой получено эфирное масло, способа его извлечения, экологических и агротехнологических условий выращивания.

Сопоставление компонентного состава эфирного масла одних и тех же видов и сортов эфиромасличных растений при разных условиях выращивания (произрастания) можно найти в целом ряде публикаций.

В Горном ботаническом саду Дагестанской АН РАН проведены сравнительные исследования компонентного состава эфирного масла шести сортов мяты перечной *Mentha × piperita* L., сортов-популяций укропа душистого *A. graveolens* и петрушки курчавой *Petroselinum crispum* (Mill.) Fus., выращенных в разных экологических условиях: на Гунибской экспериментальной базе, расположенной на высоте 1650 м над уровнем моря (горная долина), и на Цудахарской экспериментальной базе, расположенной на высоте 1100 м н. у. м. (верхний горный пояс сосново-березовых лесов Внутреннегорного Дагестана) [48]. Содержание эфирного масла и его компонентный состав разных сортов-клонов мяты оказались достаточно стабильным независимо от условий выращивания. Для изученных популяций укропа и петрушки отмечена редукция части минорных компонентов эфирного масла при выращивании на большей высоте (1650 м н. у. м.): 13-ти из 47 для укропа и шести из 62 для петрушки. При этом состав мажорных компонентов в укропном масле не изменился, но изменилось количественное их содержание. Так, количество основного компонента эфирного масла из зеленых растений укропа – α -фелландрена повысилось на 9,85 %. В эфирном масле петрушки с высоты 1650 м произошло изменение в составе мажорных компонентов: место β -фелландрена (23,5 %) занял сабинен (18,9 %).

Исследование состава эфирных масел разных видов растений: мяты перечной *Mentha × piperita*, монарды двойчатой *Monarda didyma* L., монарды лимонной *M. citriadora* Cerv., змееголовника молдавского *Dracocephalum moldavica* L., многоколосника *Agastache* Clayt., лопфанта *Lophanthus* Adans., эльсгольции реснитчатой *E. ciliata* Thunb. показало, что при интродукции этих видов из южных в более северные регионы их компонентный состав не претерпел существенных изменений, а экзогенная предуборочная обработка растений регуляторами роста целенаправленно влияет на активность биосинтеза некоторых терпеноидов, повышая содержание ценных компонентов эфирного масла [49].

Сопоставление компонентного состава эфирного масла лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. Сибирского региона и Республики

Дагестан позволило сделать заключение о постоянстве его качественного состава независимо от экологической зоны произрастания [50].

Сравнительный анализ химического состава эфирных масел надземной и подземной частей вздутоплодника Турчанинова *Peucedanum turczaninovii* Sipl., показал, что основные отличия эфирных масел, выделенных из растений этого вида, произрастающих в Монголии и Бурятии, проявляются в различном количественном содержании компонентов [51].

По результатам сравнительного изучения компонентного состава некоторых видов рода тимьян *Thymus* L. – тимьяна забайкальского *T. baicalensis* Serg., тимьяна ползучего *T. serpyllum* L., тимьяна волосистостебельного *T. hirticaulis*, тимьяна Талиева *T. talijevii* Klok et Des.-Shost., тимьяна малолистного *T. paucifolius* Klok., тимьяна губерлинского *T. guberlinensis* Pjin., тимьяна точечного *T. punctulosus* Klok., произрастающих в отличающихся условиях (Забайкалье, Алтай, Бурятия, Коми, Монголия), разные авторы приходят к сходным выводам о том, что на уровне вида компонентный состав эфирного масла подвержен влиянию ряда абиотических факторов среды (климатических, эдафических) [52–55]. Отмечается, что основные различия касаются количественного содержания компонентов. Так, например, сесквитерпены, входящие в состав эфирного масла тимьяна забайкальского представлены моно- и бициклическими соединениями. При этом количество моноциклических сесквитерпенов может варьировать от 0,7 до 8,7 %, а бициклических сесквитерпенов – от 1,4 до 16,0 % в зависимости от климата (аридный и холодный) региона произрастания. Обращается внимание на отсутствие прямой зависимости содержания ароматических соединений в эфирном масле от высоты над уровнем моря территории произрастания [52]. Прослежено обратное зависимое изменение количества монотерпенов (α -терпениол, борнеол) и ароматических соединений (п-цимол, карвакрол, тимол), что, по мнению авторов, свидетельствует о наличии биогенетической взаимосвязи между ними [53].

Разные варианты культивирования *T. pubescens* изучены иранскими учеными. Опираясь на проведенные исследования, они пришли к выводу, что у данного вида с увеличением высоты над уровнем моря снижается содержание масла в сырье, что, по их мнению, обусловлено повышенной солнечной активностью. Отмечается также, что этот показатель зависит от кислотности почвы. Максимальное накопление эфирного масла наблюдалось при pH 6–8 [56].

Для душицы обыкновенной компонентный состав эфирного масла в ряде исследований также связывается с экологическими условиями произрастания [57, 58].

Анализируя приведенные работы можно прийти к заключению, что при произрастании одних и тех же видов (образцов, сортов) в разных климатических регионах изменения в компонентном составе эфирного масла, как правило, касаются количественного содержания компонентов при достаточно стабильном их качественном составе.

Имеется информация и о существенных различиях в компонентах эфирного масла Melissa лекарственной *Melissa officinalis* L., выращиваемой в разных странах, касающихся не только количественного, но и качественного их состава [59, 60]. Так, согласно приведенным данным, в масле из Италии отсутствуют нераль и гераниаль, в масле из Турции – кариофиллен и кариофиллен оксид, в масле из Таджикистана – линалоол и цитронеллол, в масле из Украины – линалоол, цитронеллол и гераниол. В исследуемом эфирном масле растений, выращенных в окрестностях Красноярска, представлены все компоненты. Существенные различия касаются и количественного содержания компонентов.

Однако в последних двух работах сравнение проводится на основании сопоставления литературных данных и нет уверенности в аналогичности методов извлечения и анализа эфирных масел, а, соответственно, корректности выводов.

Исследования показывают, что даже в пределах одного региона различия метеоусловий в разные годы могут привести к различиям в количественном соотношении компонентов эфирного масла у разных видов эфиромасличных растений. Так, проведенное на протяжении шести лет в окрестностях Красноярска изучение эфирного масла естественных популяций володушки козелецелистной *Vupleurum scorzonerifolium* L., позволило автору сделать заключение о постоянстве качественного состава компонентов. Что же касается количественного их соотношения, результаты свидетельствуют о том, что в годы, характеризующиеся дефицитом влаги в летний период, увеличивается содержание кислородсодержащих соединений и сесквитерпенов [60]. Аналогичные выводы сделаны и в результате изучения в Центральной Якутии состава эфирных масел трех видов полыни: полыни обыкновенной *Artemisia vulgaris* L., полыни якутской *A. jacutica* Drob. и полыни эстрагон *A. dracuncululus* L. [61]. В то же время реакция разных сортов одного и того же вида на метеоусловия года может быть неоднозначной. Показано, что в условиях более влажного 2004 г. содержание ментола в эфирном масле сорта Прилукская 6 составляло 58,2 %, а сорта Память Резниковой – 66,2 %. В более сухом 2005 г. содержание ментола в эфирном масле сорта Прилукская 6 снизилось до 53,8 % и повысилось в сорте Память Резниковой до 74,2 % [62].

Имеется информация об изменчивости компонентного состава эфирных масел в зоне промышленных территорий, загрязненных, в частности тяжелыми металлами (ТМ). В Южно-Уральском округе Западно-Сибирской провинции лесостепной области, где источником загрязнения территории подвижными формами ТМ (Cu, Pb, Co, Cd и Ni) является ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», проведено определение качества двух дикорастущих видов Южного Урала тимьяна Маршалла *T. marschallianus* Willd. и шалфея степного *Salvia stepposa* Schost. [63]. Исследования показали, что, в зависимости от погодных условий и комплекса условий местообитания, содержание эфирного масла в *T. marschallianus* и *S. stepposa* может меняться в 1,5–2 раза. Однако прямой корреляции между количеством эфирных масел и концентрацией ТМ в растениях не установлено. Что же касается компонентного состава эфирных масел, то отмечено довольно существенное его количественное варьирование (особенно отдельных мажорных компонентов). Сделано предположение, что адаптация видов к повышению уровня ТМ происходит, в основном за счет варьирования синтеза карвакрола и тимолола, связанных между собой обратно пропорциональной зависимостью. В засушливые годы эта закономерность выражена сильнее.

Установлена вариабельность компонентного состава эфирного масла ели канадской *Picea canadensis* (Mill.) Britton, Sterns et Poggenb. в разных условиях местообитания, в том числе и в промышленных зонах Минска (с повышенным, в пределах ПДК содержанием токсичных элементов Pb и Cd) [47]. На основании данных о существенном снижении в промышленной зоне количества α -пинена и камфена и повышении количества лимонена сделано предположение, что для ели канадской лимонен является основным соединением, через которое происходит биосинтез монотерпенов. Наличие токсичных элементов, по-видимому, ингибирует протекание этих реакций, приводя к изменению количественного соотношения компонентов.

В зависимости от степени техногенного загрязнения атмосферы тяжелыми металлами (Cd, Pb) места произрастания душицы обыкновенной отмечен разный

уровень накопления эфирного масла. При этом с усилением загрязненности наблюдалось перераспределение в количественном содержании терпенов, снижение содержания монотерпенов и их производных и увеличение сесквитерпенов [64].

Изучение содержания хамазулена в эфирном масле тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L., показало его изменчивость при произрастании на различных почвах [65]. Отмечено, что с уменьшением содержания хамазулена увеличивается содержание кариофиллена.

Данные исследований сырья полыни обыкновенной *A. vulgaris*, произрастающей в Бурятии, и сравнение их с литературными данными позволили авторам сделать вывод о том, что направление биосинтеза компонентов эфирного масла остается неизменным вне зависимости от места произрастания и условий года, что свидетельствует о высокой стабильности вида [66].

На компонентный состав эфирного масла могут оказывать влияние и агротехнические приемы возделывания. Изучение влияния органических и минеральных удобрений на соотношение компонентов в эфирном масле герани розовой *Pelargonium roseum* Willd. позволило выявить различия в соотношении основных компонентов. Максимальное содержание цитронеллола (52,3 %) отмечено в эфирном масле при использовании в качестве минерального удобрения NH_4NO_3 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Наименьшее содержание цитронеллола и гераниола наблюдалось при использовании органических удобрений [67].

Авторы и других, аналогичных исследований по выяснению изменчивости компонентного состава эфирного масла в зависимости от условий произрастания (культивирования), проведенных на целом ряде эфиромасличных и лекарственных растений: багульнике болотном *Ledum palustre* L., валериане лекарственной *Valeriana officinalis* L., полыни обыкновенной *A. vulgaris*, также приходят к выводу о вариативности количества компонентов эфирного масла при сохранении качественного его состава [68–70].

Данное направление, на наш взгляд, является очень интересным и перспективным для подбора оптимальных условий выращивания конкретных видов и сортов эфиромасличных растений. Однако для корректности получаемых результатов требуется соблюдение определенных правил. Если какой-либо вид или сорт растения возделывался в одних условиях и был перенесен в другие, то для сравнения полученных результатов по сбору эфирного масла или его компонентному составу, необходимо иметь, как минимум, трехлетние данные из первого места и такие же при возделывании в новых условиях. Если сравнение происходит лишь по литературным данным, то научная ценность таких исследований довольно проблематична. Мы уже отмечали, что видовая принадлежность не является гарантом определенного компонентного состава эфирного масла, благодаря хемотипической изменчивости, детерминированной генетически. Точный компонентный состав эфирного масла конкретного образца может быть определен только соответствующими биохимическими методами. Возделывание растений в новых для него условиях может менять лишь количественное соотношение компонентов, но не качественное. При корректном подходе накопление данных позволит не только оптимизировать использование ресурсов эфиромасличных и пряноароматических культур, но и понять механизмы метаболизма биологически активных компонентов эфирных масел.

3. Исследование компонентного состава эфирных масел с целью уточнения систематической принадлежности растений.

В систематике растений основное внимание уделяется прежде всего визуально регистрируемым морфологическим признакам. Однако этого не всегда бывает достаточно. В этом случае прибегают к использованию целого ряда дополнительных

параметров. Как показывает обзор литературных источников, такой дополнительной информацией для разделения трудно идентифицируемых видовых различий может служить и компонентный состав эфирных масел.

К. Г. Ткаченко отмечает, что данные по компонентному составу и количественному содержанию веществ эфирных масел корней, листьев, цветков и плодов могут быть использованы для решения вопросов таксономии растений. Так, на основе изучения компонентного состава эфирных масел цветков и плодов борщевиков – борщевика Меллендорфа *Heracleum moellendorffii* Hance и борщевика Ворошилова *H. voroschilovii* Gorovoi подтверждена правомочность их выделения как самостоятельных видов [4, 71]. В то же время автор подчеркивает, что, поскольку состав компонентов эфирного масла и его количественное содержание меняется у растений в зависимости от возраста, длительности выращивания в новых почвенно-климатических условиях, фаз сезонного развития, надо особенно тщательно подходить к решению вопросов систематики.

Изучение компонентного состава 11 видов рода *Nepeta* из двух флористических регионов Азербайджана показывает, что для каждого вида характерен свой набор компонентов в составе эфирного масла. Имеются компоненты, общие для всех видов – непета-лактон, эпинепеталактон (до 85 %) [72]. Эти данные позволили авторам высказать мнение о том, что дальнейшее подробное изучение химического состава эфирных масел видов различных секций рода *Nepeta* может иметь хемотаксономическое значение.

В систематике рода *Achillea* не было единого мнения относительно правомерности выделения в разные виды тысячелистников обыкновенного и азиатского [73, 74]. Сравнительное изучение компонентного состава эфирных масел трех близких видов: *A. millefolium*, *A. asiatica* и *A. nobilis* L. показало сходство первых двух видов, в то время, как третий вид имеет четкие отличия от них [75]. По итогам анализа спорных видов авторы поддержали мнение ботаников, относящих тысячелистник азиатский *A. asiatica* к полиморфному виду тысячелистник обыкновенный *A. millefolium*, рассматривая его в качестве хеморасы [75, 76].

Сравнительный анализ шести образцов *A. millefolium*, собранных в различных климатических зонах России (Алтайский край, Марийская Республика, Калининградская область), позволил исследователям сделать вывод о том, что в качестве хемотаксономических маркеров данного вида следует рассматривать сесквитерпеноиды – кариофиллен, гермакрен и хамазулен [77].

Специфичность компонентного состава эфирных масел хвойных растений также предполагает возможность разработки диагностических признаков для определения их видовой принадлежности. Сравнительный анализ компонентного состава эфирных масел 11-ти видов сосен позволил авторам сделать вывод о наличии видовых различий по количественному и качественному составу фракции кислородсодержащих и сесквитерпеновых соединений. Следовательно, специфичность эфирных масел хвойных позволяет, проанализировав состав компонентов, уточнить систематическую принадлежность конкретного растения [78].

Род *Artemisia* насчитывает около 480 видов. Систематика некоторых видов окончательно не уточнена. В качестве примера следует упомянуть викарирующие виды – полынь холодную *A. frigida* Willd. и полынь серебристолистную *A. argyrophylla* Ledeb. При сравнительном изучении компонентного состава эфирного масла растений этих двух видов, собранных из разных мест произрастания и в разных фазах вегетации, обнаружены существенные различия как количественного, так и качественного характера. Так, в эфирном масле *A. argyrophylla* присутствуют монотерпеноиды – йомоги-спирт, артемизиа-кетон, артемизиа-спирт и ацетата

артемизия-спирт, отсутствующие у вида *A. frigida*. Эти данные позволили авторам сделать вывод о различных направлениях биосинтеза ряда основных компонентов эфирного масла этих двух видов. Таким образом, по мнению авторов, появилось биохимическое подтверждение обоснованности считать *A. frigida* и *A. argyrophylla* самостоятельными видами [79].

Сравнительный биохимический анализ шалфея канарского *Salvia canariensis* L., систематическое положение которого является дискуссионным, с шалфеем золотистым *S. aurea* L. (секция *Nactosphace*) и шалфеем мускатным *S. sclarea* L. (секция *Aethiopsis*) показал существенные их различия по основным компонентам эфирного масла. Это согласуется с данными о морфологической и географической обособленности этого вида как от южноафриканских шалфеев из секции *Nactosphace*, так и от древнесредиземноморских видов из секции *Aethiopsis* [80].

Периодически при исследовании эфирных масел тимьянов выявляются ранее не встречавшиеся, не характерные для данного рода соединения. Соответственно возникает вопрос, с чем связано их обнаружение: с влиянием экологических факторов, с обнаружением ранее неизученных видов или новых хемотипов в пределах вида. Представителям рода Тимьян *Thymus* присуща широкая полиморфность компонентного состава эфирных масел, что также может служить основанием для решения вопросов систематики данного рода [54, 81]. Существует мнение, что для таксонов данного рода характерно высокое содержание монотерпенов [82]. Однако это мнение оспаривается в связи с тем, что в эфирном масле ряда видов обнаружено преобладание сесквитерпенов [54, 83–86]. Кроме того, существенные вариации в количественном соотношении компонентов могут быть связаны с условиями произрастания растений.

Таким образом, при решении вопросов систематики растений возможно привлекать данные биохимических исследований, в частности, сведения о компонентном составе эфирных масел, но интерпретируя их, следует максимально учитывать факторы, влияющие на протекание процессов биосинтеза в растениях.

Подтверждением этого положения являются данные сравнительного исследования компонентного состава эфирных масел семи видов рода Солонечник *Galatella* Cass. [87]. Задачей исследования было выяснение возможности использования химических соединений, точнее, компонентов эфирного масла (терпенов) в качестве таксономического признака. Для сравнения использовали эфирные масла, полученные из свежего и воздушно-сухого сырья, заготовленного на разных фазах онтогенеза растений при равноценных условиях выращивания. Анализировали эфирные масла как из целых растений, так и из их частей. Исследование продолжалось в течение четырех лет, что позволило учесть и влияние различных погодных условий. Определен характер изменчивости состава эфирного масла под влиянием перечисленных факторов, касающийся главным образом количественного соотношения компонентов. Выявлены наиболее и наименее стабильные компоненты. Столь детально проведенное исследование позволило авторам сделать заключение о возможности использования характеристики компонентного состава эфирных масел в качестве маркерного признака в целях хемосистематики только при соблюдении корректности получения данных [87].

Приведенный краткий обзор данных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений показывает их высокую актуальность и значимость, как для расширения фундаментальных знаний в области ботаники и биохимии природных соединений, так и в связи с необходимостью расширения производства и пополнения ассортимента эфиромасличных культур, обусловленной высокой востребованностью отечественных продуктов переработки их сырья для разных отраслей производства.

Литература

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1. С. 18–40.
2. Ткаченко К. Г. Эфиромасличные растения и эфирные масла: достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2011. Вып. 1. С. 88–100.
3. Черкашина Е. В. Экономика и организация рационального использования и охраны земель эфиромасличной и лекарственной отрасли в Российской Федерации. Дисс. ... д-ра экон. наук. М.: ФГБОУ высшего профессионального образования «Государственный университет по землеустройству», 2014. 419 с.
4. Ткаченко К. Г. Эфирномасличные растения семейств *Ariaceae*, *Asteraceae* и *Lamiaceae* на северо-западе России (биологические особенности, состав и перспективы использования эфирных масел). Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. СПб.: ФГБУН «Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г. Б. Елякова ДВО РАН, 2013. 40 с.
5. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. История, современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли // Аграрный вестник Урала. 2017. № 12 (154). С. 37–46.
6. Фогель И. В. Характеристика пряноароматических растений из семейства губоцветные (*Lamiaceae* L.) по количественному содержанию и качеству эфирных масел. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб.: ВНИИ растениеводства, 1997. 19 с.
7. Платонова Т. В., Меркурьев А. П., Аметова Э. Д., Скиба А. В., Меркушева М. Б., Бабанов Н. С. Перспективные источники эфирных масел для медицины и парфюмерно-косметической промышленности // Бюллетень ГНБС. 2015. Вып. 117. С. 48–52.
8. Кайтмазов Т. Б. Биоресурсный потенциал ароматических растений в РСО-Алания и их практическое использование. Дисс. ... канд. биол. наук. Владикавказ: ФГБОУ высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет», 2014. 205 с.
9. Часовских А. А. Рациональное использование эфиромасличных растений в РСО-Алания. Дисс. ... канд. биол. наук. Владикавказ: ФГБОУ высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет». 2011. 168 с.
10. Мырзагалиева А. Б., Медеубаева Б. З. К изучению эфирномасличности представителей семейства *Cupressaceae* Bartl. флоры восточного Казахстана // Фундаментальные исследования. 2014. № 5–5. С. 1021–1024.
11. Кузнецова Н. М. Переработка нетрадиционных культур с уникальными свойствами в Северо-Западном регионе России // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 3. С. 142–149.
12. Ruzicka L. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds // *Experientia*. 1953. No. 9. P. 357–367.
13. Бугаенко Л. А. Генетические закономерности биосинтеза терпеноидов и перспективы регуляции содержания и качества эфирного масла при межвидовой гибридизации у мяты. Дисс. ... д-ра биол. наук. Симферополь: ВНИИЭМК, 1985. 440 с.
14. Мишнев А. В. Создание исходного материала для селекции мяты с нементольным составом эфирного масла. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2000. 198 с.
15. Lawrence V. M. A study of monoterpene interrelationships in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegone and mentofuran. Abstract Dr. Sc. Canada, Hamilton, Ontario, 1978. 302 p.
16. Макаров В. В. Дикорастущие мяты СССР. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Главный ботанический сад АН СССР, 1972. 36 с.
17. Thompson J. D., Chalchat J., Michet A., Linhart Y., Ehlers B. Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. // *Journal of Chemical Ecology*. 2003. Vol. 29. No. 4. P. 859–880.
18. Работягов В. Д., Аксенов Ю. В. Компонентный состав эфирного масла видов рода *Nepeta* L. // Фармация и фармакология. 2014. № 6 (7). С. 25–28.
19. Ioana Marcela Pădure, Dan Mihăiescu, Liliana Bădulescu, Ioan Burzo. Chemical constituents of the essential oils of *Nepeta nuda* L. spp. *nuda* (Lamiaceae) from Romania // *Rom. J. Biol.* 2009. Vol. 53. No. 1. P. 31–38.
20. Пат. 23950. База патентов Казахстана. (19) KZ(13)A4(11)23950(51)A61K36/53(2009.01). Эфирное масло *Nepeta nuda* L. (котовник голый), обладающее антибактериальной и потенциальной анальгетической активностью, аттрактантной активностью для кошачьих и репеллентной против тараканов и комаров. Опубликовано: 16.05.2011/ Автор: Сулейменов Ерлан Мэлсович. [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://kzpatents.com/3-ip23950-efirnoe-maslo-nepeta-nuda-l-kotovnik-golyjj-obladayushhee-antibakterialnojj-aktivnostyu-potencialnojj-analgeticheskoyjj-aktivnostyu-attractantnojj-aktivnostyu-dlya-koshachih-i-repel.html> (дата обращения 6.02.2018).

21. Миревич В. М., Коненкина Т. А., Федосеева Г. М., Головных Н. Н. Исследование качественного состава эфирного масла душицы обыкновенной, произрастающей в Восточной Сибири // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 61–64.
22. Hüsni Can Baser K. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey // Pure Appl. Chem. 2002. Vol. 74. No. 4. P. 527–545.
23. Werker E., Putievky E., Ravid U. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. // Ann. Bot. 1985. Vol. 55. No. 6. P. 793–801.
24. Алякин А. А., Ефремов А. А., Качин С. В., Данилова О. О. Фракционный состав эфирного масла душицы обыкновенной Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 99–104.
25. Жигжитжапова С. В., Рабжаева А. Н., Холбоева С. А., Раднаева Л. Д. Сравнительный анализ эфирного масла некоторых видов тимьяна Бурятии и Монголии // Вестник Бурятского государственного университета. 2009. № 3. С. 66–69.
26. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Исследование эфирного масла тимьяна мелового // Ученые записки Орловского государственного университета. 2013. № 6 (56). С. 198–200.
27. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Исследование эфирного масла тимьяна блошиного // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8–2. С. 116–118.
28. Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional Altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
29. Степаненко Л. В., Шаталина Н. В., Слащинин Д. Г., Ефремов А. А. Химический состав эфирного масла Melissa лекарственной Красноярского края // Материалы III Всероссийской конференции «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Красноярск: Федеральное агентство по образованию, Алтайский государственный университет, Общественная организация «Русское общество инженеров нефти и газа», Научно-технический центр «А. Редан», 2007. С. 128–132.
30. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. С. 161–167.
31. Hatipi Ibrahim M., Parajani V., Ćavar S., Matevski V. GC/MS analysis of the essential oil of *Thymus longicaulis* Presl. from Kosovo // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2013. No. 41. P. 6–10.
32. Putievsky E., Ravid U., Dudai N., Katzir I., Carmeli D., Eshel A. Variations in the essential oil of *Artemisia judaica* L. chemotypes related to phenological and environmental factors // Flavour and Fragrance Journal. 1992. Vol. 7. No. 5. P. 253–257.
33. Sharopov F. S., Sulaimonova V. A., Setzer W. N. Composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* L. from Tajikistan // Records of Natural Products. 2012. Vol. 6. No. 2. P. 127–134.
34. Williams J. D., Campbell M. A., Jaskolka M. C., Tianyue Xie. *Artemisia vulgaris* L. chemotypes // American Journal of Plant Sciences. 2013. No. 4. P. 1265–1269.
35. Ahmad Reza Golparvar, Amin Hadipanah, Mohammad Mahdi Gheisari. Comparative analysis of chemical composition of three ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L. (in Isfahan province) // Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. No. (16). P. 1849–1851.
36. Христова Ю. П. Изменчивость содержания и компонентного состава эфирного масла *Ocimum basilicum* L. // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 97. С. 75–81.
37. Шибко А. Н., Работягов В. Д., Аксенов Ю. В. Внутривидовая изменчивость компонентного состава эфирного масла *Hyssopus officinalis* L. при семенном размножении // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2011. Вып. 103. С. 82–85.
38. Шелепова О. В., Кириченко Е. Б., Бидюкова Г. Ф., Олехнович Л. С., Курилов Д. В., Смирнова И. М., Енина О. Д. Динамика накопления и состав эфирного масла сортов и гибридов мяты, интродуцированных в средней полосе России // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки». 2011. Т. 14. № 3–1 (98). С. 346–351.
39. Шуваева Т. П., Солоницкая В. Б., Бородкина А. П., Зеленцов С. В. Характеристика ментольных форм мяты и их возделывание на Вознесенской опытной станции ВНИИМК // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. Вып. 2 (141). С. 123–133.
40. Солопов С. Г., Маланкина Е. Л. Ритмы сезонного развития и динамика формирования урожая чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в условиях нечерноземной зоны Российской Федерации // Сборник научных трудов Международной конференции «Биологические особенности ароматических растений и их роль в медицине», посвященной 85-летию ВИЛАР. М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2016. С. 159–160.
41. Khalid A. Khalid. Essential oil constituents of summer savory plants propagated and adapted under Egyptian climate // Journal of Applied Sciences. 2016. No. 16 (2). P. 54–57.
42. Alban Ibraliu, Xuefei Mi, Fetah Elezi. Variation in essential oils to study the biodiversity in *Satureja montana* L. // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5 (14). P. 2978–2989.

43. Аббасова З. Г., Мамедова З. А., Мамедов Р. М. Интродукция некоторых перспективных лекарственных и эфиромасличных растений в Мардакянском дендрарии // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 121–124.
44. Мумладзе М. Г. Динамика накопления и формирования состава эфирных масел растениями лопанта (*Lophanthus anisatus* Benth.), котовника (*Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck.) и эльшольции (*Elsholzia Patrini* Ler. Garcke) в онтогенезе. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, 1986. 26 с.
45. Орёл, Т. И., Хлыпенко Л. А. Котовник лимонный и эльсгольция Стаунтона в условиях Крыма при орошении // *Universum: Химия и биология. Электронный научный журнал*. 2015. № 9–10 (17) [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (дата обращения 06.01.2018).
46. Раджабов Г. К., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Мусаев А. М. Экспериментальное изучение изменчивости компонентного состава эфирных масел *Anethum graveolens* L. и (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nymph ex W. Hill.) в горном Дагестане // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Серия «Естественные и точные науки». 2016. Т. 10. № 3. С. 78–84.
47. Ламоткин С. А., Владыкина Д. С., Скаковский Е. Д. Зависимость состава эфирного масла ели канадской *Picea glauca* (Moench) Voss. от экологической обстановки региона произрастания // Химия растительного сырья. 2012. № 2. С. 111–117.
48. Мусаев А. М., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Раджабов Г. К., Гусейнова З. А., Рабаданов Г. А., Курамагомедов М. К., Мамалиева М. М., Гаджиева З. Г. Экспериментальное изучение изменчивости компонентного состава эфирных масел // Вестник Дагестанского научного центра. 2014. № 53. С. 39–52.
49. Дмитриева В. Л., Дмитриев Л. Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений нечернозёмной зоны России // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 106–119.
50. Зыкова И. Д., Наймушина Л. В., Гасанов Р. З. Сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла лабазника вязолистного Сибирского региона и республики Дагестан // Сибирский медицинский журнал. 2015. № 2. С. 115–117.
51. Тараскин В. В., Раднаева Л. Д., Аненхонов О. А., Ганбаатар Ж. Сравнительный анализ состава эфирного масла *Phlojodicarpus turczaninowii* Sipl. (Ariaceae), произрастающего в Монголии и Бурятии // Вестник бурятского государственного университета. 2011. № 3. С. 111–115
52. Банаева Ю. А., Покровский Л. М., Ткачев А. В. Исследование химического состава эфирного масла представителей рода *Thymus* L., произрастающих на Алтае // Химия растительного сырья. 1999. № 3. С. 41–48.
53. Рабжаева А. Н., Жигжитжапова С. В., Раднаева Л. Д. Компонентный состав эфирного масла *Thymus baicalensis* Serg. (семейство Lamiaceae), произрастающего на территории Восточной Сибири и Монголии // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 199–226.
54. Алексеева Л. И., Груздев И. В. Полиморфизм эфирных масел тимьянов Европейского северо-востока России и Урала // Физиология растений. 2012. Т. 59. № 6. С. 771–780.
55. Рабжаева А. Н. Особенности накопления биологически активных веществ *Thymus baicalensis* Serg. в зависимости от экологических факторов. Дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ: Бурятский Государственный университет, 2011. 114 с.
56. Yousef Imani Dizajeyekan, Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
57. Туманова Е. Л., Кучин А. В., Пунегов В. В. Выделение монотерпенов эфирного масла *Origanum vulgare* L. методом твердофазной экстракции // Лесохимия и органический синтез. 1998. № 57. С. 8.
58. Ткачев А. В., Королюк Е. А., Юсубов М. С., Гурьев А. М. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 19–30.
59. Ефремов А. А., Зыкова И. Д., Горбачев А. Е. Компонентный состав эфирного масла Melissa лекарственной окрестностей Красноярска по данным хромато-масс-спектрометрии // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 77–81.
60. Зыкова И. Д. Изменение состава эфирного масла володушки козелецелистной (*Bupleurum scorzonrifolium* L.), произрастающей в Сибирском регионе, в зависимости от метеорологических условий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 7. С. 33–38.
61. Кершенгольц Б. М., Аньшакова В. В., Филиппова Г. В., Кершенгольц Е. Б. Влияние температурно-влажностных метеорологических условий на качественный и количественный состав эфирных масел полыней Якутии // Химия растительного сырья. 1999. № 3. С. 89–94.
62. Шуваева Т. П., Солоницкая В. Б., Бородкина А. П., Зеленцов С. В. Характеристика ментольных форм мяты и их возделывание на Вознесенской опытной станции ВНИИМК // Масличные

культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. Вып. 2 (141). С. 123–133.

63. Опекунова М. Г., Крылова Ю. В., Курашов Е. А., Чихачева А. Ю. Изменение качества лекарственных растений *Thymus marschallianus* Willd. и *Salvia stepposa* Schost. под воздействием загрязнения тяжелыми металлами на Южном Урале // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2013. № 2 (2). С. 97–112.

64. Шелепова О. В., Воронкова Т. В., Кондратьева В. В., Олехнович Л. С. Влияние антропогенного загрязнения среды на качественный состав эфирного масла душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1 (3). С. 841–844.

65. Данилейко И. Р., Апыхтин Н. Н., Племенков В. В. Содержание хамазулена в эфирном масле тысячелистника обыкновенного, произрастающего на различных почвах // Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта. Серия «Естественные и медицинские науки». 2012. № 7. С. 33–37.

66. Жигжитжапова С. В., Рандалова Т. Э., Раднаева Л. Д., Тараскин В. В., Чимитцыренова Л. И. Эфирные масла *Artemisia vulgaris* L., произрастающей на территории республики Бурятия: состав и сравнение с литературными данными // Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (часть 1). С. 68–73.

67. Нажбудинов С., Юсупова Н. А., Ибрагимов Д. Э. Влияние минеральных удобрений на компонентный состав эфирного масла герани (*Pelargonium roseum* Willd.) // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 8. С. 673–677.

68. Jerkovic I., Mastelic J., Milos M., Jutcau F., Masotti V., Viano J. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia // Flavour Fragr. J. 2003. № 18. P. 436–440.

69. Панченко С. В. Изучение компонентного состава эфирного масла *Valeriana officinalis* L., произрастающей в Закарпатье // Вестник ВГУ. Серия «Химия. Биология. Фармация». 2014. № 2. С. 115–120.

70. Пляшечник М. А. Химический состав эфирного масла *Ledum palustre* L. (Ericaceae) при увеличенном содержании доступного азота в почве криолитозоны (Центральная Эвенкия) // Химия растительного сырья. 2012. № 2. С. 139–144.

71. Ткаченко К. Г. Эфирные масла и систематика рода *Heracleum* L. // Turczaninowia. 2010. № 4. С. 74–87.

72. Мамедов З. А. Изучение интродукции, эфиромасличности и химического состава видов *Nepeta* L., распространенных на Кавказе // Успехи современной науки и образования. 2015. № 1. С. 68–71.

73. Копынева Г. А. Род *Achillea* L. – тысячелистник // Флора Красноярского края. 1980. Вып. 10. С. 28–29.

74. Шауло Д. Н. Род *Achillea* L. – тысячелистник // Флора Сибири. 1997. Т. 13. С. 65–70.

75. Калинин Г. И., Дембицкий А. Д., Березовская Т. П. Химический состав эфирных масел некоторых видов тысячелистника флоры Сибири // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 13–18.

76. Юсубов М. С., Калинин Г. И., Дрыгунова Л. А., Покровский Л. М., Королук Е. А., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла тысячелистников обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) и азиатского (*Achillea asiatica* Serg.) // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 25–32.

77. Покровская И. С., Мазова О. В., Апыхтин Н. Н., Племенков В. В. Хемотаксономия тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 85–88.

78. Шпак С. И., Ламоткин С. А., Ламоткин А. И., Скаковский Е. Д., Гайдукевич О. А., Котов А. А. Изменчивость состава эфирных масел хвои в роду *Pinus* // Труды БГТУ. Серия «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2008. Т. 1. С. 292–296.

79. Королук Е. А., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла двух видов полыни: *Artemisia frigida* и *Artemisia argyrophylla* // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 63–72.

80. Байкова Е. В., Королук Е. А., Ткачев А. В. Компонентный состав эфирных масел некоторых видов рода *Salvia* L., выращенных в условиях Новосибирска (Россия) // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 37–42.

81. Худогонова Е. Г., Киселева Т. В. Содержание эфирных масел в надземной части тимьяна ползучего // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 7. С. 110–113.

82. Thyme: The Genus *Thymus* // Ed. by Stahl-Biskup E., Saez F. London, New York: Taylor, Francis, 2002. 330 p.

83. Алексеева Л. И., Быструшкин А. Г., Груздев И. В., Тетерюк Л. В. Химический состав эфирного масла *Thymus guberlinensis* Hjin. // Растительные ресурсы. 2010. № 3. С. 125–128.

84. Алексеева Л. И., Быструшкин А. Г., Груздев И. В. Химический состав эфирного масла *Thymus punctulosus* Клоков. // Химия природных соединений. 2010. № 3. С. 412–413.

85. Алексеева Л. И., Тетерюк Л. В., Груздев И. В. Компонентный состав эфирных масел *Thymus hirticaulis*, *T. talijevii* и *T. paucifolius* (Lamiaceae) европейского северо-востока России // Растительные ресурсы. 2011. № 2. С. 98–105.

86. Rota M. C., Herrera A. A., Martinez R. M., Sotomayor J. A., Jordan M. J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils // Food Control. 2008. Vol. 19. P. 681–687.

87. Королюк Е. А., Покровский Л. М., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла представителей рода *Galatella* Cass. (Asteraceae Dumort.) из Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 5–18.

88. Семенова Е. Ф., Теплицкая Л. М., Преснякова Е. В., Меженная Н. А. Анатомо-морфологическая характеристика лепестков представителей рода *Rosa* L. // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2014. Т. 27 (66). № 3. С. 138–150.

References

1. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 1. P. 18–40.

2. Tkachenko K. G. Essential oils plants and essential oils: progress and perspectives, modern tendencies of research and application // Bulletin of Udmurt University. Series “Biology. Earth Sciences”. 2011. Iss. 1. P. 88–100.

3. Cherkashina E. V. Economics and organization of rational use and protection of lands of essential oil and medicinal industry in the Russian Federation. Thesis ... Dr. Sc. (Econ.). Moscow: FSBEI of Higher professional education “State University of Land Management”, 2014. 419 p.

4. Tkachenko K. G. Essential oil plants in the family’s Apasidaeae, Asteceaceae and Lamiaceae in the northwest of Russia (biological features, composition and prospects of their use). Extended abstract of thesis ... Dr. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg: G. B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry within the Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (RAS), 2013. 40 p.

5. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. History, modern state and prospects of the essential oil industry development // Agrarnyj vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals). 2017. No. 11 (165). P. 37–46.

6. Fogel I. V. Characteristics of spicy aromatic plants in the Labiatae family (Lamiaceae L.) in terms of quantitative content and quality of essential oils. Autors’ abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg: N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, 1997. 19 p.

7. Platonova T. V., Merkurjev A. P., Ametova E. D., Skyba A. V., Merkusheva M. B., Babanov N. S. Perspective sources of essential oils for medicine and perfume-cosmetic industry // Bulletin SNBG. 2015. Iss. 117. P.48–52.

8. Kaitmazov T. B. Bioresource potential of aromatic plants in Republic of North Ossetia-Alania and their practical use. Thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Vladikavkaz: FSBEI of higher professional education “Gorsky State Agrarian University”, 2014. 205 p.

9. Chasovskikh A. A. Rational use of essential oil plants in Republic of North Ossetia-Alania. Thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Vladikavkaz: FSBEI of higher professional education “Gorsky State Agrarian University”, 2011. 168 p.

10. Myrzagalieva A. B., Medeubaeva B. Z. To the study of essential oil content of representatives of the family Cupressaceae Bartl. of Eastern Kazakhstan’s flora // Fundamental research. 2014. No. 5–5. P. 1021–1024.

11. Kuznetsova N. M. Processing of non-traditional crops with unique characteristics in the North-West region of Russia // Scientific journal NRU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”. 2015. No. 3. P. 142–149.

12. Ruzicka L. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds // Experientia. 1953. No. 9. P. 357–367.

13. Bugaenko L. A. Genetic regularities in the biosynthesis of terpenoids and the prospects for the regulation of the content and quality of essential oil in interspecific hybridization in mint. Thesis ... Dr. Sc. (Biol.). Simferopol: All-Union Scientific Research Institute of Essential Oil Crops (VNIEMK), 1985. 440 p.

14. Mishnev A. V. Creation of initial material for mint selection with nonmenthol composition of essential oil. Thesis ... Cand. Sc. (Agr.). Simferopol: Institute of essential oil and medicinal crops UAAS, 2000. 198 p.

15. Lawrence V. M. A study of monoterpene interrelationships in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegon and mentofuran. Thesis ... Dr. Sc. Canada. Hamilton, Ontario, 1978. 302 p.

16. Makarov V. V. Wild mint of the USSR. Autors’ abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Moscow: Main botanical garden of the Academy of Sciences of the USSR, 1972. 36 p.

17. Thompson J. D., Chalchat J., Michet A., Linhart Y., Ehlers B. Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. // Journal of Chemical Ecology. 2003. Vol. 29. No. 4. P. 859–880.

18. Rabotyagov V. D., Aksenov Yu. V. Component composition of essential oil from species of genus *Nepeta* L. // Farmatsiya i farmakologiya (Pharmacy & Pharmacology). 2014. No. 6 (7). P. 25–28.
19. Pădure I. M., Mihăiescu D., Bădulescu L., Burzo I. Chemical constituents of the essential oils of *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda* (Lamaceae) from Romania // Rom. J. Biol. 2009. Vol. 53. No. 1. P.31–38.
20. Pat. 23950. Base of patents of Kazakhstan. (19) KZ(13) A4(11)23950(51)A61K36/53(2009.01) Essential oil *Nepeta nuda* L., possessing antibacterial and potential analgesic activity, attractant activity for feline and repellent against cockroaches and mosquitoes. Published: 16.05.2011 Author: Suleimenov Erlan Melsovich. [Electronic resource]. Access point: <http://kzpatents.com/3-ip23950-efirnoe-maslo-nepeta-nuda-l-kotovnik-golyjj-obladayushhee-antibakterialnojj-aktivnostyu-potencialnojj-analgeticheskoyjj-aktivnostyu-attractantnojj-aktivnostyu-dlya-koshachih-i-repel.html> (reference's date 6.02.2018).
21. Mirovich V. M., Konenina T. A., Fedoseeva G. M., Golovnykh N. N. The study of the qualitative composition of essential oil of oregano, which grows in Eastern Siberia // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2008. No. 2. P. 61–64.
22. Hüsniü Can Baser K. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey // Pure Appl. Chem. 2002. Vol. 74. No. 4. P. 527–545.
23. Werker E., Putievsky E., Ravid U. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. // Ann. Bot. 1985. Vol. 55. No. 6. P. 793–801.
24. Alyakin A. A., Efremov A. A., Kachin S. V., Danilova O. O. Fractional composition of essential oil of *Origanum vulgare* in the Krasnoyarsk Territory // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2010. No. 1. P. 99–104.
25. Zhigzhitzhapova S. V., Rabzhaeva A. N., Kholboeva S. A., Radnaeva L. D. The comparative analysis of essential oil of some species of *Thymus* L. of Buryatia and Mongolia // Bulletin of the Buryat State University. 2009. No. 3. P. 66–69.
26. Bubenichikova V. N., Starchak Investigation of *Thymus calcareus* Klov. & Des.-Shost. essential oils // Scientific Notes of Orel State University. 2013. Vol. 6. No. 56. P.198–200.
27. Bubenichikova V. N., Starchak Yu. A. Investigation of *Thymus pulegioides* L. essential oils // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2014. No. 8–2. P. 116–118.
28. Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
29. Stepanenko L. V., Shatalina N. V., Slashchinin D. G., Efremov A. A. Chemical composition of balm essential oil grown at Krasnoyarsk Territory // Collection of scientific works of the III All-Russian Conference “New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials”. Krasnoyarsk: Federal Agency for Education, Altai State University, “Russian Society of Oil and Gas Engineers”, Scientific and Technical Center “A. Redan”, 2007. P. 128–132.
30. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2017. P. 161–167.
31. Hatipi Ibrahim M., Papajani V., Čavar S., Matevski V. GC/MS analysis of the essential oil of *Thymus longicaulis* Presl. from Kosovo // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2013. No. 41. P. 6–10.
32. Putievsky E., Ravid U., Dudai N., Katzir I., Carmeli D., Eshel A. Variations in the essential oil of *Artemisia judaica* L. chemotypes related to phenological and environmental factors // Flavour and Fragrance Journal. 1992. Vol. 7. No. 5. P. 253–257.
33. Sharopov F. S., Sulaimonova V. A., Setzer W. N. Composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* L. from Tajikistan // Records of Natural Products. 2012. Vol. 6. No. 2. P. 127–134.
34. Williams J. D., Campbell M. A., Jaskolka M. C., Tianyue Xie. *Artemisia vulgaris* L. chemotypes // American Journal of Plant Sciences. 2013. No. 4. P. 1265–1269.
35. Ahmad Reza Golparvar, Amin Hadipanah, Mohammad Mahdi Gheisari. Comparative analysis of chemical composition of three ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L. (in Isfahan province)) // Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. No. (16). P. 1849–1851.
36. Khristova Yu. P. Variability of content and component composition of *Ocimum basilicum* L. essential oil // Bulletin of Nikita Botanical Gardens. 2008. Iss. 97. P. 75–81.
37. Shibko A. N., Rabotyagov V. D., Aksenov Yu. V. Intraspecific variability of the component composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oil in the context of seed reproduction // Bulletin of Nikita Botanical Gardens. 2011. Iss. 103. P. 82–85.
38. Shelepova O. V., Kirichenko E. B., Bidukova G. F., Olehnovich L. S., Kurilov D. V., Smirnova I. M., Enina O. D. Dynamic of accumulation and composition of essential oil in cultivars and hybrids of *Mentha* L. introduced in middle part of Russia // Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2011. Vol. 14. No. 3–1 (98). P. 346–351.

39. Shuvaeva T. P., Solonitskaya V. B., Borodkina A. P., Zelentsov S. V. Characteristic of menthol forms of mint and its cultivation on Voznesenskaya experimental station of VNIIMK // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK. 2009. Iss. 2 (141). P. 123–133.
40. Solopov S. G., Malankina E. L. Rhythms of seasonal development and the dynamics of the formation of the harvest of *Satureja hortensis* L. in the non-chernozem zone of the Russian Federation // Collection of scientific works of the International Conference “Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine”, dedicated to the 85th anniversary of VILAR. Moscow: VILAR, 2016. P. 159–160.
41. Khalid A. Khalid. Essential oil constituents of summer savory plants propagated and adapted under Egyptian climate // Journal of Applied Sciences. 2016. No. 16(2). P. 54–57.
42. Alban Ibraliu, Xuefei Mi, Fetah Elezi. Variation in essential oils to study the biodiversity in *Satureja montana* L. // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5 (14). P. 2978–2989.
43. Abbasova Z. G., Mamedova Z. A., Mamedov R. M. Introduction of some promising medicinal and essential oil plants in the Mardakan Arboretum // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 1. P. 121–124.
44. Mumladze M. G. Dynamics of accumulation and formation of essential oils composition by *Lophanthus anisatus* Benth., *Nepeta cataria* var. *Citriodora* Beck. and *Elsholtzia patrinii* Lep. Garcke in ontogenesis: Authors' abstract of thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Moscow: K. A. Timiryazev Moscow agricultural academy of the order of Lenin and the order of the red banner, 1986. 26 p.
45. Oryol T. I., Khlypenko L. A. *Nepeta cataria* and *Elsholtzia stauntonii* under conditions of the Crimea under irrigation // Universum: Chemistry and Biology: electron. scientific journal. 2015. No. 9–10 (17). [Electronic resource]. Access point: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (reference's date 6.01.2018).
46. Radzhabov G. K., Aliev A. M., Vagabova F. A., Musaev A. M. The experimental study of the component composition variability of the *Anethum graveolens* L. and *Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex. W. Hill. essential oils in Mountain Dagestan // Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 78–84.
47. Lamotkin S. A., Vladykina D. S., Skakovsky E. D. Dependence of the composition of essential oil of *Picea glauca* (Moench.) Voss. from the ecological situation in the region of growth // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2012. No. 2. P. 111–117.
48. Musaev A. M., Aliev A. M., Vagabova F. A., Radzhabov G. K., Guseinova Z. A., Kuramagomedov M. K., Mamaliyeva M. M., Gadzhieva Z. G. Experimental study of variability of composition of essential oils // Herald of the Dagestan Scientific Center. 2014. No. 53. P. 39–52.
49. Dmitrieva V. L., Dmitriev L. B. Research into volatile oils in essential oil plants of non-blacksoil area in Russian Federation // Izvestiya of Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2011. Iss. 3. P. 106–119.
50. Zykova I. D., Naimuschina L. V., Gasanov R. Z. Comparative analysis of component composition of essential oil from flowers of *Filipendula ulmaria* L. of Siberian region and Republic of Dagestan // Sibirskii meditsinskii zhurnal (Siberian Medical Journal). 2015. No. 2. P. 115–117.
51. Taraskin V. V., Radnaeva L. D., Anenkhonov O. A., Ganbaatar Zh. The comparative analysis of composition of essential oil from *Phlojodicarpus turczaninovii* Sipl. (Apiaceae), growing in Mongolia and Buryatia // Bulletin of the Buryat State University. 2011. No. 3. P. 111–115.
52. Banaeva Yu. A., Pokrovsky L. M., Tkachev A. V. Investigation of the chemical composition of essential oil of representatives of the genus *Thymus* L. growing in Altai // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 1999. No. 3. P. 41–48.
53. Rabzhaeva A. N., Zhigzhitzhapova S. V., Radnaeva L. D. Component composition of the essential oils of *Thymus baicalensis* Serg. (Lamiaceae), growing in the Eastern Siberia and Mongolia // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2015. No. 2. P. 119–126.
54. Alekseeva L. I., Gruzdev I. V. Polymorphism of essential oils in thyme species growing in European Part of North-East Russia and Ural // Russian Journal of Plant Physiology (Fiziologiya rastenii). 2012. Vol. 59. No. 6. P. 771–780.
55. Rabzhaeva A. N. Features of accumulation of biologically active substances *Thymus baicalensis* Serg. depending on environmental factors. Thesis... Cand. Sc. (Biol.). Ulan-Ude: Buryat State University, 2011. 114 p.
56. Yousef Imani Dizajeyekan, Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
57. Tumanova E. L., Kuchin A. V., Punegov V. V. Isolation of monoterpenes of essential oil *Origanum vulgare* L. by solid-phase extraction method // Lesokhimiya i organicheskiy sintez. 1998. No. 57. P. 8.
58. Tkachev A. V., Korolyuk E. A., Yusubov M. S., Guriev A. M. Change in the composition of essential oil due to different times of raw materials storage // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 19–30.

59. Efremov A. A., Zykova I. D., Gorbachev A. E. Essential oil composition from above-ground part of *Melissa officinalis* L. in the vicinity of Krasnoyarsk by GC/MS-method // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2015. No. 1. P. 77–81.
60. Zykova I. D. The change of the essential oil composition of the thoroughwax (*Bupleurum scorzonerifolium* L.) growing in the Siberian region depending on meteorological conditions // *Bulletin of KrasGAU*. 2015. No. 7. P.33–38.
61. Kershengolts B. M., An'shakova V. V., Filippova G. V., Kershengolts E. B. Influence of temperature-humidity meteorological conditions on the qualitative and quantitative composition of essential oils of *Artemisia* of Yakutia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 1999. No. 3. P. 89–94.
62. Shuvaeva T. P., Solonitskaya V. B., Borodkina A. P., Zelentsov S. V. Characteristic of menthol forms of mint and its cultivation at the Voznesenskaya experimental station of VNIIMK // *Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops*. 2009. Iss. 2 (141). P. 123–133.
63. Opekunova M. G., Krylova Y. V., Kurashov E. A., Chikhacheva A. Yu. The change of quality of the herbs *Thymus marschallianus* Willd. and *Salvia stepposa* Schost. under the heavy metal pollution influence in the South Urals // *Bulletin of Bryansk department of Russian botanical society*. 2013. No. 2 (2). P. 97–112.
64. Shelepova O. V., Voronkova T. V., Kondratyeva V. V., Olekhovich L. S. Influence of environmental anthropogenous pollution on qualitative composition of essential oil from *Origanum vulgare* L. // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014. Vol. 16. No. 1 (3). P. 841–844.
65. Danileiko I. R., Apykhtin N. N., Plemenkov V. V. The maintenance of guaiazulene in the essence of common yarrow growing on different soils // *IKBFU's Vestnik. Ser. natural and medical sciences*. 2012. No. 7. P. 33–37.
66. Zhigzhitzhapova S. V., Randalova T. E., Radnaeva L. D., Taraskin V. V., Chimittsyrenova L. I. Essential oils *Artemisia vulgaris* L., growing on the territory of Buryatia: composition and compare with literature data // *Thefundamental researches*. 2014. No. 8 (Part 1). P. 68–73.
67. Nazhbudinov S., Yusupova N. A., Ibragimov D. E. Effect of mineral fertilizers on the component composition of essential oil of geranium (*Pelargonium roseum* Willd.) // *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 2011. Vol. 54. No. 8. P. 673–677.
68. Jerkovic I., Mastelic J., Milos M., Jutcau F., Masotti V., Viano J. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia // *Flavour Fragr. J.* 2003. No. 18. P. 436–440.
69. Panchenko S. V., Zabelina S. K., Fursa N. S. Study of transcarpathian *Valeriana officinalis* L. essential oil composition // *Proceedings of Voronezh State University. Series "Chemistry. Biology. Pharmacy"*. 2014. No. 2. P. 115–120.
70. Plyashechnik M. A. Chemical composition of the *Ledum palustre* L. (Ericaceae) essential oil due to increased content of available nitrogen in the soil of the cryolithozone (Central Evenkia) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2012. No. 2. P. 139–144.
71. Tkachenko K. G. Essential oils and systematics of the genus *Heracleum* L. // *Turczaninowia*. 2010. No. 4. P. 74–87.
72. Mamedova Z. A. Study of introduction, essential oil percentage and chemical composition of "Nepeta L." oil types that are widespread in the Caucasus // *Success of modern science and education*. 2015. No. 1. P. 68–71.
73. Kopynyeva G. A. Genus *Achillea* L. – yarrow // *Flora of the Krasnoyarsk Territory*. 1980. Iss. 10. P. 28–29.
74. Shaulo D. N. Genus *Achillea* L. – yarrow // *Flora of Siberia*. 1997. Vol. 13. P. 65–70.
75. Kalinkina G. I., Dembitsky A. D., Berezovskaya T. P. Chemical composition of essential oils of some varieties of yarrow grown in Siberia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2000. No. 3. P. 13–18.
76. Yusubov M. S., Kalinkina G. I., Drygunova L. A., Pokrovsky L. M., Korolyuk E. A., Tkachev A. V. The chemical composition of the essential oil of common yarrow (*Achillea millefolium* L.) and the Asian yarrow (*Achillea asiatica* Serg.) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2000. No. 3. P. 25–32.
77. Pokrovskaya I. S., Mazova O. V., Apykhtin N. N., Plemenkov V. V. Chemotaxonomy of *Achillea millefolium* L. // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 3. P. 85–88.
78. Shpak S. I., Lamotkin S. A., Lamotkin A. I., Skakovsky E. D., Gaidukevich O. A., Kotov A. A. Variability of the composition of pine essential oils in the genus *Pinus* // *Proceedings of the Belarusian Technological University. Chemistry and technology of organic substances*. 2008. Vol. 1. No. 4. P. 292–296.
79. Korolyuk E. A., Tkachev A. V. Chemical composition of the essential oil of two species of artemisia: *Artemisia frigida* and *Artemisia argyrophylla* // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 4. P. 63–72.

80. Baikova E. V., Korolyuk E. A., Tkachev A. V. Component composition of essential oils of some species of the genus *Salvia* L., grown under the conditions of Novosibirsk (Russia) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 37–42.
81. Khudonogova E. G., Kiseleva T. V. Content of essential oils in aerial parts of creeping thyme // *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2010. No. 7. P. 110–113.
82. *Thyme: The Genus Thymus* // Ed. by Stahl-Biskup E., Saez F. London, New York: Taylor, Francis. 2002. 330 p.
83. Alekseeva L. I., Bystrushkin A. G., Gruzdev I. V., Teteryuk L. V. Chemical composition of *Thymus guberlinensis* Iljin. essential oil // *Rastitelnye resursy*. 2010. No. 3. P. 125–128.
84. Alekseeva L. I., Gruzdev I. V., Bystrushkin A. G. Chemical composition of *Thymus punctulosus* essential oil // *Chemistry of Natural Compounds*. 2010. Vol. 46. No. 3. P. 491–492.
85. Alekseeva L. I., Teteryuk L. V., Gruzdev I. V. Component composition of essential oils of *Thymus hirticaulis*, *T. talijevii* and *T. paucifolius* (Lamiaceae) of the European northeast of Russia // *Rastitelnye resursy*. 2011. No. 2. P. 98–105.
86. Rota M. C., Herrera A. A., Martinez R. M., Sotomayor J. A., Jordan M. J. Antimicrobial Activity and Chemical Composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils // *Food Control*. 2008. Vol. 19. P. 681–687.
87. Korolyuk E. A., Pokrovsky L. M., Tkachev A. V. Chemical composition of the essential oil of the genus *Galatella* Cass. (Asteraceae Dumort.) from Western Siberia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 5–18.
88. Semenova E. F., Teplitskaya L. M., Presnyakova E. V., Mezhenaya N. A. Anatomical and morphological characteristic of rose petals of representatives of the genus *Rosa* L. // *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Series "Biology. Chemistry"*. 2014. Vol. 27 (66). No. 3. P. 138–150.

UDC 633.81

Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V.

ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING PLANTS (REVIEW, PART I)

Summary. *Oil-bearing plants are cultivated on a very small areas compared to other agricultural crops and cannot compete with them in terms of raw materials production. Nevertheless, they are of great value for a number of industries – perfumery, cosmetics, pharmaceutical, food, production of alcoholic beverages, etc., due to essential oils these plants contain. Currently, the needs for essential oil products in Russia are fulfilled through importation, for which Russian Federation spends tens of millions of US dollars annually. Some research and selection surveys are conducted to expand the domestic assortment and increase the level of essential oil production as well as other products of their processing (bioconcentrates, extracts, concrete, waxes, herbal distillates, etc.). The purpose of these studies is the creation of new, highly productive cultivars of traditional oil-bearing plants and introduction some less common crops and promising species. The content and component composition of the essential oils are the signs, which cannot be controlled visually and, as a rule, do not correlate with the morphological or any other signs. Therefore, it is necessary to determine the availability of essential oils in the raw materials of the studied plants and their component composition at all stages of the studies, as well as to clarify how accumulation of the essential oils and their component composition depend on environmental factors. Study of the component composition of essential oils in some disputable cases can also serve as a supporting material in specifying the taxonomy of doubtful species. The purpose of this review was the proper justification of the relevance and mandatory nature of the main directions of biochemical research of essential oil plants.*

Keywords: *aromatic plants, biochemical analysis, components composition, accumulation of the essential oil.*

Невкрытая Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Мишнев Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории поддержания стабильности и качества сортов отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Nevkrytaya Natalya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of breeding of the Department of essential oil and medicinal crops, Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Mishnev Aleksandr Vasilevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of maintaining stability and quality of varieties, Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.08.2018.

Дата принятия к печати – 01.10.2018.