

УДК 615.322

**МЕТОД ИСЧЕРПЫВАЮЩЕЙ ГИДРОПАРОДИСТИЛЛЯЦИИ
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ****Ефремов А.А.***Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: AEfremov@sfu-kras.ru*

Рассмотрены достоинства и недостатки дистилляционных методов получения эфирных масел из растительного сырья. На основании собственных экспериментальных результатов обосновывается вывод о том, что для получения воспроизводимых данных по компонентному составу масел и его содержанию в исходном сырье, необходимо использовать метод исчерпывающей гидропародистилляции. Для минимизации ошибки при определении содержания масла необходимо использовать навески сухого сырья не менее 1,0–1,5 кг.

Ключевые слова: метод исчерпывающей гидропародистилляции, эфирные масла, растительное сырье, компонентный состав, содержание масла

**THE METHOD OF COMPREHENSIVE HYDRO-STEAM DISTILLATION
IN OBTAINING ESSENTIAL OILS OF WILD PLANTS****Efremov A.A.***Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: AEfremov@sfu-kras.ru*

The advantages and disadvantages of methods for distillation of essential oils from plant material. Based on our own experimental results justified the conclusion that to obtain reproducible data on component composition of oils and its content in the feed, it is necessary to use the method hydro-steam distillation exhaustive. To minimize errors in determining the oil content should be used dry raw sample of at least 1,0–1,5 kg.

Keywords: method of comprehensive hydro-steam distillation, essential oils, plant material, component composition, oil content

Ароматические растения и эфирные масла использовались на протяжении тысячелетий в медицине, косметике и парфюмерии. Практически во всех ранних культурах ароматические масла составляли неотъемлемую часть традиционных ритуалов, в которых религиозная и терапевтическая цели часто были нераздельны. В настоящее время в тибетских монастырях подбрасывают в ритуальный огонь веточки можжевельника, а в европейских храмах продолжают курить ладан [17].

Если говорить об эфирных маслах как о лечебно-профилактических средствах, то в настоящее время принято считать, что их терапевтические свойства еще не до конца изучены. Однако в литературе и практической медицине накоплен огромный опыт применения отдельных эфирных масел в качестве ингалирующих средств, противогрибковых средств, многие масла способны снижать артериальное давление, эффективны они при лечении отеков, ревматизмов, при воспалениях, кожных заболеваниях и других [4, 17].

Учитывая тот факт, что синтез и накопление отдельных классов биологически активных веществ в дикорастущих растениях в существенной мере определяется природно-климатическими условиями их произрастания, то исследователи обязаны изучать компонентный состав эфирных масел этих растений и определять основные

области их применения в качестве лечебно-профилактических средств. Здесь же может быть и целый ряд научных задач, суть которых заключается в исследовании механизма синтеза отдельных классов соединений в самом сырье по мере его роста и развития, метаболизм отдельных соединений, в разработке методов идентификации и выделения отдельных соединений.

В данной работе рассмотрены достоинства метода гидропародистилляции для получения эфирных масел и предложено использовать в таком случае исчерпывающую гидропародистилляцию, которая позволяет получать воспроизводимые данные как по количественному содержанию отдельных компонентов, так и по физико-химическим характеристикам полученных масел.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Эфирные масла могут быть получены из разных частей растений, в том числе из корней, стеблей, соцветий, семян, коры, древесины и листьев. Известно несколько способов получения пахучих веществ из растений. В настоящее время в промышленном масштабе применяется несколько способов получения эфирных масел [11–14, 20, 23]:

1. Перегонка с водяным паром при атмосферном, повышенном или пониженном давлении в аппаратах периодического или непрерывного действия.

2. Анфлераж (от франц. *anfleurer* – пере-
давать цветочный аромат) – сорбция лету-
чих компонентов слоем твердого жира.

3. Мацерация (от лат. *masco* – размяг-
чаю) – экстракция пахучих веществ рас-
тительными маслами или расплавленными
жирами при обычной или повышенной (50–
70 °С) температуре.

4. Экстракция органическими раство-
рителями с последующей отгонкой экстра-
гента и получением конкрета, обработкой
конкрета этанолом для отделения осад-
ка воскоподобных веществ, упариванием
спиртового раствора и получением абсо-
лютного масла.

5. Суперкритическая экстракция (эк-
тракция сжиженными газами – углекислота,
пропан, бутан, находящимися в сверхкри-
тическом состоянии).

6. Холодное прессование (выжимание)
с последующим центрифугированием.

подавляющее большинство эфирных
масел получают с использованием дис-
тилляционных методов: гидродистилляци-
ей или пародистилляцией [11–12]. Вме-
сте с тем, некоторые эфирные масла из цветков
душистых растений, таких как акации, фи-
алки, жасмины, нарциссы, мимозы, гиацин-
ты, гардении вообще невозможно получить
перегонкой с паром. В этом случае приме-
няют экстракционные методы [19].

Эфирное масло распределяется по орга-
нам растения неравномерно. Чаще всего оно
сосредотачивается в каком-нибудь одном
органе (листьях, цветках, корнях, плодах).
По этому признаку сырье классифицируют
на зерновое (плоды, семена), травянистое
(листья, надземная часть травянистых расте-
ний, молодые побеги древесных растений),
цветочное (цветки, цветочные бутоны соцвет-
тия) и корневое (корни и корневища) [24].

Компоненты эфирных масел в растени-
ях находятся в свободном и связанном со-
стояниях. Под связанным состоянием по-
нимают биогенетически соответствующие
тем или иным веществам гликозиды, лакто-
структуры, и пирофосфатные интермеди-
аты вторичного метаболизма. Такие формы
содержания позволяют растениям сохранять
значительное количество летучих веществ
на протяжении всего цикла их развития.
При этом связанные компоненты не имеют
строго ограниченной локализации и обычно
равномерно распределяются по тканям про-
мышленной части растений. Теоретически
это можно представить как своеобразный
запас таких веществ для стабильного про-
текания биологических процессов в расте-

нии. Свободные компоненты это вещества,
содержащиеся в растениях в том виде, в ко-
торых они присутствуют в эфирном масле
после его извлечения из сырья [25]. Свободные
компоненты легко улетучиваются и обеспечи-
вают душистые характеристики эфирносов.
Однако некая часть свободных
веществ всё же удерживается растениями
на секреторном уровне [18].

Дистилляционные методы включают
простую дистилляцию (гидродистилляция),
дистилляцию с паром (пародистилляцию)
и гибридное сочетание – гидропароди-
стилляцию. Все указанные процессы мо-
гут осуществляться при атмосферном или
пониженном давлении, так как этот метод
и его аппаратное оформление наиболее
просты. Гидродистилляция – простейший
метод заключается в отгонке воды в присут-
ствии растительного материала. В промыш-
ленности применяется достаточно редко,
например, при получении розового масла.
Однако часто используется при лабора-
торной практике, что связано с доступностью
и простотой эксперимента.

В зависимости от давления гидро-
дистилляцию проводят при нормальном
давлении (наиболее часто) или в вакууме
(вакуумная гидродистилляция – отгонка
с паром при пониженном давлении). Есть
предложения проводить гидродистилляцию
при повышенном давлении до нескольких
атмосфер, что существенно улучшает со-
отношение в дистилляте воды и отгоняю-
щегося с ней вещества. Выделенное таким
образом масло несколько отличается от по-
казателей масла, выделенного традицион-
ным путем. В промышленных масштабах
с целью повышения экономичности про-
цесса используют паровую схему нагрева
воды. Перегретый пар быстро нагревает
воду в гидродистилляторе и обеспечивает
равномерный тепловой фронт проходящий
через сырьё. Пример такой установки пока-
зан на рис. 1.

Метод гидродистилляции обладает це-
лым рядом недостатков. Главный из них –
низкая степень насыщения паровой фазы
эфирным маслом, что обуславливает малую
скорость извлечения масла, высокий расход
пара и большое количество дистилляцион-
ных вод. Также характерны относительно
большие потери масла с кубовым остатком
(отработанное растительное сырьё) и от-
работанными дистилляционными водами,
химическое изменение компонентов мас-
ла, особенно сложных эфиров, благодаря
длительному контакту при высокой темпе-

ратуре с кислотами, содержащимися в сырье, возможность подгорания сырья, низкая удельная производительность аппаратов. Пародистилляция – наиболее экономичный и технологически удобный способ отгонки заключается в использовании перегретого пара (пара высокого давления). При этом удается избежать местных перегревов растительного материала, наступающих при гидродистилляции и отогнать труднолетучие, часто весьма ценные компоненты эфирного масла. Таким методом получают преобладающее количество коммерческого эфирного масла.

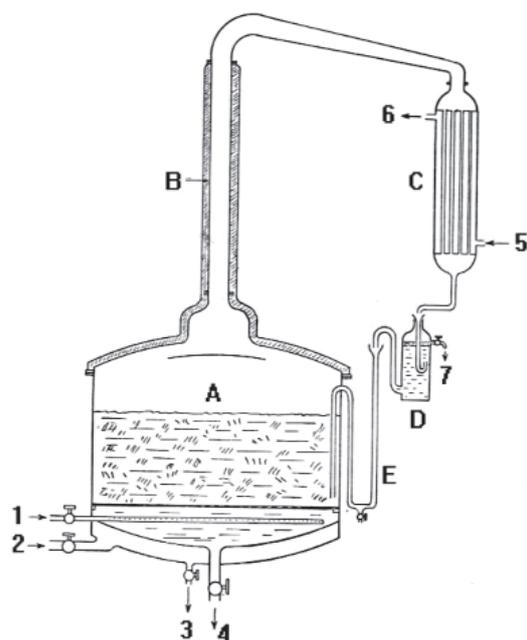


Рис. 1. Схема перегонной установки (гидродистиллятор):

1 – вход внутреннего пара; 2 – вход внешнего пара для нагрева воды; 3 – выход внешнего пара; 4 – сброс воды; 5 и 6 – вход и выход охлаждающей воды; 7 – выход эфирного масла; А – емкость для растительного материала и воды; В – отводной патрубков с изоляцией; С – трубчатый конденсатор для охлаждения водно – паровой смеси; D – склянка для сбора эфирного масла; E – трубка для обратной дистилляционной воды

Паровая перегонка по сравнению с гидродистилляцией характеризуется повышенным насыщением паровой фазы эфирным маслом, большей скоростью и степенью извлечения масла, меньшим расходом пара и количеством дистилляционных вод, улучшенным качеством эфирного масла, отсутствием пригорания сырья и экстрагируемых водой веществ, простотой регулировки скорости гонки, повышенной удельной производительностью перегон-

ных аппаратов. В дистилляционных водах, образующиеся при использовании паровых методов выделения в больших количествах, остается некоторое количество эфирного масла в растворенном и взвешенном состояниях, которое извлекают, как правило, повторной перегонкой (когобацией). На рис. 2. представлена схема промышленной перегонной установки с водяным паром. К недостаткам следует отнести ухудшение качества эфирных масел за счет термической деструкции некоторых компонентов, особенно таких, как терпеновые спирты и их сложные эфиры.

Гидропародистилляция – метод, основанный на ранее описанных дистилляционных методах и в силу своей конструктивной особенности очень похож на гидродистилляционный метод. Здесь вода и сырьё помещены также в один перегонный куб, как и в случае гидродистилляции, но они между собой разделены сетчатой перегородкой, что переводит стадию парообразования в отдельную фазу перегонки, как и методе пародистилляции (рис. 3).

Физические условия перегонки методом гидропародистилляции являются более щадящими по отношению к сырью и лабильным компонентам масел, поскольку нет постоянного контакта с водой, а сам процесс перегонки идет с несколько меньшими температурами.

Если в сочетании с такими перегонными установкам, в качестве приемника использовать сосуды типа насадки Клевенджера, можно снять вопрос о технологических потерях масла с отгонными водами, так как метод гидропародистилляции позволяет возвращать конденсированную воду обратно в перегонный куб.

Аппаратурное оформление лабораторного метода гидропародистилляции достаточно простое и приведено на рис. 4. Верхняя конусообразная часть установки съемная, что существенно упрощает процесс загрузки и выгрузки исходного сырья.

Преимущества такой установки заключается в том, что она может работать в автоматическом режиме при непрерывной подачи воды только в холодильник. Потери масла с перегоняющейся водой в данном случае исключены, так как вода из насадки Клевенджера возвращается в перегонный куб. Кроме того данная установка может быть практически любого размера, что позволяет доводить навеску исходного сухого сырья до 1,0–1,5 кг, обеспечивая достаточное количество эфирного масла с одной

гонки. Немаловажной величиной в данном случае является соотношение объема воды и объема куба для исходного сырья, так как если воды будет мало, то процесс просто-напросто прекратится, а увеличение

объема воды приводит к уменьшению объема для сырья. Наши исследования показали, что соотношение реальных объемов воды и сырья в таком случае будет составлять 1:7–1:9.

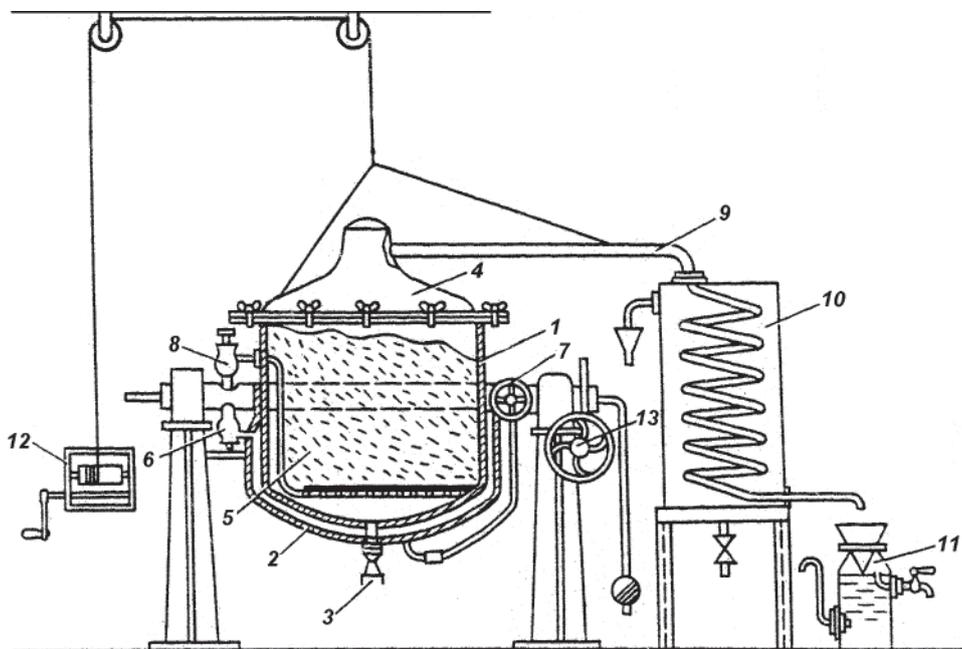


Рис. 2. Схема промышленной перегонной установки (пародистиллятор):
 1 – перегонный куб; 2 – паровая рубашка; 3 – спусковой кран; 4 – крышка куба; 5 – растительное сырье; 6 – вентиль для впуска пара в паровую рубашку; 7 – вентиль для впуска отработанного пара из паровой рубашки; 8 – вентиль для впуска пара в перегонный куб; 9 – паропроводная труба; 10 – конденсатор (холодильник); 11 – приемник (флорентийский бутыль); 12 – лебедка для поднятия крышки куба; 13 – механизм для опрокидывания куба при перезагрузке

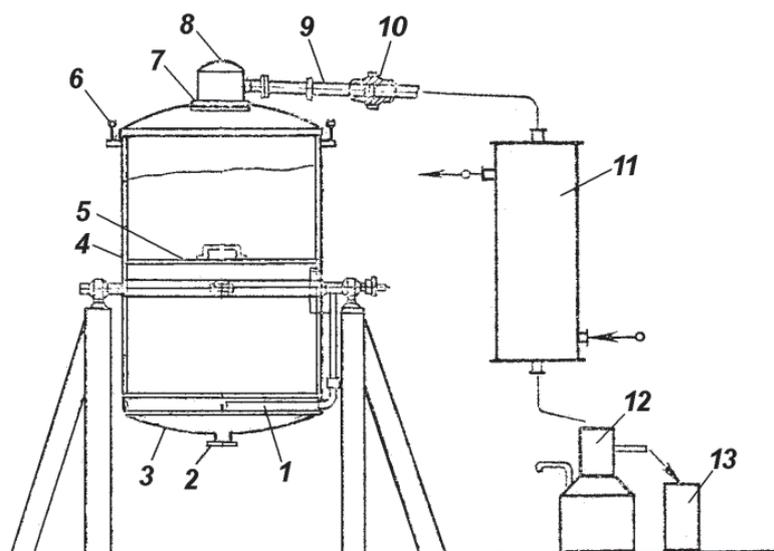


Рис. 3. Схема перегонной установки (гидропародистиллятор):
 1 – нагревательный элемент; 2 – вентиль для слива воды; 3, 4 – паровая рубашка; 5 – перегородка; 6 – вентиль крышки; 7 – крышка перегонного куба; 8, 9 – паропроводная трубка; 10 – вентиль паропроводной трубки; 11 – конденсатор (холодильник); 12 – приемник (флорентийский бутыль); 13 – емкость для масла

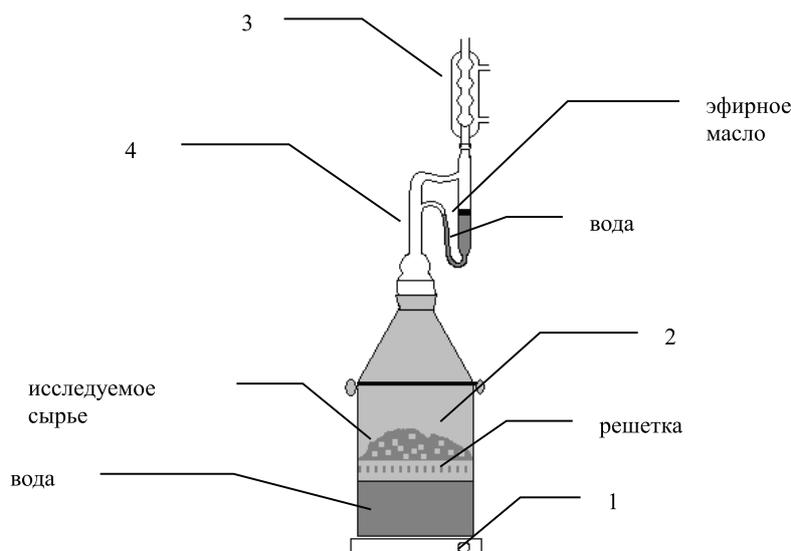


Рис. 4. Целнометаллическая установка для получения эфирного масла:
1 – электроплитка; 2 – емкость для сырья; 3 – холодильник; 4 – насадка Клевенджер

Все дистилляционные методы выделения эфирных масел растянуты во времени. Очевидно, что длительность процесса гидропародистилляции будет также определять выход масла и содержание отдельных компонентов в нем. Так в [6–9] было установлено, что процесс исчерпывающей гидропародистилляции древесной зелени пихты сибирской заканчивается за 16–18 часов (см. рис. 5), а содержание эфирного масла при этом по результатам 6 гонок составляет $3,21 \pm 0,12\%$ в пересчете на свежее сырье со средней влажностью 40,74% или $5,40 \pm 0,16\%$ в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Более того, исследуя динамику процесса выделения эфирного масла из древесной зелени пихты сибирской, мы обнаружили, что по мере выделения эфирного масла изменяется его показатель преломления и плотность (табл. 1). Методом хромато-масс-спектрометрии было показано, что из-

менение плотности и показателя преломления полученных фракций эфирного масла является следствием изменения компонентного состава полученных фракций [6, 8].

Таким образом, было установлено, что в случае дистилляционных процессов по мере выделения эфирного масла из исходного сырья может изменяться как компонентный состав получаемого масла, так и его физико-химические характеристики.

Аналогичные зависимости были обнаружены нами в процессе получения эфирного масла из древесной зелени сосны сибирской [22], сосны обыкновенной, лиственницы сибирской [26–30] и различных эфиромасличных трав Сибири [1–3, 5, 10, 31–33]. Оказалось, что продолжительность процесса гидропародистилляции для различного сырья различна и может составлять до 50 часов, как в случае с процессом получения эфирного масла из семян борщевика рассеченного [31].

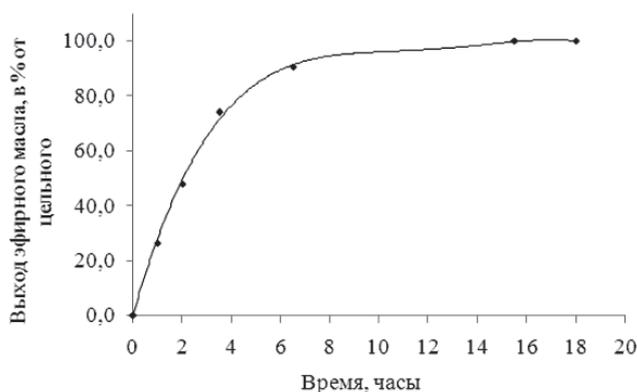


Рис. 5. Динамика выделения эфирного масла из древесной зелени пихты сибирской в условиях гидропародистилляции

Таблица 1

Данные по динамике выделения эфирного масла из древесной зелени пихты сибирской при пародистилляции

Номер фракции п/п	Время выделения фракции, мин	Масса выделившегося эфирного масла, г	Выход, в % от цельного масла	Показатель преломления, при 20°C	Плотность, г/см ³
1	60	5,17	26,4	1,4693	0,9140
2	50	4,24	21,6	1,4686	0,9134
3	90	5,10	26,0	1,4690	0,9108
4	180	3,24	16,5	1,4713	0,9065
5	540	1,86	9,5	1,4783	0,9064
6	180	0,01	-	-	-
ИТОГО	920	19,61	100,0	1,4701	0,9085

Причем, метод исчерпывающей гидропародистилляции позволил получить воспроизводимые данные как по содержанию эфирного масла в исходном сырье, так и по

его компонентному составу. Продолжительность процесса исчерпывающей гидропародистилляции и выход эфирного масла при этом представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальные параметры процесса исчерпывающей гидропародистилляции некоторых видов растительного сырья сибирского региона

№ п/п	Исходное сырье	Время процесса, ч	Выход эфирного масла, % от а.с.н.
1	Пихта сибирская (древесная зелень)	16	5,40 ± 0,16
2	Сосна сибирская (древесная зелень)	24	3,42 ± 0,14
3	Сосна обыкновенная (хвоя)	15	1,77 ± 0,06
4	Лиственница (хвоя)	15	0,41 ± 0,03
5	Тысячелистник обыкновенный (трава)	10	0,56 ± 0,03
6	Мята канадская (трава)	14	1,82 ± 0,12
7	Мелисса лекарственная (трава)	8	0,64 ± 0,03
8	Корень аира болотного	18	2,11 ± 0,18
9	Березовые почки	28	4,62 ± 0,26
10	Лабазник вязолистный (соцветия)	12	0,32 ± 0,02
11	Ромашка аптечная (корзинки)	14	0,18 ± 0,03
12	Полынь серая (трава)	20	0,64 ± 0,04
13	Полынь Сиверса (трава)	22	0,54 ± 0,04
14	Полынь холодная (трава)	9	0,34 ± 0,03
15	Донник лекарственный, желтый (трава)	20	0,01 ± 0,001
16	Тимьян ползучий (трава)	12	0,45 ± 0,02
17	Тимьян енисейский (трава)	12	1,26 ± 0,03
18	Можжевельник сибирский (древесная зелень)	22	3,33 ± 0,06
19	Душица обыкновенная (трава)	7	0,52 ± 0,04
20	Дягиль лекарственный (семена)	12	1,99 ± 0,12
21	Укроп огородный (трава)	9	0,66 ± 0,03
22	Борщевик рассеченный (семена)	52	2,43 ± 0,14
23	Хмель обыкновенный (соплодия)	20	0,62 ± 0,02

Несколько слов необходимо сказать про ошибку определения содержания эфирного масла в исходном сырье. Когда эта величина имеет важное значение, то необходимо определять ее как можно более точно. Анализируя полученные нами экспериментальные результаты, следует указать, что для

точного определения содержания эфирного масла необходимо брать навеску исходного сырья не менее 1,0 кг в сухом виде.

При малых величинах навески особенно свежего сырья, влажность которого достигает почти 50%, ошибка в определении выхода эфирного масла может достигать

20–30% за счет потерь в самой насадке Клевенджера и холодильнике. Наши эксперименты показывают, что количество масла в холодильнике и на стенках насадки Клевенджера может составлять до 0,2–0,3 г. Исходя из загрузки свежего сырья в 100 грамм с влажностью около 50% при выходе в 3,3%, как указывают авторы [15–16], потери уже могут составлять почти 19%, что недопустимо в количественном химическом анализе.

Список литературы

1. Динамика выделения и компонентный состав эфирного масла тысячелистника обыкновенного пригорода Красноярска / А.А. Алякин, А.А. Ефремов, С.В. Качин, Е.Г. Струкова // *Химия растительного сырья*. – 2009. – № 4. – С. 51–56.
2. Химический состав эфирных масел *Artemisia Absinthium L.* и *Artemisia Vulgaris L.*, произрастающих на территории Красноярского края / А.А. Алякин, А.А. Ефремов, А.С. Ангаскиева, В.В. Гребенникова // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 3. – С. 123–127.
3. Фракционный состав эфирного масла душицы обыкновенной Красноярского края / А.А. Алякин, А.А. Ефремов, С.В. Качин, О.О. Данилова // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 1. – С. 99–104.
4. Войткевич С.А., Хейфиц Л.А. От древних благовоний к современным парфюмерии и косметике. – М.: Пищевая промышленность, 1997. – 215 с.
5. Ефремов А.А. Изменения компонентного состава и физико-химических показателей эфирного масла корневищ *Acorus calamus* (Acoraceae) в зависимости от продолжительности его выделения / А.А. Ефремов, И.Д. Зыкова, М.В. Дрожжина // *Раст. Ресурсы*. – 2011. – № 1. – С. 118–123.
6. Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла лапки хвойных Сибирского региона по данным хромато-масс-спектрометрии / А.А. Ефремов, Е.Г. Струкова, А.Н. Нарчуганов // *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. – 2009. – № 4. – С. 335–350.
7. Ефремов Е.А. Динамика выделения и компонентный состав игольчатой лапки пихты сибирской Красноярской лесостепи / Е.А. Ефремов, А.А. Ефремов // *Экология южной Сибири и сопредельных территорий*. – 2009. – Вып. № 13, т. 1. – С. 144–145.
8. Ефремов Е.А. Компонентный состав эфирного масла игольчатой лапки пихты сибирской Красноярского края / Е.А. Ефремов, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 2. – С. 135–138.
9. Ефремов Е.А., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла октябрьской лапки пихты сибирской Красноярского края // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 3. – С. 121–124.
10. Зыкова И.Д. Компонентный состав эфирного масла из соцветий *Filipendula Ulmaria (L.) Maxim* в фазах цветения и плодоношения / И.Д. Зыкова, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 1. – С. 133–136.
11. О возможности комплексного использования *Achillea asiatica Serg.* как лекарственного растения / Г.И. Калинин, Н.М. Слипченко, Д.Д. Таран, Т.Г. Хоружая // *Растительные ресурсы*. – 1989. – № 1. – С. 74–78.
12. Коновалов Д.А. Биологически активные вещества *Achillea millefolium L.* / Д.А. Коновалов, О.А. Коновалова, В.А. Челобитько // *Растительные ресурсы*. – 1990. – № 4. – С. 598–608.
13. Кузнецова М.Н. Использование растений в народной медицине. – М.: Высшая школа, 1994. – 142 с.
14. Левин Э.Д. Переработка хвойной зелени / Э.Д. Левин, С.М. Репях. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 120 с.
15. Лобанов В.В. Влияние хранения древесной зелени на содержание и состав пихтового масла / В.В. Лобанов, Р.А. Степень // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: мат. Всерос. науч.-практ. конф.* (Барнаул, 17–21 апреля 2005 г.). – Барнаул, 2005. – С. 632–636.
16. Лобанов В.В. Динамика выделения пихтового масла и влияние на него технологических факторов / В.В. Лобанов, Р.А. Степень // *Вестник СибГТУ*. – 2005. № 1. – С. 65–71.
17. Лоулес Дж. Энциклопедия ароматических масел. – М.: Крон-Пресс, 2000. – 284 с.
18. Малиновский В.И. Физиология растений: учеб. пос. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. – 106 с.
19. Махлаюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине. – Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1992. – 544 с.
20. Махов А.А. Зеленая аптека: Лекарственные растения Красноярского края. – Красноярск: Книжное изд-во, 1980. – 352 с.
21. Нарчуганов А.Н. Экстрактивные вещества лапки хвойных Эвенкии, извлекаемые при спиртовой обработке с использованием ультразвука / А.Н. Нарчуганов, А.А. Ефремов, К.Б. Оффан // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 1. – С. 105–108.
22. Нарчуганов А.Н. Компонентный состав эфирного масла сосны сибирской (*Pinus Sibirica*) / А.Н. Нарчуганов, Е.Г. Струкова, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2011. – № 4. – С. 103–108.
23. Обухов А.Н. Дикорастущие лекарственные растения. – Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1952. – 347 с.
24. Самылина И.А. Фармакогнозия. Атлас. Том 2. Лекарственное растительное сырье. Анатомодиагностические признаки фармакопейного и нефармакопейного лекарственного растительного сырья / И.А. Самылина, О.Г. Аносова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 384 с.
25. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья / А.В. Ткачев, Е.А. Королук, М.С. Юсубов, А.М. Гурьев // *Химия растительного сырья*. – 2002. – № 1. – С. 19–30.
26. Чекушкина Н.В. Состав эфирного масла лиственницы сибирской / Н.В. Чекушкина, Н.В. Шаталина, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2008. – № 3. – С. 103–105.
27. Чекушкина Н.В. Фракционный состав эфирного масла сосны обыкновенной / Н.В. Чекушкина, Т.В. Невзорова, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2008. – № 2. – С. 87–90.
28. Состав эфирного масла сосны обыкновенной по данным хромато-масс-спектрометрии / Н.В. Чекушкина, Н.В. Шаталина, А.А. Ефремов, С.В. Качин // *Аналитика Сибири и Дальнего Востока: мат. VIII научной конференции* (Томск, 13–18 октября, 2008 г.). – Томск, 2008. – С. 204–205.
29. Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла лиственницы сибирской / Н.В. Шаталина, И.Д. Зыкова, С.В. Качин, А.А. Ефремов // *Аналитика Сибири и Дальнего Востока: мат. VIII научной конференции* (Томск, 13–18 октября, 2008 г.). – Томск, 2008. – С. 173.
30. Компонентный состав эфирного масла лиственницы сибирской в зависимости от фазы вегетации / Н.В. Шаталина, И.Д. Зыкова, Т.Г. Созонова, С.В. Качин, А.А. Ефремов // *Аналитика Сибири и Дальнего Востока: мат. VIII научной конференции* (Томск, 13–18 октября, 2008 г.). – Томск, 2008. – С. 172–173.
31. Компонентный состав эфирного масла плодов борщевики рассеченного Красноярского края / А.М. Шушеначева, К.Б. Оффан, О.С. Пиляева, А.А. Ефремов // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Мат. V Всероссийской конференции с международным участием* (Барнаул, 21–25 апреля 2012 г.). – Барнаул, 2012. – С. 218–220.
32. Щипицына О.С. Компонентный состав эфирного масла различных вегетативных частей дудника лекарственного сибирского региона / О.С. Щипицына, А.А. Ефремов // *Химия растительного сырья*. – 2010. № 4. – С. 115–119.
33. Ярош В.В. Особенности метода исчерпывающей гидропародистилляции при получении эфирных масел из дикорастущих трав Сибири / В.В. Ярош, Е.А. Ефремов, А.А. Ефремов // *Химическая наука и образование Красноярья: мат. V Региональной научно-практ. конф.* (Красноярск, 12–14 мая, 2011 г.). – Красноярск, 2011. – С. 102–105.