



Оригинальная статья / Research article

## Сравнительный анализ качественного состава эфирного масла травы полыни горькой синантропной флоры Воронежской области

Н. А. Дьякова✉, И. М. Коренская, А. И. Сливкин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (ВГУ), 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ Контактное лицо: Дьякова Нина Алексеевна. E-mail: Ninochka\_V89@mail.ru

ORCID: Н. А. Дьякова – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>; И. М. Коренская – <https://orcid.org/0000-0001-5444-8108>; А. И. Сливкин – <https://orcid.org/0000-0001-6934-0837>.

Статья поступила: 18.04.2022

Статья принята в печать: 31.03.2023

Статья опубликована: 25.05.2023

### Резюме

**Введение.** Образование и накопление биологически активных веществ в растениях – сложный процесс, связанный с рядом факторов окружающей среды, в том числе антропогенных. Изучение особенностей качественного состава эфирного масла травы полыни горькой различных с экологической точки зрения мест заготовки является актуальным.

**Цель.** Цель исследования – изучение качественного состава эфирного масла травы полыни горькой, заготовленной в различных с экологической точки зрения районах Воронежской области.

**Материалы и методы.** В Воронежском регионе было выбрано 4 точки заготовки сырья, разнообразных с точки зрения антропогенного воздействия. Выделение эфирного масла из сырья проводили по методике ФС «Полыни горькой трава». Определение компонентного состава полученных эфирных масел проводили на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent 7890B GC System (Agilent Technologies, США) с масс-селективным детектором Agilent 5977A MSD (Agilent Technologies, США). Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (от 19.05.2011), использовалось программное обеспечение MassHunter ver. B.06.00 и NIST MS Search ver. 2.0.

**Результаты и обсуждение.** В образце эфирного масла, полученного из заповедного сырья, на долю монотерпеновых соединений приходится более 82 %, а сесквитерпеновых соединений – 16,6 %, около 2 % составляют примеси органической природы. Интенсивный биосинтез монотерпенов отмечен в образце, собранном в районе сельскохозяйственных полей Верхнехавского района, его массовая доля – более 73 %. В образцах сырья, имеющих антропогенную нагрузку (ОАО «Минудобрения» и автомобильная трасса М4), доля монотерпеновых соединений значительно ниже (соответственно 63,7 и 49 %). Рост доли сесквитерпеновых соединений в последних образцах эфирного масла полыни, возможно, связан с избыточной кислотностью урбанизированных мест заготовки. Сесквитерпеновое соединение хамазулен, окрашивающий эфирное масло в голубой цвет, определен только в двух образцах полыни горькой травы, заготовленных вдоль сельскохозяйственных полей и в трассы М4, что объясняет наличие голубого оттенка в этих маслах.

**Заключение.** Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла исследуемых образцов травы полыни горькой позволил идентифицировать в них более 70 различных компонентов, при этом качественный состав эфирного масла сырья различных мест заготовки заметно отличался, что может указывать на значительное влияние места произрастания вида и антропогенных факторов на особенности вторичного метаболизма терпеновых соединений в растительном организме.

**Ключевые слова:** Воронежская область, полынь горькая, эфирные масла, агроценозы, урбоценозы

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Н. А. Дьякова придумала и разработала эксперимент. Н. А. Дьякова, И. М. Коренская провели фармакогностическое исследование и расчеты. Все авторы участвовали в обсуждении результатов и написании статьи.

**Для цитирования:** Дьякова Н. А., Коренская И. М., Сливкин А. И. Сравнительный анализ качественного состава эфирного масла травы полыни горькой синантропной флоры Воронежской области. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(2):104–112. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-2-104-112>

## Comparative Analysis of Quality of Essential Oil of Wormwood Herb Synanthropic Flora of Voronezh Region

Nina A. Dyakova✉, Irina M. Korenskaya, Alexey I. Slivkin

Voronezh State University, 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394006, Russia

✉ Corresponding author: Nina A. Dyakova. E-mail: Ninochka\_V89@mail.ru

ORCID: Nina A. Dyakova – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>; Irina M. Korenskaya – <https://orcid.org/0000-0001-5444-8108>; Alexey I. Slivkin – <https://orcid.org/0000-0001-6934-0837>.

Received: 18.04.2022

Revised: 31.03.2023

Published: 25.05.2023

### Abstract

**Introduction.** The formation and accumulation of biologically active substances in plants is a complex process associated with a number of environmental factors, including anthropogenic ones. The study of the characteristics of the qualitative composition of essential oil of wormwood grass of bitter different from the ecological point of view of the places of harvesting is relevant.

© Дьякова Н. А., Коренская И. М., Сливкин А. И., 2023

© Dyakova N. A., Korenskaya I. M., Slivkin A. I., 2023

**Aim.** The aim of this study study of the qualitative composition of essential oil of bitter wormwood grass, harvested in areas of the Voronezh region that are different from an ecological point of view.

**Materials and methods.** In the Voronezh region, 4 points of raw materials procurement were selected, diverse in terms of anthropogenic impact. Isolation of essential oil from the raw materials was carried out according to the method of PS "Wormwood of bitter grass". Component composition of the obtained essential oils was determined using Agilent 7890B GC System (Agilent Technologies, USA) with Agilent 5977A MSD mass selective detector (Agilent Technologies, USA). Data analysis and processing was carried out on the basis of NIST11 databases (from 19.05.2011), MassHunter ver. B.06.00 and NIST MS Search ver. 2.0 software were used.

**Results and discussion.** In a sample of essential oil obtained from reserved raw materials, monoterpene compounds account for more than 82 %, and sesquiterpene compounds – 16.6 %, about 2 % are organic impurities. Intensive biosynthesis of monoterpenes was noted in a sample collected in the area of agricultural fields of the Verkhnekhavsky district, its mass fraction is more than 73 %. In samples of raw materials with anthropogenic load (OJSC "Minudobreniya" and Highway M4), the share of monoterpene compounds is significantly lower (63.7 and 49 %, respectively). The increase in the proportion of sesquiterpene compounds in the last samples of wormwood essential oil may be due to the excessive acidity of the urbanized places of the workpiece. The sesquiterpene compound hamazulene, which stains essential oil blue, is identified in only two samples of gorse grass wormwood harvested along agricultural fields and in M4 tracks, which explains the presence of a blue hue in these oils.

**Conclusion.** The chromato-mass spectrometric analysis of the essential oil of the studied samples of bitter wormwood grass made it possible to identify more than 70 different components in them, while the qualitative composition of the essential oil of the raw materials of different places of the workpiece was significantly different, which may indicate a significant influence of the place of growth of the species and anthropogenic factors on the features of the secondary metabolism of terpene compounds in the plant organism.

**Keywords:** Voronezh region, bitter wormwood, essential oil, agrocenoses, urbocenoses

**Conflict of interest.** The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Contribution of the authors.** Nina A. Dyakova invented and developed the experiment. Nina A. Dyakova, Irina M. Korenskaya conducted pharmacognostic research and calculations. All authors participated in the discussion of the results and writing of the article.

**For citation:** Dyakova N. A., Korenskaya I. M., Slivkin A. I. Comparative analysis of quality of essential oil of wormwood herb synanthropic flora of Voronezh region. *Drug development & registration*. 2023;12(2):104–112. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-2-104-112>

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к препаратам на основе растительно-го сырья возрастает с каждым годом. Это объясняется высокой терапевтической эффективностью таких лекарственных средств, а также, что наиболее важно, безвредностью и отсутствием побочных эффектов. При этом значительная доля заготовок лекарственных растений осуществляется в Центральной полосе России, отличающейся высокой плотностью населения, активной хозяйственной деятельностью, развитой сетью транспортных магистралей, большим количеством промышленных производств, интенсивными технологиями ведения сельского хозяйства [1, 2]. В данных условиях нарастает угроза заготовки растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, а потому актуальным становится выявление влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений [3–5].

Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) – многолетнее, синантропное растение, рефлекторно улучшающее секрецию желудочного сока и желчи, повышающее аппетит и оказывающее противовоспалительное действие [6–9]. Основу богатого химического состава травы полыни горькой составляют эфирные масла (до 0,8 %) и флавоноиды (до 1,8 %). Эфир-

ное масло полыни горькой включает до 90 компонентов, основными из которых являются хамазулен и цинеол, а также  $\beta$ -мирцен, нерил-2-метилбутаноат, нерил-3-метилбутаноат, линалоол,  $\beta$ -фарнезен, нафталенон, борнилацетат, геранил гексаноат,  $\beta$ -кариофиллен,  $\beta$ -бурбонен и др. Флавоноиды представлены преимущественно производными апигенина, артеметина, изорамнетина, кверцетина, кемпферола, патулетина, спинацетина. Также в сырье содержатся сесквитерпеновые лактоны (до 0,4 %), дубильные вещества (до 10,5 %), кумарины, сапонины, лигнаны, органические кислоты, фенолкарбоновые кислоты. Трава полыни горькой эффективно накапливает витамины ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ,  $B_9$ , C), макро- (калий, кальций, фосфор) и микроэлементы (бор, бром, железо, марганец, медь, цинк) [10–17].

Образование и накопление биологически активных веществ в растениях – сложный процесс, связанный с рядом факторов окружающей среды, в том числе антропогенных. Часто поллютанты выступают в роли ингибиторов или индукторов биосинтетических процессов. Известно, что в стрессовых для растения условиях обитания активизируется синтез веществ антиоксидантной активности – низкомолекулярных пептидов, органических кислот, флавоноидных соединений [18–22]. Так, ранее проведенные ис-

следования по изучению влияния различных последствий хозяйственной деятельности человека, в частности на накопление флавоноидов в траве полыни горькой, заготовленной в урбоценозах и агроценозах Центрального Черноземья, показали сильную вариабельность результатов: при умеренной антропогенной нагрузке отмечена индукция синтеза флавоноловых соединений, при повышении – подавление биосинтеза полифенолов, что можно объяснить угнетением антиоксидантной системы растения [2, 3, 5]. При этом данные о влиянии стрессовой антропогенной нагрузки на особенности компонентного состава эфирного масла практически отсутствуют.

**Цель работы** – изучение особенностей компонентного состава эфирного масла травы полыни горькой, заготовленной в агро- и урбоценозах Воронежской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор территорий для заготовки травы полыни горькой объясняется особенностями антропогенного воздействия. Для оценки эфирного масла полыни горькой в качестве зоны сравнения использовалась заповедная зона (контроль): Воронежский биосферный заповедник. Опытные зоны: зона с активной сельскохозяйственной деятельностью в Верхнехавском районе; химическое предприятие ОАО «Минудобрения»; территория вдоль крупной дороги – трасса М4 «Дон».

Заготовку травы полыни горькой проводили в соответствии с фармакопейными требованиями во время цветения растения, аккуратно срезая ножницами верхушки стеблей длиной 15–20 см. Использовали естественную сушку, под навесом, раскладывая толстым слоем по 30–40 см, периодически переворачивая. Выделение и определение содержания эфирного масла проводили в соответствии с ФС.2.5.0033.15 «Полыни горькой трава» и ОФС.1.5.3.0010.15 «Опре-

деление содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». На анализ брали по 20,0 г сырья, осуществляя перегонку в течение 3 ч [23]. Взвешивание проводили на аналитических весах AND GH-202 (AND, Япония). Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Определение компонентного состава полученных эфирных масел проводили на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent 7890B GC System (Agilent Technologies, США) с масс-селективным детектором Agilent 5977A MSD (Agilent Technologies, США). Температура узла ввода пробы – 310 °С, аналитического интерфейса – 290 °С. Разделение проводили на капиллярной колонке HP-5ms UI с неподвижной фазой (5 %-фенил)-метилполисилоксан (30 м × 0,250 мм × 0,25 μм). Скорость потока газа носителя – 1 мл/мин при постоянном потоке. Объем вводимой пробы – 1 мкл, деление потока 20:1; температурный режим: 40 °С – изотерма 5 мин, нагрев 5 °С/мин, до 65 °С, изотерма 5 мин, затем нагрев со скоростью 5 °С/мин до 180 °С, изотерма 1 мин, нагрев со скоростью 10 °С/мин до 270 °С, изотерма 1 мин, нагрев со скоростью 10 °С/мин до 320 °С, изотерма 3 минуты. Применялась ионизация «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Регистрацию сигнала проводили по полному ионному току (TIC) в диапазоне масс 20–550 m/z. Анализ и обработка данных осуществлялись на основании баз данных NIST11 (от 19.05.2011), использовалось программное обеспечение MassHunter ver. B.06.00 и NIST MS Search ver. 2.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования было проведено количественное определение эфирного масла в исследуемом сырье (таблица 1). Все проанализированное растительное сырье соответствует требованиям фармакопейной статьи по определяемому показателю [23]. Содержание эфирного масла в исследуемых

Таблица 1. Содержание эфирного масла в траве полыни горькой

Table 1. Content of essential oil in bitter wormwood herb

№ п/п No	Территория сбора Collection area	Содержание эфирного масла, % Amount of essential oil, %	Окраска эфирного масла Essential oil coloration
1	Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	1,85 ± 0,09	Оранжевая Orange
2	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	1,61 ± 0,06	Темно-коричневая с синеватым оттенком Dark brown with a bluish tinge
3	ОАО «Минудобрения» OJSC "Minudobreniya"	1,40 ± 0,09	Светло-желтая Light yellow
4	Автомобильная трасса М4 Highway M4	0,68 ± 0,05	Коричнево-синяя Brown-blue
Числовой показатель по ФС [23] Numerical indicator for pharmacopoeia article		Не менее 0,2 Not less than 0.2	–

образцах травы полыни горькой варьировало от 0,68 до 1,85 %.

При количественной оценке содержания эфирного масла нами была отмечена разная окраска выделяемого масла, изменяющаяся от светло-желтой и оранжевой до темно-коричневой и коричнево-синей, что указывало на актуальность изучения компонентного состава эфирного масла данных объектов.

Следующим этапом исследований было проведение хромато-масс-спектрометрического анализа эфирных масел травы полыни горькой (таблица 2) [24, 25].

Как следует из данных таблицы 2 в компонентном составе исследованных образцов эфирных масел полыни горькой наблюдаются различия как в качественном, так и в количественном отношении, что указывает на возможное влияние места произрастания и антропогенных факторов на особенности вторичного метаболизма терпеновых соединений в растительном организме. Всего было идентифицировано 73 компонента. Наибольшее количество соединений – 49, определено в образце травы полыни горькой, заготовленной в агроценозе. В остальных объектах зафиксировано от 41 до 45 соединений.

Качественный состав эфирных масел травы полыни горькой представлен монотерпеновыми ( $C_{10}$ ) и сесквитерпеновыми ( $C_{15}$ ) соединениями. В образце эфирного масла, полученного из заповедного сырья, на долю монотерпеновых соединений приходится более 82 %, а сесквитерпеновых соединений – 16,6 %, около 2 % составляют примеси органической природы. Интенсивный биосинтез монотерпенов отмечен в образце, собранном в районе сельскохозяйственных полей Верхнехавского района, его массовая доля – более 73 %. В образцах сырья, имеющих антропогенную нагрузку (ОАО «Минудобрения» и автомобильная трасса М4), доля монотерпеновых соединений значительно ниже (соответственно 63,7 и 49 %). Рост доли сесквитерпеновых соединений в последних образцах эфирного масла полыни, возможно, связан с избыточной кислотностью урбанизированных мест заготовки. Согласно литературным данным, присутствие ацетатов в почве увеличивает накопление в эфирных маслах сесквитерпеновых соединений, что обусловлено особенностями ацетатно-мевалонатного пути их биосинтеза [26].

Среди компонентов исследованных объектов можно выделить компоненты, присутствующие во всех эфирных маслах. К ним относятся:  $\beta$ -фелландрен (0,94–9,37 %),  $\beta$ -мирцен (1,76–15,79 %),  $n$ -цимен (0,33–3,46 %), эукалиптол (1,09–14,44 %),  $\gamma$ -терпинен (0,24–2,16 %),  $\beta$ -туйон (5,16–24,95 %),  $\alpha$ -туйон (6,62–11,04 %), миртенилацетат (0,60–42,81 %),  $\alpha$ -копаен (0,16–0,95 %),  $\beta$ -боурбонен (0,27–0,91 %), кариофиллен (0,54–1,46 %),  $\alpha$ -мууролен (0,17–0,42 %), 2-этил-4-метил-1,3-пентадиенилбензен (0,23–10,72 %), кедрен-13-ол (0,09–0,79 %), геранил- $n$ -цимен (0,35–1,65 %), терпинен-4-ол (1,67–5,13 %), нерил-2-метилбутаноат (0,67–17,83 %).

Доминирующим соединением во всех эфирных маслах полыни горькой является туйон, бициклический монотерпен, который обычно находится в двух стереоизомерных формах:  $\alpha$ - и  $\beta$ -туйоны (синоним: туйон и изотуйон). Максимальное содержание изомеров туйона определено в масле полыни заповедной зоны заготовки (около 36 %), меньше всего – в эфирном масле полыни, заготовленной вдоль сельскохозяйственных полей (около 15 %). Отмечено также, что больше всего  $\beta$ -мирцена (15,79 %) обнаружено в масле полыни из заповедника, эукалиптола (14,44 %) – в масле полыни, заготовленной около ОАО «Минудобрения», миртенилацетата (42,81 %) в эфирном масле, полученном из сырья травы, выросшей около сельскохозяйственных полей. Миртенилацетат – монотерпеновый эфир с фруктово-травянистым запахом, обладающий спазмолитическим действием, в большом количестве встречается в эфирных маслах мирта обыкновенного [27]. Во второй группе – компоненты идентифицированы только в отдельных образцах. Например, в масле полыни из заповедника не обнаружен фенхен, линалоол, сабинила ацетат, борнеол,  $\alpha$ -терпинеол, лавандуол и др. Примечательно, что сесквитерпеновое соединение хамазулен, окрашивающий эфирное масло в голубой цвет, определен только в двух образцах полыни горькой травы, заготовленных вдоль сельскохозяйственных полей и трассы М4, что объясняет наличие голубого оттенка в этих маслах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирных масел исследуемых образцов травы полыни горькой позволил идентифицировать в них более 70 различных компонентов, при этом качественный состав эфирного масла сырья различных мест заготовки заметно отличался, что может указывать на значительное влияние места произрастания вида и антропогенных факторов на особенности вторичного метаболизма терпеновых соединений в растительном организме. Отмечен рост доли сесквитерпеновых соединений в образцах ЭМ полыни горькой урбанизированных территорий, что, возможно, связано с избыточной кислотностью почв, повышающей биосинтез сесквитерпеновых соединений по ацетатно-мевалонатному пути.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова Н. А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях лопуха обыкновенного синантропной флоры Воронежской области. *Традиционная медицина*. 2021;2(65):47–52. DOI: 10.54296/18186173\_2021\_2\_47.
2. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Шишорина Л. А., Бобина Е. А., Великанова Л. А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой полыни горькой, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2020;23(7):15–21. DOI: 10.29296/25877313-2020-07-03.

Таблица 2. Компонентный состав эфирных масел травы полыни горькой

Table 2. Component composition of essential oils of bitter wormwood herb

№	Время удержи- вания, мин Retention time, min	Название компонента Component name	Место заготовки сырья Place of raw material procurement			
			Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	ОАО «Минудобрения» OJSC "Minudobreniya"	Автомобильная трасса М4 Highway M4
1	3,847	3-гексанон 3-hexanone	-	-	-	0,27
2	7,688	1-циклопентилэтил-2-фенилацетат 1-cyclopentylethyl-2-phenylacetate	-	0,37	-	-
3	7,991	3,5-диметилотан 3,5-dimethyloctane	0,14	-	0,16	-
4	8,026	12-метил-1,5,9,11-тридекатетраен 12-methyl-1,5,9,11-tridecatetraene	0,4	-	-	0,2
5	8,082	15-хлоро-13-оксабициклопентадекан 15-Chloro-13-oxabicyclopentadecane	-	0,29	-	0,29
6	8,195	4,5-диэтилоктан 4,5-diethyloctane	0,62	0,25	0,44	-
7	8,347	1-метилэтилбензен 1-methylethylbenzene	-	0,59	-	-
8	8,429	4-карен 4-karene	-	-	1,02	0,39
9	8,494	α-пинен α-pinene	-	-	-	0,2
10	8,564	α-фелландрен α-fellandrene	3,03	1,13	1,73	-
11	8,629	1-хлоротетрадекан 1-Chlorotetradecane	-	0,44	-	-
12	8,789	2,6-диметилотан 2,6-dimethyloctane	0,19	0,12	0,23	-
13	9,049	α-фенхен α-fenkhene	-	0,15	0,52	0,17
14	10,085	β-фелландрен β-fellandrene	9,37	1,79	0,96	0,94
15	10,935	β-мирцен β-mirtsene	15,79	5,14	8,16	1,76
16	11,950	1-л-ментен 1-p-mentene	1,24	0,22	0,63	-
17	12,340	п-цимен p-cymene	2,17	1,23	3,46	0,33
18	12,522	эукалиптол eukaliptole	1,77	1,13	14,44	1,09
19	14,312	γ-терпинен γ-terpinene	2,16	0,45	1,39	0,24
20	15,145	1,2-оксолиналоол 1,2-oxolinaloole	0,87	1,46	-	2,52
21	16,155	линалоола оксид linalool oxide	-	1,2	0,71	-
22	16,198	α-терпинеол α-terpineole	0,87	-	0,65	-
23	16,948	β-туйон β-tuyone	24,95	5,16	13,68	20,54

№	Время удерживания, мин Retention time, min	Название компонента Component name	Место заготовки сырья Place of raw material procurement			
			Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	ОАО «Минудобрения» OJSC "Minudobreniya"	Автомобильная трасса М4 Highway M4
24	17,546	α-туйон α-tuione	11,04	9,76	6,62	7,62
25	17,889	геранилвиниловый эфир geranylvinyl ether	-	0,2		0,21
26	18,435	2-циклогексен-1-ол 2-cyclohexen-1-ole	0,18	-	0,15	-
27	18,782	сабинила ацетат sabinyl acetate	-	0,94	0,62	0,34
28	18,830	3-циклогексен-1-карбинол 3-cyclohexene-1-carbinole	0,27	-	-	
29	19,532	1,2-эпоксидциклододекан 1,2-epoxycyclododecane	0,4	0,34	-	0,22
30	19,809	тетрагидроактинидиолид tetrahydroactinidiolide	0,48	-	-	-
31	19,840	эндо-борнеол endo-borneole	-	0,09	1,41	-
32	20,369	терпинен-4-ол terpinen-4-ole	5,13	1,67	3,04	2,14
33	20,993	α-терпинеол α-terpineole	-	0,13	0,41	0,31
34	21,284	9,10-диметилтрициклодекан-9,10-диол 9,10-dimethyltricyclodecan-9,10-diole	-	-	-	0,19
35	21,929	3-карен 3-karene	0,83	-	0,64	-
36	23,577	изовербинила ацетат isoverbinyl acetate	-	-	0,57	-
37	24,626	миртенилацетат myrtenylcetate	0,6	42,81	2,72	9,63
38	27,019	α-копаен kopaene	0,27	0,16	0,95	0,29
39	27,253	β-боурбонен β-bourbonene	0,27	0,33	0,91	0,69
40	27,500	β-элемен β-elemene	-	0,11	0,26	0,43
41	27,773	α-акоренол α-akorenole	-	-	0,14	-
42	27,912	4-гидрокси-β-ионон 4-gidroksi-β-ionone	-	0,08	-	0,14
43	28,181	Кариофиллен karyophyllene	1,46	0,82	0,54	0,93
44	28,450	лавандуол lavanduole	-	0,34	0,72	1,17
45	29,091	1,5,9,9-тетраметил-1,4,7-циклоундекатриен 1,5,9,9-tetramethyl-1,4,7-cycloundecatriene	0,14	0,09	-	0,12
46	29,343	ледена оксид ledene oxide	-	-	-	0,21

№	Время удерживания, мин Retention time, min	Название компонента Component name	Место заготовки сырья Place of raw material procurement			
			Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	ОАО «Минудобрения» OJSC "Minudobreniya"	Автомобильная трасса М4 Highway M4
			Массовая доля в образце (от общей суммы), % Mass fraction in sample (of total amount), %			
47	29,824	β-копаен β-kopayene	0,32	-	-	-
48	29,950	леден ledene	0,75	0,23	1,16	-
49	30,162	фарнезола ацетат farnesol acetate	-	-	1,6	3,3
50	30,180	линалил изобутират linalyl isobutyrate	-	0,65	-	-
51	30,210	неролидила ацетат nerolidyl acetate	0,28	-	-	-
52	30,669	2-этил-4-метил-1,3-пентадиенилбензен 2-ethyl-4-methyl-1,3-pentadienylbenzene	2,05	5,07	10,72	0,23
53	30,956	α-мууролен α-muurolene	0,2	0,17	0,42	0,31
54	31,216	5,5-диметил-4-(3-метил-1,3-бутадиенил)- 1-оксапирооктан 5,5-dimethyl-4-(3-methyl-1,3-butadienyl)- 1-oxaspirooctane	0,29	0,25	-	0,19
55	31,393	2-(п-хлорофенил)- изопропилидене-циклопропан 2-(p-chlorophenyl)- isopropylidene-cyclopropane	-	-	0,24	-
56	31,653	аромадендрена оксид aromadendrene oxide	-	-	0,18	-
57	32,178	спатуленол spatulenole	0,32	0,37	1,44	-
58	32,243	цитронеллила сенециоат citronellyl senecioate	-	-	-	16,01
59	32,273	кариофиллена оксид caryophyllene oxide	3,53	5,66	-	-
60	32,408	нерил-2-метилбутаноат neryl-2-methylbutanoate	0,67	2,01	13,01	17,83
61	32,872	метил-фарнезол methyl-farnesole	-	0,49	0,59	-
62	33,015	α-изометил ионон α-izometil ionone	-	0,25	0,3	0,44
63	34,025	γ-селинен γ-selinene	0,58	2,27	-	0,47
64	35,261	андроста-1,4,6-триен-3,17-дион androsta-1,4,6-triene-3,17-dione	0,14	-	0,24	-
65	35,599	хамазулен chamazulene	-	0,72	-	1,08
66	36,180	2,6,10-триметилтетрадекан 2,6,10-trimethyltetradecane	-	-	0,13	-
67	38,057	гексагидрофарнезил ацетон hexahydrofarnesyl acetone	-	-	-	0,55

№	Время удерживания, мин Retention time, min	Название компонента Component name	Место заготовки сырья Place of raw material procurement			
			Воронежский государственный заповедник Voronezh State Reserve	Сельскохозяйственные поля Верхнехавского р-на Agricultural fields of the Verkhnekhavsky district	ОАО «Минудобрения» OJSC "Minudobreniya"	Автомобильная трасса М4 Highway M4
68	38,616	геранил-α-терпен geranil-α-terpene	-	-	-	0,17
69	39,041	кедрен-13-ол cedar-13-ole	0,17	0,09	0,34	0,79
70	39,561	7,9-дитертбутил-1-оксаспиро(4,5)дека- 6,9-диен-2,8-дион 7,9-Ditertbutyl-1-oxaspiro(4,5)deca- 6,9-diene-2,8-dione	0,74	0,15	0,7	0,25
71	40,316	геранил-п-цимен geranyl-p-cymene	1,65	0,37	0,35	0,9
72	41,165	нуциферол nuciferole	2,44	0,72	-	1,35
73	41,269	α-куркумен α-kurkumene	-	1,11	-	2,03
Всего идентифицировано Total identified			98,77	98,97	99,30	99,48

- Бубенчикова В. Н., Дьякова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы полыни горькой. *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2019;3(25):36–44.
- Королёв А. С., Гладышев А. А., Юткина И. С. Особенности накопления биоэлементов в надземной части *Artemisia absinthium* L. на шламовом поле криолитового завода. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014;5(49):159–161.
- Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем полыни горькой. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2020;4:445–453. DOI: 10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453.
- Северин А. П., Сипливая Л. Е., Яцюк В. Я., Чулков А. Н., Новиков О. О., Жилиякова Е. Т., Кочкаров В. И. О комплексном использовании сырья полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.) для получения фитопрепаратов. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2011;4–2(99):134–137.
- Денисов И. В., Букатин М. В. Влияние эфирного масла полыни горькой на эмоциональный статус крыс в условиях биологического эксперимента. *Успехи современного естествознания*. 2011;8:33.
- Кароматов И. Д., Каххорова С. И. Лекарственное растение полынь горькая-химический состав, лечебные свойства. *Биология и интегративная медицина*. 2018;9(26):84–101.
- Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1179 с.
- Бузук Г. Н., Эльяшевич Е. Г. Фармакогностическая характеристика полыни горькой *Artemisia absinthium* L. Обзор литературы. *Вестник фармации*. 2009;4(46):87–97.
- Торыбаев Ж. С. Сравнительный анализ методик выделения биологически активных веществ на примере полыни горькой и туи западной. *Евразийское Научное Объединение*. 2020;7–3(65):146–148.
- Платонов В. В., Сухих Г. Т., Волочаева М. В., Хадарцев А. А., Дунаева И. В. Химический состав органического вещества полыни горькой (*Artemisia absinthium* L., семейство сложноцветных). *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2019;5:149–162.
- Martínez-Díaz R. A., Ibáñez-Escribano A., Burillo J., de Las Heras L., Del Prado G., Agulló-Ortuño M. T., Julio L. F., González-Coloma A. Trypanocidal, trichomonocidal and cytotoxic components of cultivated *Artemisia absinthium* Linnaeus (Asteraceae) essential oil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2015;110(5):693–699. DOI: 10.1590/007402760140129.
- Mihajilov-Krstev T., Jovanovic B., Jovic J., Ilic B., Miladinovic D., Matejic J., Rajkovic J., Dortfevic L., Cvetkovic V., Zlatkovic B. Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of *Artemisia absinthium* essential oil. *Planta Medica*. 2014;80(18):1698–1705. DOI: 10.1055/s-0034-1383182.
- Monzote L., Pinon A., Sculli R., Setzer W. N. Chemistry and leishmanicidal activity of the essential oil from *Artemisia absinthium* from Cuba. *Natural Product Communications*. 2014;9(12):1799–1804. DOI: 10.1177/1934578x1400901236
- Алякин А. А., Ефремов А. А., Ангаскиева А. С., Гребенникова В. В. Химический состав эфирных масел *Artemisia absinthium* L. и *Artemisia vulgaris* L. произрастающих на территории Красноярского края. *Химия растительного сырья*. 2011;3:123–127.

17. Ханина М. А., Серых Е. А., Покровский Л. М., Ткачева А. В. Новые данные по химическому составу эфирного масла *Artemisia absinthium* L. *Химия растительного сырья*. 2000;3:33–40.
18. Rice-Evans C. A., Miller N. J., Papanga G. Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996;20:933–956. DOI: 10.1016/0891-5849(95)02227-9.
19. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002;5:218–223. DOI: 10.1016/S1369-5266(02)00256-X.
20. Loreto F., Schnitzler J. P. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds. *Trends in Plant Science*. 2010;15(3):154–166. DOI:10.1016/j.tplants.2009.12.006.
21. Ferdinando M. D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. In: *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*. NY: Springer New York. 2012. P. 159–179. DOI: 10.1007/978-1-4614-0634-1\_9.
22. Баяндина И. И., Загуская Ю. В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;8:107–111.
23. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. М.: ФЭМБ; 2018. 1883 с.
24. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Офсет; 2008. 969 с.
25. Adams R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp.; 2007. 804 p.
26. Артюшина И. Ю., Верховцева Н. В. Изменение компонентного состава смеси душистых веществ, выделяемых розой, в зависимости от состава питательного раствора. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2013;2:41–46.
27. Хлыпенко Л. А., Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Феськов С. А., Марко Н. В. Малораспространенные ароматические растения как источник эфирных масел широкого спектра действия. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2015;141:110–117.
8. Karomatov I. D., Kahkhorova S. I. Herb the wormwood bitter – the chemical composition, medicinal properties. *Biology and integrative medicine*. 2018;9(26):84–101. (In Russ.)
9. Kurkin V. A. Pharmacognosy. Samara: Ofort; 2004. 1179 p. (In Russ.)
10. Buzuk G. N., El'yashevich E. G. Pharmacognostic characteristics of wormwood *Artemisia absinthium* L. Literature review. *Herald of pharmacy*. 2009;4(46):87–97. (In Russ.)
11. Torybaev Zh. S. Comparative analysis of methods for isolating biologically active substances on the example of wormwood and western arborvitae. *Eurasian Scientific Association*. 2020;7–3(65):146–148. (In Russ.)
12. Platonov V. V., Sukhikh G. T., Volochaeva M. V., Khadarsev A. A., Dunaeva I. V. Chemical composition of organic matter of wormwood (*Artemisia absinthium* L., family Asteraceae). *Bulletin of new medical technologies. Electronic edition*. 2019;5:149–162. (In Russ.)
13. Martínez-Díaz R. A., Ibáñez-Escribano A., Burillo J., de Las Heras L., Del Prado G., Agulló-Ortuño M. T., Julio L. F., González-Coloma A. Trypanocidal, trichomonocidal and cytotoxic components of cultivated *Artemisia absinthium* Linnaeus (Asteraceae) essential oil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2015;110(5):693–699. DOI: 10.1590/007402760140129.
14. Mihajilov-Krstev T., Jovanovic B., Jovic J., Ilic B., Miladinovic D., Matejic J., Rajkovic J., Dortfevic L., Cvetkovic V., Zlatkovic B. Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of *Artemisia absinthium* essential oil. *Planta Medica*. 2014;80(18):1698–1705. DOI: 10.1055/s-0034-1383182.
15. Monzote L., Pinon A., Sculli R., Setzer W. N. Chemistry and leishmanicidal activity of the essential oil from *Artemisia absinthium* from Cuba. *Natural Product Communications*. 2014;9(12):1799–1804. DOI: 10.1177/1934578x1400901236
16. Alyakin A. A., Efremov A. A., Angaskieva A. S., Grebennikova V. V. The chemical composition of the essential oils of *Artemisia absinthium* L. and *Artemisia vulgaris* L. growing on the territory of the Krasnoyarsk Territory. *Chemistry of plant raw materials*. 2011;3:123–127. (In Russ.)
17. Hanina M. A., Seryh E. A., Pokrovskij L. M., Tkacheva A. V. New data on the chemical composition of *Artemisia absinthium* L. essential oil. *Chemistry of plant raw materials*. 2000;3:33–40. (In Russ.)
18. Rice-Evans C. A., Miller N. J., Papanga G. Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*. 1996;20:933–956. DOI: 10.1016/0891-5849(95)02227-9.
19. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effect of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002;5:218–223. DOI: 10.1016/S1369-5266(02)00256-X.
20. Loreto F., Schnitzler J. P. Abiotic stresses and induced biogenic volatile organic compounds. *Trends in Plant Science*. 2010;15(3):154–166. DOI:10.1016/j.tplants.2009.12.006.
21. Ferdinando M. D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. In: *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*. NY: Springer New York. 2012. P. 159–179. DOI: 10.1007/978-1-4614-0634-1\_9.
22. Bayandina I. I., Zaguskaya Y. V. The relationship of secondary metabolism and chemical elements in medicinal plants. *Siberian Medical Journal*. 2014;8:107–111. (In Russ.)
23. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB; 2018. 1883 p. (In Russ.)
24. Tkachev A. V. Plant Volatile Substances Study. Novosibirsk: Ofset; 2008. 969 p. (In Russ.)
25. Adams R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publ. Corp.; 2007. 804 p.
26. Artyushina I. Yu., Verhovceva N. V. Changes in the component composition of a mixture of aromatic substances emitted by a rose, depending on the composition of the nutrient solution. *Problemy agrohimii i ekologii*. 2013;2:41–46. (In Russ.)
27. Hlypenko L. A., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Fes'kov S. A., Marko N. V. Rare aromatic plants as a source of broad-spectrum essential oils. *Sbornik nauchnyh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 2015;141:110–117. (In Russ.)

## REFERENCES

1. D'yakova N. A. Features of accumulation of biologically active substances in roots of common burdock synanthropic flora of Voronezh region. *Traditional Medicine*. 2021;2(65):47–52. (In Russ.) DOI: 10.54296/18186173\_2021\_2\_47.
2. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., SHishorina L. A., Bobina E. A., Velikanova L. A. Study of features of accumulation of flavonoids by grass of bitter pollen collected in various urban and agriobioses of the Voronezh Region. *Problems of Biological Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2020;23(7):15–21. (In Russ.) DOI: 10.29296/25877313-2020-07-03.
3. Bubenschikova W. N., D'yakova N. A., Gaponov S. P., Slivkin A. I. Assessment of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials in the Central Black-soil region on the example of the grass of the sage-brush bitter. *Quality assurance of medicines*. 2019;3(25):36–44. (In Russ.)
4. Korolyov A. S., Gladyshev A. A., Yutkina I. S. Features of accumulation of bioelements in the aerial part of *Artemisia absinthium* L. in the sludge field of a cryolite plant. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2014;5(49):159–161. (In Russ.)
5. D'yakova N. A. Accumulation of Heavy Metals and Arsenic by Medicinal Plant Raw Material of Bitter Hollow. *News of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2020;4:445–453. (In Russ.) DOI: 10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453.
6. Severin A. P., Siplivaya L. E., Yacyuk V. Ya., CHulkov A. N., Novikov O. O., Zhilyakova E. T., Kochkarov V. I. On the complex use of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) to obtain phytopreparations. *Scientific statements of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy*. 2011;4-2(99):134–137. (In Russ.)
7. Denisov I. V., Bukatin M. V. Effect of essential oil of wormwood on the emotional status of rats in a biological experiment. *The successes of modern natural science*. 2011;8:33. (In Russ.)