

На правах рукописи



Чубукина Татьяна Константиновна

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСТРАКТАХ
НЕКОТОРЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА АСТРОВЫЕ**

1.4.2. Аналитическая химия (химические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук**

**Краснодар
2026**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный университет»

Научный руководитель:

Темердашев Зауаль Ахлоович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Карцова Людмила Алексеевна
доктор химических наук, профессор, профессор
кафедры органической химии ФГБОУ ВО
«Санкт–Петербургский государственный
университет»

Балаева Шамсият Абдулмеджидовна
кандидат химических наук, доцент кафедры
аналитической и фармацевтической химии
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
университет»

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«Северный (Арктический) федеральный
университет имени М. В. Ломоносова»**
(г. Архангельск)

Защита диссертации состоится 24 декабря 2026 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета 24.2.320.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «КубГУ», по адресу: 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, д. 149, ауд. 3030Л. С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «КубГУ», на сайтах ВАК Минобрнауки РФ <http://vak.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «КубГУ» <http://www.kubsu.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Киселева
Наталия Владимировна

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Растительные объекты содержат богатый комплекс биологически активных веществ (БАВ), обуславливающих их физиологическую активность в организме человека/животного и позволяющих использовать растительное сырье в медицинских целях, профилактике и лечении целого комплекса заболеваний. Широкое распространение при производстве препаратов терапевтического воздействия получили лекарственные растения семейства Астровые (*Asteraceae*) – полынь, эхинацея, тысячелистник, ромашка, арника, череда трёхраздельная и другие. Представители семейства Астровые включают более 32 тысяч видов, распространённых по всему земному шару и представленных во всех климатических зонах. В медицинских целях используют полынь, эхинацею, тысячелистник, некоторые виды ромашки, арнику, череду трёхраздельную и пр. Лекарственные растения этого семейства обладают антиоксидантной активностью, проявляют разнообразные терапевтические свойства, обусловленные наличием в их составе комплекса ряда действующих соединений. Одним из наиболее широко распространённых классов веществ в составе лекарственного растительного сырья (ЛРС) являются фенольные соединения (ФС), включающие в себя кумарины, флавоноиды, антраценпроизводные и дубильные вещества, определяющие их ценность и качество.

Несмотря на достаточную распространённость применения лекарственного сырья семейства Астровые, химический состав многих растений из этого семейства изучен не в достаточной мере. Сведения по содержанию БАВ в ЛРС пополняются благодаря совершенствованию способов извлечения из растительных матриц и разработке новых методик их определения. Существует значительное число нормативных документов по определению и контролю качества лекарственных трав и препаратов на их основе, но имеются недостатки, связанные со сложностью определения индивидуальных БАВ, низкой чувствительностью, трудоемкостью и продолжительностью пробоподготовки. Важным и малоизученным аспектом являются взаимосвязи содержания БАВ в экстрактах ЛРС от места произрастания и морфологической части растения, используемой для их извлечения. Не только условия произрастания растения (влажность, освещённость, высота над уровнем моря), но и параметры извлечения (растворитель, температура, продолжительность, воздействие других физических факторов) могут влиять на селективность и эффективность экстракции.

Методы высокоэффективной жидкостной (ВЭЖХ) и газовой хроматографии (ГХ) наиболее полно позволяют идентифицировать и определять содержание БАВ в нативном виде в ЛРС семейства Астровые, что важно для оценки их фармакологической активности. Большое количество лекарственных растений из данного семейства, перспективных для фармакологического использования, не в полной мере изучены, а публикации различных исследователей по компонентному составу экстрактов противоречивы, их сложно интерпретировать из-за отсутствия полноты сведений об условиях и месте произрастания, что подчеркивает актуальность выбранной темы.

Диссертационное исследование выполнялось в рамках проекта Госзадания Минобрнауки РФ № FZEN–2023–0006 и № FZEN-2020-0022 с использованием научного оборудования ЦКП «Эколого–аналитический центр» ФГБОУ ВО «КубГУ».

Цель диссертационного исследования – идентификация, разработка методик хроматографического определения индивидуального и суммарного содержания фенольных соединений и эфирномасличных компонентов в экстрактах различных способов извлечения из ряда растений семейства Астровые (*Asteraceae*) – ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.), стевии медовой (*Stevia rebaudiana* Bertoni) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.), Людовика (*Artemisia Ludoviciana* N.), лечебной (*Artemisia absinthium* L.), эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.), однолетней (*Artemisia annua* L.) и кавказской (*Artemisia alpina* G.).

Для достижения поставленной цели решали следующие **задачи**:

- изучение особенностей хроматографического определения ФС в экстрактах из ЛРС;
- идентификация и определение ФС в экстрактах из ЛРС;
- оценка эффективности различных способов извлечения ФС из ЛРС в водные и водно-спиртовые растворы для определения индивидуальных и суммарных их содержаний;
- ГХ-МС-определение эфирномасличных компонентов в экстракте из ромашки аптечной;
- влияние видовых особенностей, географических и морфологических факторов на формирование фенольного профиля исследуемых лекарственных растений;
- оценка влияния суммарного содержания определяемых аналитов в экстрактах разных видов полыни на их биологическую активность.

Научная новизна. Изучены особенности и разработаны схемы ВЭЖХ определения индивидуального и суммарного содержания фенольных соединений в экстрактах растений семейства Астровые (*Asteraceae*) – ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.), стевии медовой (*Stevia rebaudiana* Bertoni) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.), Людовика (*Artemisia Ludoviciana* N.), лечебной (*Artemisia absinthium* L.), эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.), однолетней (*Artemisia annua* L.) и кавказской (*Artemisia alpina* G.) – в различных условиях извлечения.

Оценена эффективность способов экстракции и выхода целевых компонентов из ЛРС в условиях различных физических, морфологических и географических факторов их произрастания. Проведено ГХ-МС-определение летучих органических соединений (ЛОС) в экстрактах ромашки аптечной и оценено влияние способов экстракции на компонентный состав ЛОС, а также влияние суммарного содержания определяемых аналитов в экстрактах разных видов полыни на биологическую активность.

Практическая значимость. Хроматографическое определение ФС в экстрактах ромашки аптечной, стевии медовой и полыни кавказской в обращенно-фазовом режиме на колонке с модифицированным октадецильными группами силикагелем расширило возможные схемы трансформации компонентов в различных условиях выделения, включая воздействие физических полей (УЗЭ, МВЭ, СКЭ).

Показано существенное влияние на количественные и качественные характеристики способов извлечения компонентов и составов экстрагентов. По содержанию ФС в экстрактах цветов ромашки и стевии различных производителей изучены зависимости концентрации целевых компонентов от географического места их произрастания. Значения антиоксидантной активности (АОА) водно-спиртовых и водных экстрактов из листьев стевии медовой разных производителей позволили оценить вклад индивидуальных ФС в величину АОА. По результатам определения суммарного содержания ФС и АОА полыни Людовика показана возможность ее фармакологического применения.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований особенностей хроматографического определения ФС и ЭМК в экстрактах из ЛРС семейства Астровые;
- данные исследований по оценке эффективности различных способов извлечения ФС из ЛРС в водные и водно-спиртовые растворы по концентрациям индивидуальных и суммарным их содержаниям;
- результаты исследований по влиянию видовых особенностей, географических и морфологических факторов на формирование фенольного профиля исследуемых лекарственных растений;
- условия извлечения различными способами ЛОС из ромашки аптечной и условия их ГХ-МС-определения.

Достоверность результатов, научных положений и выводов диссертационного исследования подтверждается удовлетворительным согласованием литературных и экспериментальных данных по теме исследования, репрезентативностью выборки полученного анализируемого материала, использованием методов хроматографии для получения экспериментальных данных, воспроизводимостью экспериментальных результатов и не противоречивостью с литературными данными по данной тематике.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждены на I Международной научно-практической конференции (Кемерово, 2021 г.), Всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский материаловедческий форум» (Улан-Удэ – оз. Байкал, 2022г.), VII– XI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых (г. Ростов-на-Дону, 2022–2026 г.), XXIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» (г. Томск, 2023 г.), IV Всероссийской конференции по аналитической спектроскопии «Аналитическая хроматография и капиллярный электрофорез» с международным участием (г. Краснодар, 2023 г.), XXII Менделеевском съезде по общей и прикладной химии (Федеральная территория «Сириус», 2024 г.), VII Всероссийском симпозиуме «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии» с международным участием (г. Краснодар, 2025 г.), V Всероссийской конференции по аналитической спектроскопии (г. Краснодар, 2026).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 4 статьи, 14 тезисов докладов на научных конференциях.

Личный вклад соискателя состоял в выполнении экспериментальных работ, систематизации и интерпретации полученных данных, подготовке докладов на конференциях, практической апробации результатов. Формулировка целей и задач исследования, а также оформление публикаций выполнены совместно с научным руководителем.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и практическая значимость, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В обзоре литературы описаны некоторые способы экстракции биологически активных веществ из растений семейства Астровые (*Asteraceae*) и методы их анализа. Показано, что на селективность и эффективность извлечения целевых аналитов влияют параметры процесса; для определения индивидуальных соединений обычно используют высокоэффективную жидкостную или газовую хроматографию с разными вариантами детектирования, а суммарное содержание фенольных соединений оценивают спектрофотометрически. Отмечено, что качественный и количественный состав растительных экстрактов и их биологическая активность зависят от ряда факторов: вида растения, погодных условий произрастания, высоты над уровнем моря.

В экспериментальной части приведены средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы и материалы; описаны объекты исследования, способы извлечения ФС, ЭМК и ЛОС, а также условия их определения в экстрактах ЛРС семейства Астровые. Обсуждается возможность оценки корреляционной зависимости содержания ФС от антиоксидантной активности экстрактов ЛРС.

Объектами исследования были цветки ромашки аптечной производителя «Родные травы» (республика Адыгея и Краснодарский край, 2021–2024 гг.); торговых марок «ФармаЦвет» (Московская обл., г. Красногорск), «Грин Сайд» (Алтайский край, г. Барнаул) и «Фитофарм» (Краснодарский край, г. Анапа); цветки ромашки аптечной, собранные на территории г. Краснодара в 2022 г., в ботаническом саду КубГУ (г. Краснодар) в 2022–2024 гг. и Камышановой поляне (Лагонакское нагорье, хребет Азиштау, биологическая станция «Камышанова поляна» им. В. Я. Нагалеvского, Апшеронский район Краснодарский край) в 2024 г.; образцы ромашки безъязычковой, 2024 г. (Лагонакское нагорье, хребет Азиштау, биологическая станция «Камышанова поляна» им. В.Я. Нагалеvского, Апшеронский район Краснодарский край); образцы листьев стевии медовой, собранные на территориях республик Крым (интернет-магазин «Родные травы») и Алтай (производитель ООО «Ларец Алтая»; интернет-магазин «ФитоКонтинент»); образцы полыни обыкновенной, Людовика, лечебной, эстрагона, однолетней и кавказской, собранные на территории ботанического сада КубГУ в 2023–2025 гг. (г. Краснодар).

Исследования проводили на жидкостном хроматографе LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония) с колонкой Luna C18 100A, 250×2.0 мм, 5 мкм (Phenomenex, США) со спектрофотометрическим детектором на основе диодной матрицы SPD-M20A, масс-

спектрометрического детектора LCMS2010EV; газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP2010 Plus (Япония) на кварцевой капиллярной колонке HP-ULTRA 1 (Agilent Technologies, США). Для УЗ извлечения компонентов использовали УЗ-ванну УЗВ-4.0/1 ТТЦ (Сапфир, Россия); микроволновую экстракцию проводили на установке «ETNOS One» (Milestone, Италия); субкритическую – на специально собранной экспериментальной установке.

В главе **Обсуждение результатов** приведены данные по эффективности извлечения ФС, ЭМК и ЛОС из образцов ромашки аптечной, стевии медовой и полыни кавказской в зависимости от условий экстракции. Оценено влияние географических (высота над уровнем моря, температура, влажность) и морфологических факторов на содержание ФС в полученных извлечениях и антиоксидантную активность ЛРС. Обсуждаются фенольные профили некоторых видов полыни по результатам ВЭЖХ-ДМД-анализа, имеющих отличия в качественном и количественном составе экстрактов. Изучены способы извлечения ЛОС из ромашки аптечной, условия их ГХ-МС-определения. Оценены суммарное содержание ФС и антиоксидантная активность водных экстрактов разных видов полыни.

ГХ-МС и ВЭЖХ-ДМД-МС определение аналитов в экстрактах ЛРС

Идентификацию и определение целевых компонентов в водных и водно-спиртовых экстрактах ЛРС проводили методами ГХ-МС и ВЭЖХ-ДМД-МС с применением стандартных образцов индивидуальных соединений, анализом спектров поглощения и масс-спектров соединений с учетом литературных данных.

ГХ-МС-определение ЭМК и ЛОС в экстрактах ЛРС проводили на хроматографе Shimadzu GC-2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP2010 Plus на кварцевой капиллярной колонке HP-ULTRA 1 (50 м×0.20 мм, 0.33 мкм) с использованием программируемого режима нагрева колонки, гелия при линейной скорости потока 25.1 см/мин в качестве газа-носителя. Летучие компоненты идентифицировали сопоставлением полученных масс-спектров со спектрами индивидуальных соединений и данными библиотек NIST07, WILEY8. Эксперименты проводили в трех повторностях, содержания аналитов в экстрактах оценивали внутренней нормировкой по площадям пиков и методом внутреннего стандарта, в качестве которого использовали раствор туйона в ацетоне с концентрацией 5 мкг/мл. На рис. 1 приведена ГХ-МС-хроматограмма в оптимизированных условиях анализа на примере раствора эфирного масла ромашки аптечной в гексане, по данным которой идентифицировали более 20 ЭМК. Большая часть ЭМК относилась к сесквитерпенам, макрокомпонентами были β-фарнезен (4.90 мкг/г), α-оксид бисаболола В (34.46 мкг/г), оксид бисаболола А (37.63 мкг/г), а также хамазулен (3.96 мкг/г), наличие которого подтверждает натуральность извлечения. Применение ДЖЖМЭ позволило идентифицировать в ароматной воде 20 компонентов, относящихся к различным классам кислородсодержащих соединений. Основными макрокомпонентами экстрактов были α-оксид бисаболола В и оксид бисаболола А. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что ароматная вода ромашки аптечной содержит больше легколетучих компонентов в

сравнении с эфирным маслом. В ацетоновом экстракте цветов ромашки аптечной, полученном в субкритических условиях, по результатам ГХ-МС анализа основными макрокомпонентами установлены ен-ин-дициклоэфир (190.2 мкг/г) и оксид бисаболола А (103.5 мкг/г), содержание которых значительно выше, чем в эфирном масле и ароматной воде. При этом концентрация α -оксида бисаболола В оказалась в три раза ниже, чем в эфирном масле. Аналогичные результаты были получены и для других оксигенированных соединений, образующихся при длительном температурном воздействии. Отсутствие хамазулена в экстракте, по-видимому, можно объяснить неполнотой протекания термического окисления матрикарина, продуктом которого он является.

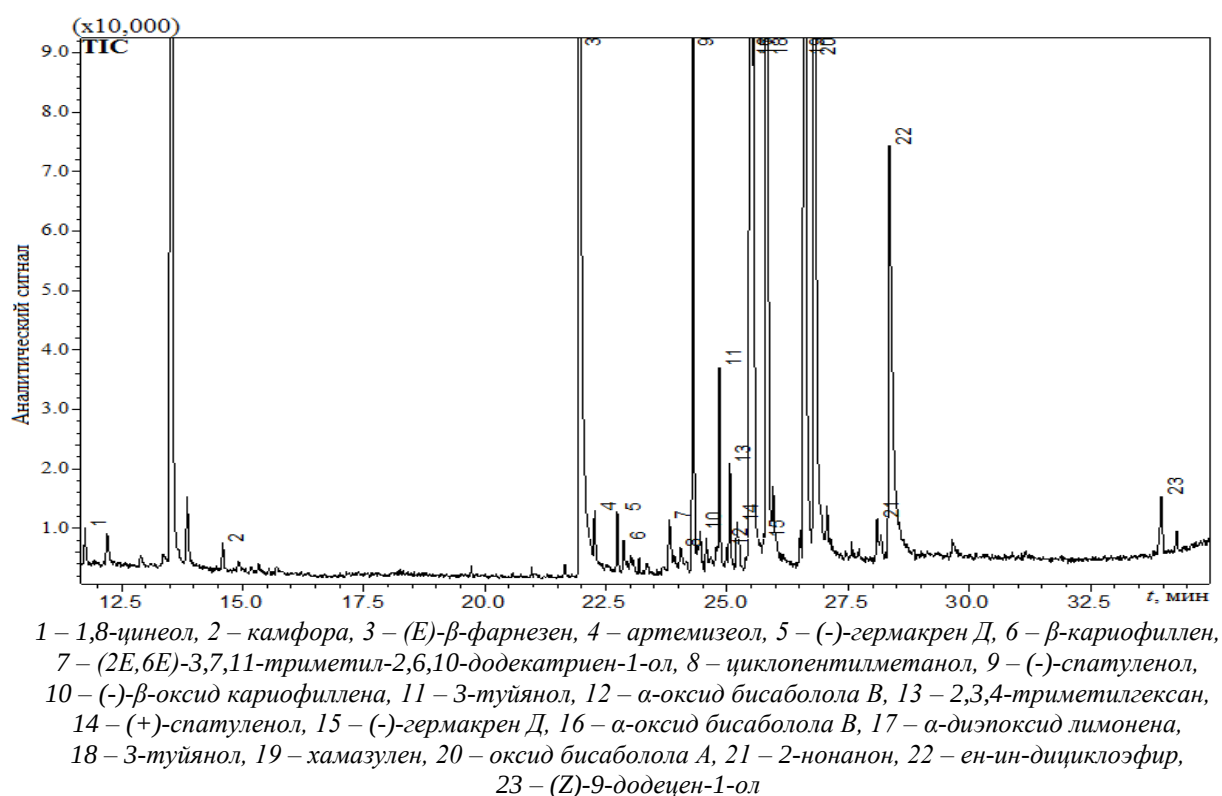
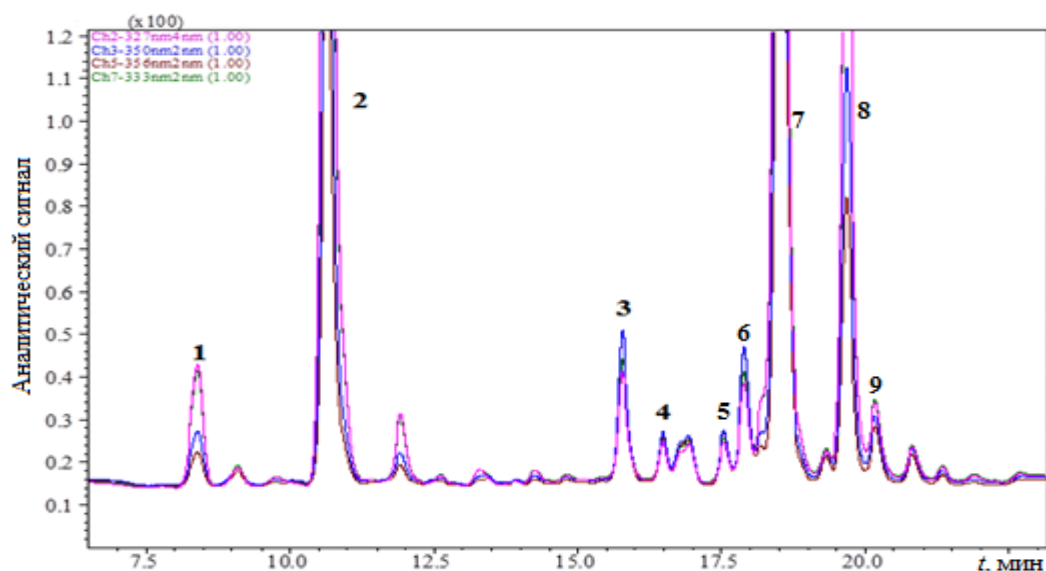


Рисунок 1 – ГХ-МС-хроматограмма раствора эфирного масла ромашки аптечной в гексане

Условия ВЭЖХ-ДМД-МС определения аналитов в экстрактах ЛРС устанавливали с учетом экспериментальных и литературных данных на системе высокоэффективной жидкостной хроматографии LC-20 Prominence, включающей дегазатор DGU-20A5, насос LC20AD, автоматический дозатор SIL-20A, термостат колонок CTO-20AC, с диодно-матричным SPD-M20A и масс-спектрометрическим LCMS2010EV детекторами. Разделение фенольных соединений проводили на колонке Luna C18 (100Å, 250×2.0 мм, 5 мкм). Были изучены и оптимизированы условия ВЭЖХ-разделения компонентов в экстрактах растений, включающие программу градиентного элюирования, скорость потока подвижной фазы (ацетонитрил – 0.1%-ный водный раствор муравьиной кислоты), температуру термостатирования колонки. В зависимости от природы анализируемого экстракта (ромашка аптечная, стевия медовая, различные виды полыни) определения аналитов проводили в 8

разных системах. На рис. 2 представлена ВЭЖХ-ДМД-хроматограмма водно-спиртового экстракта из листьев стевии медовой.



1 – неохлорогеновая кислота, 2 – хлорогеновая кислота, 3 – рутин, 4 – кверцетин-О-гликозид, 5 – кверцетин-гликозид I, 6 – кверцетин-гликозид II, 7 – дикофеилхинная кислота I, 8 – дикофеилхинная кислота II, 9 – апигенин-7-гликозид

Рисунок 2 – Хроматограмма водно-спиртового экстракта из листьев стевии медовой в оптимизированных условиях анализа

Эффективное разделение фенольных кислот с низкими значениями коэффициентов удерживания достигалось с уменьшением скорости изменения содержания органического компонента в подвижной фазе в градиентном режиме. Повышение температуры до 35°C улучшало разделение пиков кверцетин-О-гликозида, кверцетин-гликозида I и кверцетин-гликозида II. Наилучшие результаты получили с подвижной фазой ацетонитрил (А)–0.1%-ная муравьиная кислота (В): 0.01–2 мин от 95 до 90% В, 2–10 мин от 90 до 80% В, 10–18 мин от 80 до 70% В, 18–28 мин от 70 до 10% В, 28–30 мин 10% В, 30–31 мин от 10 до 95% В; скорости потока подвижной фазы 0.40 мл/мин.

Влияние параметров способов экстракций на извлечение ФС из ЛРС

Для определения БАВ в лекарственных растениях требуется предварительное их извлечение. Для изучения влияния параметров способов экстракции на извлечение ФС из ЛРС фенольные вещества из растительного сырья извлекали традиционными жидкостной экстракцией водно-спиртовыми смесями (мацерацией) и водой (настаиванием), сочетанием жидкостной экстракции с УЗЭ-обработкой, в условиях микроволнового излучения (МВЭ), а также повышенной температуры и давления (СКЭ). Условия экстракции ФС из цветов ромашки аптечной, листьев стевии медовой и наземной части полыни кавказской оценивали по результатам ВЭЖХ-ДМД анализа.

Время экстрагирования устанавливали по выходу суммы содержаний ФС от времени мацерации и УЗЭ. Максимальные значения суммы содержаний ФС получили при непрерывном воздействии ультразвука в течение 30 мин. Увеличение температуры до 45°C

при УЗЭ из полыни кавказской и до 30°C из листьев стевии медовой повышали эффективность извлечения ФС. При мацерации из ромашки аптечной суммарная концентрация ФС в экстракте была максимальной после 24 часов извлечения (11.7 мг/г), из стевии – 2 часов (116.8 мг/г), из полыни – 48 часов (30.7 мг/г).

Извлечение ФС из стевии медовой 70%-ным этанолом кипячением с обратным холодильником по установленной для ромашки аптечной методике Государственной Фармакопеи РФ (ГФ) с 45 до 60 мин повышало выход кверцетин-гликозидов I и II, апигенин-глюкозида, кверцетин-О-глюкозида, а рутина практически в два раза, но снижало для неохлорогеновой кислоты. Суммарный выход ФС из листьев стевии медовой в зависимости от времени кипячения повышался с 118 мг/г (30 мин) до 129 мг/г (90 мин).

Наличие полярных групп в структуре ФС позволяет интенсифицировать процесс экстракции аналитов в условиях микроволнового излучения. Максимальное суммарное извлечение фенольных соединений из цветов ромашки аптечной в 70%-ный этанол достигалось воздействием микроволнового излучения 300 Вт в течение 50 мин. Для стевии медовой наибольший выход (94.1 ± 6.1 мг/г) наблюдали при излучении 200 Вт в течение 10 мин. При более высоких значениях микроволнового излучения концентрации некоторых компонентов, например, дикофеилхинных кислот, снижались, что, возможно, связано с их деградацией в микроволновом поле.

Субкритическую экстракцию широко используют для извлечения различных классов соединений из лекарственного растительного сырья, при этом на ее эффективность влияют температура и состав экстрагента. Исследовали зависимости суммы содержаний ФС в экстракте ромашки аптечной с использованием экстрагентов: деионизованной воды, 50 и 70% этиловый спирт. Температуру варьировали в диапазоне 100–165°C с шагом 15°C. При 120°C суммарное извлечение аналитов водой и 70%-ным этанолом было максимально, но дальнейшее ее повышение приводило к снижению выхода ФС, что обусловлено их термической деградацией. С использованием 50%-ного этанола температуру извлечения варьировали в диапазоне 75–135°C, наибольший суммарный выход ФС (11.10 ± 0.70 мг/г) в экстракте наблюдали при 100°C. Субкритическую экстракцию ФС из стевии медовой 70%-ным этанолом изучали при 80 и 100°C. Суммарный выход ФС при СКЭ при 80°C составил 140 ± 13 мг/г, при 100°C данный показатель снижался до 107 ± 14 мг/г, т.к. в этих условиях происходит практически полная деградация дикофеилхинной кислоты II.

Был проведен сравнительный анализ извлечения разными способами фенольных соединений в водно-спиртовые экстракты из полыни кавказской (таблица 1). Наиболее предпочтительным методом экстракции оказалось кипячение с обратным холодильником по методике ГФ. Но, как видно из таблицы 1, выход моногликозида феруловой кислоты, кверцитрина, апигенина, неидентифицированного флавоноида и эупатилина оказался выше при мацерации. При УЗЭ, несмотря на меньший суммарный показатель для всех компонентов, за 30 мин выделяется большее количество фенольных кислот, чем при 48-часовой мацерации. Можно полагать, для комплексного извлечения флавоноидов и их гликозидов подходит преимущественно мацерация, для извлечения фенольных кислот – экстракция кипячением.

Таблица 1 – Содержания фенольных соединений в водно-спиртовых экстрактах полыни кавказской, полученных разными способами (n=3, P=0.95)

Соединение	Содержание ФС, мг/г		
	УЗЭ	мацерация	Кипячение на водяной бане
3-О-кофеилхинная кислота	2.8±0.1	2.3±0.2	4.9±0.4
Фенольная кислота	0.13±0.01	0.12±0.01	0.33±0.03
Феруловая кислота	0.14±0.09	0.12±0.01	0.16±0.01
3,5-дикофеилхинная кислота	4.8±0.3	4.3±0.3	8.2±0.4
Розмариновая кислота	1.9±0.1	1.9±0.1	3.9±0.2
Моногликозид феруловой кислоты	0.99±0.07	1.20±0.08	1.10±0.05
Гликозид флавоноида	0.61±0.04	1.30±0.13	1.8±0.2
Кверцитрин	7.3±0.4	11±1	10.3±0.8
Апигенин-7-О-глюкуронид	0.88±0.07	1.3±0.1	1.4±0.1
Апигенин	0.30±0.03	0.53±0.05	0.40±0.04
Апигенин	1.6±0.2	2.6±0.2	2.2±0.2
Эупатилин	1.90±0.08	2.6±0.1	2.2±0.1
<i>Сумма содержаний ФС</i>	<i>23±2</i>	<i>29±2</i>	<i>37±3</i>

Содержания ФС, извлекаемых в водно-этанольные экстракты из цветов ромашки аптечной и листьев стевии медовой различными способами в оптимизированных условиях, приведены в таблице 2. Как видно, использование МВЭ для экстракции ФС из ромашки аптечной и стевии медовой малоэффективно, эффективность извлечения по ГФ, мацерации и СКЭ сопоставима, УЗЭ занимает промежуточное положение, но является более экспрессной и позволяет оперативнее проводить предварительный скрининг и идентификацию ФС. Суммы содержаний ФС в водном экстракте после извлечения свежеекспортированной деионизованной водой были сопоставимы с полученными данными для водно-спиртовых растворов. Однако водные системы хуже извлекали более неполярные соединения (апигенин из ромашки аптечной, дикофеилхинную кислоту II и апигенин-глюкозид из стевии медовой), что может влиять на биологические свойства экстрактов.

В зависимости от условий извлечения ФС качественный и количественный состав экстрактов из стевии медовой по индивидуальным анализам значительно разнятся. Содержание рутина в полученном при кипячении экстракте оказалось практически вдвое меньше, чем в условиях мацерации, но концентрация дикофеилхинной кислоты II при этом выше на 40%.

Оценку содержания летучих компонентов в цветах ромашки аптечной проводили в эфирном масле гидродистилляцией по Гинзбергу, ацетоновых СКЭ и УЗ экстрактах, а также в экстрактах из ароматной воды с использованием техники ДЖЖМЭ.

На эффективность извлечения ЛОС УЗЭ в ацетон влияют размер частиц сырья и время обработки. Использование большей навески и уменьшение размера частиц не только расширяет список анализов, но в 2–5 раз увеличивает содержание анализов в экстракте. В условиях субкритической экстракции идентифицировали 19 компонентов с суммарным содержанием 515.60 мкг/г, а после УЗ-обработки – 30 компонентов (119.07 мкг/г). После УЗ-обработки при комнатной температуре в составе экстракта идентифицировали жирные кислоты и их эфиры, а также ряд гидрофобных соединений – гептакозан, нонакозан и др., практически отсутствующие в условиях других способов экстракции.

Таблица 2 – Концентрации некоторых индивидуальных и суммарное содержание ФС в полученных различными способами извлечения из ромашки аптечной и стевии медовой водно-спиртовых и водных экстрактах, мг/г (n = 3, P = 0.95)

Соединение	Способ экстракции					
	Кипячение с обратным холодильником (ГФ)	Мацерация	УЗЭ	МВЭ	СКЭ	Настаивание
Ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i> L.)						
Хлорогеновая кислота	2.4±0.1	2.4±0.1	2.0±0.1	1.8±0.4	2.3±0.3	2.5±0.2
Гликозид феруловой кислоты I	2.2±0.1	2.5±0.1	2.2±0.3	1.68±0.02	2.4±0.2	2.55±0.04
Гликозид феруловой кислоты II	2.7±0.1	3.0±0.1	2.5±0.2	2.2±0.4	2.9±0.1	2.94±0.03
Лютеолин-7-О-глюкозид	0.80±0.03	0.83±0.01	0.64±0.05	0.60±0.10	0.83±0.03	0.52±0.05
Дикофеилхинная кислота	1.7±0.1	1.80±0.10	1.2±0.3	1.3±0.2	1.5±0.1	1.60±0.10
Цикориевая кислота	0.140±0.003	0.14±0.02	0.12±0.01	0.11±0.02	0.10±0.01	0.18±0.02
Апигенин-7-глюкозид	1.0±0.1	1.0±0.1	0.8±0.1	0.8±0.2	1.1±0.1	0.80±0.04
Апигенин	0.07±0.01	0.08±0.01	0.02±0.01	0.05±0.02	0.051±0.004	0.013±0.003
Сумма содержаний ФС	11±1	12±1	9.4±0.9	8.6±0.1	11±1	11.1±0.3
Стевия медовая (<i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni)						
Неохлорогеновая кислота	2.8±0.2	2.8±0.1	2.8±0.4	2.6±0.1	3.1±0.2	3.0±0.3
Хлорогеновая кислота	37±1	35±4	36±3	24±3	40±2	38±3
Рутин	1.9±0.6	3.6±0.2	3.4±0.1	2.2±0.1	3.9±0.7	3.1±0.2
Кверцетин-О-глюкозид	0.93±0.04	0.87±0.01	0.88±0.05	0.46±0.01	0.91±0.03	0.78±0.08
m/z 447	0.7±0.1	0.69±0.04	0.7±0.1	0.41±0.03	0.73±0.09	0.51±0.04
m/z 593	0.9±0.1	0.92±0.07	0.88±0.07	0.60±0.08	0.90±0.09	0.79±0.06
Кверцетин-гликозид I	1.1±0.1	0.97±0.02	1.1±0.1	0.41±0.03	1.1±0.3	0.77±0.02
Кверцетин-гликозид II	2.8±0.1	2.8±0.2	2.6±0.1	0.6±0.1	2.9±0.4	1.9±0.1
Дикофеилхинная кислота I	47±2.0	60±4	58±9	27±2	62±3	46±1
Дикофеилхинная кислота II	33±1	19.4±0.4	19±1	36±1	25±3	16.0±0.2
Апигенин-глюкозид	0.8±0.1	0.74±0.03	0.82±0.09	0.28±0.09	0.88±0.03	0.42±0.03
Сумма содержаний ФС	128±3	129±10	126±3	94±6	140±13	112±2

Влияние географических факторов на содержание ФС в экстрактах ЛРС и видовые особенности фенольных профилей

Содержание активных компонентов в экстрактах ЛРС в значительной мере зависит от географических особенностей мест произрастания, условий выращивания и хранения. Данный вопрос нами рассмотрен на примере содержания ФС в УЗ экстрактах из ромашки аптечной (таблица 3). Содержание ФС в образцах ромашки аптечной торговых марок «Грин Сайд» и «Фитофарм» близки между собой по концентрациям индивидуальных соединений и суммарному их содержанию. Содержание хлорогеновой (2.0 ± 0.1 мг/г), дикофеилхинной (1.2 ± 0.3 мг/г) и цикориевой кислот (0.12 ± 0.01 мг/г), а также лютеолин-7-О-глюкозида (0.64 ± 0.05 мг/г) в образце ромашки аптечной из «Родных трав» значительно выше, чем в других. Хроматографический профиль экстракта из собранного нами растительного материала в основном определяет дикофеилхинная кислота (12.0 ± 0.4 мг/г), а содержание в нем апигенина и цикориевой кислоты оказалось на порядок выше по сравнению с другими образцами. Основной вклад в сумму ФС других образцов вносили гликозиды феруловой кислоты (около 60%).

Таблица 3 – Концентрации индивидуальных ФС и сумма их содержаний в водно-этанольных экстрактах образцов ромашки аптечной различных производителей, полученных ультразвуковой экстракцией, мг/г ($n = 3$, $P = 0.95$)

Соединение	Самостоятельный сбор	«ФармаЦвет»	«Грин Сайд»	«Фитофарм»	«Родные травы»
Хлорогеновая кислота	1.5 ± 0.1	1.0 ± 0.2	0.50 ± 0.03	0.37 ± 0.02	2.0 ± 0.1
Гликозид феруловой кислоты	0.017 ± 0.001	2.79 ± 0.01	1.804 ± 0.003	1.8 ± 0.3	2.2 ± 0.3
Гликозид феруловой кислоты	0.017 ± 0.002	3.09 ± 0.07	1.83 ± 0.03	1.80 ± 0.20	2.5 ± 0.2
Лютеолин-7-О-глюкозид	0.26 ± 0.01	0.53 ± 0.08	0.369 ± 0.004	0.36 ± 0.05	0.64 ± 0.05
Дикофеилхинная кислота	12.0 ± 0.4	0.80 ± 0.10	0.49 ± 0.01	0.46 ± 0.04	1.2 ± 0.3
Цикоревая кислота	0.38 ± 0.04	0.051 ± 0.007	0.057 ± 0.004	0.077 ± 0.005	0.12 ± 0.01
Апигенин-7-глюкозид	0.21 ± 0.02	1.7 ± 0.1	0.61 ± 0.02	0.60 ± 0.10	0.80 ± 0.10
Апигенин	0.46 ± 0.04	0.05 ± 0.03	0.040 ± 0.002	0.05 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Сумма содержаний ФС	14.9 ± 0.5	10.1 ± 0.4	5.7 ± 0.1	5.6 ± 0.6	9.4 ± 0.9

Провели оценку условий произрастания ромашки аптечной на извлекаемые содержания ФС при настаивании. Основными представителями ФС в образцах производителя «Родные травы» (таблица 4) оказались хлорогеновая кислота и гликозиды феруловой кислоты. Суммарное содержание ФС в образцах ромашки аптечной, собранных в 2022 и 2024 гг., было соизмеримо, но концентрация рутина в образце сбора 2024 г. по

сравнению с 2022 г. оказалась выше на два порядка, а кверцетагенин-глюкопиранозид, апигенин-глюкозида и лютеолин-глюкозида в два раза выше.

Также отметим, что в растениях из ботанического сада КубГУ сбора 2022 и 2023 гг. суммарные содержания ФС колебались в диапазоне 2.6 – 5.1 мг/г, а в сборе 2024 г. они оказались выше в три раза. Основными компонентами всех экстрактов цветов ромашки аптечной с разных территорий оказались гликозиды феруловой кислоты, причем в образце № 1 сбора 2024 г. их содержание было наибольшим (таблица 4). Повышение концентраций лютеолин-глюкозида и апигенин-глюкозида в образцах сбора 2024 г., возможно, обусловлено большим количеством влаги и тепла в период роста растений. Экстракты из образцов № 1 и № 2 сбора 2022 г. имели не совсем типичный хроматографический профиль: высокое содержание цикориевой кислоты в образце № 1 и дикофеилхинной кислоты образце № 2, возможно, это связано с неоднозначностью определения видовой принадлежности. Для ромашки безъязычковой с Лагонакского нагорья (образец №2) также характерны хлорогеновая кислота и гликозиды феруловой кислоты.

В полученных настоях собранных на Лагонакском нагорье цветов ромашки аптечной (образец №1) основными компонентами являются хлорогеновая, дикофеилхинная кислоты и рутин (таблица 4). Можно полагать, что такие изменения фенольного профиля растений ромашки аптечной могут быть обусловлены особенностями географических зон их произрастания.

Таблица 4 – Содержания индивидуальных ФС в водных экстрактах цветов ромашки аптечной с разных территорий, мг/г (n = 3, P = 0.95)

Соединения	«Родные травы», Адыгея (200–500 м н. у. м.)				Ботанический сад, Краснодар (20–30 м н. у. м.)						Лагонакское нагорье (1250 м н. у. м.)	
	2021	2022	2023	2024	2022		2023	2024			2024	
					№1	№2		№1	№2	№3	№1	№2
Хлорогеновая кислота	1.40	1.49	1.98	1.46	0.39	0.40	0.16	0.70	0.46	1.67	3.47	2.08
Моноглюкозид феруловой кислоты	2.72	3.61	2.46	3.54	0.09	0.13	2.18	7.80	6.49	6.84	0.06	5.52
Кверцетагенин-глюкопиранозид	0.06	0.23	0.07	0.59	0.03	0.01	0.03	0.06	0.26	0.28	0.02	0.03
Гликозид феруловой кислоты	2.2	5.1	2.9	3.35	0.025	0.012	2.12	6.87	7.03	6.49	0.04	6.72
Рутин	0.79	0.003	0.035	0.39	0.012	0.051	0.051	0.15	0.36	0.41	3.42	0.01
Лютеолин-глюкозид	0.16	0.086	0.57	1.30	0.026	0.012	0.20	0.30	0.79	0.72	0.13	0.58
Дикофеилхинная кислота	0.20	0.7	2.5	0.96	0.2	1.9	0.30	0.63	0.49	0.73	6.63	0.77
Цикориевая кислота	0.43	1.28	1.19	0.01	2.91	0.06	0.01	0.03	0.01	0.03	0.25	0.02
Апигенин-глюкозид	н/о	0.60	н/о	1.75	0.16	0.01	0.02	1.13	0.46	1.43	н/о	н/о
Апигенин	0.02	0.04	0.03	0.02	0.003	0.001	0.002	0.11	0.01	0.02	0.04	н/о
Сумма содержаний ФС	8.1	13.2	11.9	13.4	3.8	2.6	5.1	17.8	16.4	18.6	14.1	15.7

н.у.м. – над уровнем моря, н/о – не обнаружено

Содержания ФС в образцах листьев стевии медовой разных производителей оценивали по данным достаточно информативной УЗЭ. Уровень содержаний большинства ФС в образцах стевии медовой производителей «Ларец Алтай» и «Родные травы», собранных в предгорных районах Алтайского края и Республики Крым, оказался сопоставимым (таблица 5). Содержание хлорогеновой кислоты в образце стевии медовой («Родные травы») оказалось выше, чем у производителя «Ларец Алтай», а концентрация дикофеилхинной кислоты II оказалась, наоборот, ниже. По-видимому, это объясняется разными климатическими условиями в зонах произрастания: для Барнаула характерна длинная холодная зима с температурой до -15°C и относительной влажностью 75–80%, короткое умеренно теплое (до $+25^{\circ}\text{C}$) лето с относительной влажностью 50–70%, а на территории республики Крым преобладает мягкий климат с жарким сухим летом и малоснежная теплая зима. В образце стевии «ФитоКонтинент» определили в 1.5 раза более низкие содержания дикофеилхинной I и хлорогеновой кислот, кверцетин-О-глюкозида и гликозидов кверцетина I и II, концентрации остальных ФС были вполне сопоставимыми. Различия в компонентном составе образцов стевии медовой, собранных на одной территории (компания «ФитоКонтинент» и «Ларец Алтай»), позволяют предположить возможные отличия в условиях заготовления, сушки и хранения сырья.

Таблица 5 – Содержания фенольных соединений в пересчете на сухое сырье (мг/г) в различных экстрактах из листьев стевии медовой с разных территорий

Соединение	Образец стевии и территория его произрастания (высота над уровнем моря), экстрагент					
	«Родные травы»		«ФитоКонтинент»		«Ларец Алтай»	
	Крым (около 180 м)		Алтайский край (130-250 м)		Алтайский край (130-250 м)	
	70%-ный этанол	вода	70%-ный этанол	вода	70%-ный этанол	вода
Неохлорогеновая кислота	2.8±0.4	3.0±0.3	4.5±0.3	4.6±0.3	2.2±0.6	2.7±0.4
Хлорогеновая кислота	36±3	38±3	20±1	21±2	26±2	29±1
Рутин	3.4±0.1	3.1±0.2	3.33±0.09	3.1±0.2	2.8±0.2	2.9±0.4
Кверцетин-О-глюкозид	0.88±0.05	0.78±0.08	0.31±0.02	0.25±0.02	0.56±0.05	0.53±0.03
<i>m/z</i> 447	0.7±0.1	0.51±0.04	0.73±0.01	0.56±0.03	0.68±0.05	0.61±0.09
<i>m/z</i> 593	0.88±0.07	0.79±0.06	0.92±0.06	0.82±0.04	0.63±0.01	0.67±0.02
Кверцетин-гликозид I	1.1±0.1	0.77±0.02	0.28±0.01	0.24±0.01	0.80±0.06	0.88±0.09
Кверцетин-гликозид II	2.6±0.1	1.9±0.1	0.69±0.07	0.51±0.05	1.5±0.1	1.3±0.2
Дикофеилхинная кислота I	58±9	46±1	89±3	75±3	49±4	45±3
Дикофеилхинная кислота II	19±1	16.0±0.2	19±1	14.5±0.4	29±3	28±3
Апигенин-глюкозид	0.82±0.09	0.42±0.03	0.86±0.07	0.55±0.09	0.77±0.03	0.54±0.09
Сумма содержаний ФС	126±3	112±2	140±4	121±4	113±3	113±6
АОА	64.7	51.0	61.6	47.4	52.2	49.7

Влияние географических факторов на концентрацию БАВ восстанавливающего характера (АОА) в водных и водно-спиртовых экстрактах из листьев стевии медовой оценивали в пересчете на кверцетин по реакции с перманганатом калия в кислой среде

(таблица 5), значения АОА для водно-спиртовых экстрактов оказались выше. Содержания всех ФС в водно-спиртовых растворах были больше, кроме хлорогеновой и неохлорогеновой кислот, но прямая зависимость между суммарным содержанием ФС и АОА не была выявлена, что, возможно, связано с различием компонентных составов экстрактов. Так, сумма ФС в водно-спиртовых экстрактах трав производителя «ФитоКонтинент» (140 ± 4 мг/г) оказалась выше, чем в экстрактах из образцов стевии медовой «Родные травы» (126 ± 3 мг/г), но значения АОА этих образцов достаточно близки – 61.6 и 64.7 мг/г соответственно. Данный факт можно объяснить большим вкладом концентрации гликозидов кверцетина в значение АОА.

Фенольные профили экстрактов из разных видов полыни

Компонентный состав экстрактов из разных морфологических частей исследуемых видов полыни устанавливали в оптимизированных условиях ВЭЖХ-ДМД-анализа. Содержания фенольных кислот в водно-спиртовых и водных экстрактах видов полыней оценивали в пересчете на хлорогеновую кислоту, а флавоноидов – на рутин.

Для селективного извлечения определенного класса аналитов можно использовать разные части растений: для флавоноидов – цветы эстрагона и полыни кавказской, для фенольных кислот – листья (Людовика и полыни лечебной) или цветы (полыни обыкновенной). Во всех случаях стебли исследуемых ЛРС характеризовались меньшими содержаниями фенольных соединений по сравнению с листьями и цветами. В экстрактах из разных морфологических частей полыни однолетней содержание флавоноидов и фенольных кислот было схожим. Наибольшее содержание аналитов обнаружили в экстрактах эстрагона.

Дальнейшие исследования выявили колебания компонентного состава экстрактов полыни в зависимости от года сбора ЛРС. В цветах эстрагона сбора 2024 и 2025 гг. концентрации флавоноидов оказались в 4 раза выше, чем фенольных кислот, а сбора 2023 г. – в 11 раз. Содержания аналитов в листьях и стеблях отличались незначительно, в экстрактах из собранных в 2024 г. образцов преобладали флавоноиды. Стоит отметить, что все экстракты полыни эстрагон отличались высокими содержаниями неполярных флавоноидов, а гликозидов – в полыни кавказской, класс фенольных кислот в этом виде представлен только небольшим количеством гидроксикоричных. Экстракты полыни лечебной, наоборот, содержат больше фенольных кислот и полярных флавоноидов. В листьях полыни обыкновенной сбора 2024 и 2025 гг. наблюдали резкое увеличение содержания фенольных кислот по сравнению с образцом сбора 2023 г., что может быть ответом метаболизма растения на повышение влажности почвы из-за дополнительного полива. Аналогичная тенденция выявлена для экстрактов цветов полыни Людовика: 11.0 мг/г фенольных кислот в 2023 г., 11.7 мг/г – в 2024 г., 19.0 мг/г – в 2025 г.

На следующем этапе работы сравнивали содержания фенольных соединений в экстрактах из собранных в 2023 – 2025 гг. видов полыни без предварительного разделения на морфологические части. Основными компонентами эстрагона были хлорогеновая и дикофеилхинные кислоты, выполняющие роль фотопротекторов (рисунок 3). Содержание

хлорогеновой кислоты снижалось с 29.9 мг/г в образце сбора 2023 г. до 25.3 мг/г (2024 г.) и 12.4 мг/г (2025 г.); концентрация дикофеилхинной кислоты в образце сбора 2023 г. составляла 37.3 мг/г, а в образцах сбора 2024 и 2025 гг. снижалась до 16.8 мг/г и 17.1 мг/г соответственно. В экстрактах полыни обыкновенной преобладали хлорогеновая и дикофеилхинные кислоты, но в меньших концентрациях. Отдельно отметим, что концентрация одного из изомеров дикофеилхинной кислоты в экстракте полыни обыкновенной из образца сбора 2024 г. (1.8 мг/г) была выше содержания в образцах 2023 г. (0.9 мг/г) и 2025 г. (0.1 мг/г). Экстракты полыни Людовика характеризовались высоким содержанием розмариновой, дикофеилхинной кислоты и ее изомера. Преобладание фенольных кислот в экстрактах может свидетельствовать о повышенной устойчивости данного вида к внешним воздействиям. Нетипичный профиль фенольных соединений наблюдали в экстрактах полыни кавказской, в которых определены высокие содержания кверцитина (6.0–7.7 мг/г) и биапигенина (3.2 и 3.8 мг/г в образцах 2024 и 2025 гг.), к особенностям данного вида можно отнести преобладание в них флавоноидов. Низкие содержания фенольных соединений в экстрактах полыни однолетней могут быть обусловлены специфичным метаболизмом однолетнего растения и требуют дополнительных исследований.

Соединение	год сбора														
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2025
неохлорогеновая кислота	3.4	2.3	1.7	0.1	0.4	0.1	0.6	0.1	0.4	0.1	0.4	н/о	н/о	н/о	0.1
хлорогеновая кислота	29.9	25.3	12.4	2.1	2.7	1.7	5.9	0.1	5.1	3.0	10.1	н/о	0.9	0.7	2.0
рутин	3.8	2.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.1	0.8	н/о	н/о	н/о	0.1	0.1	0.1	0.4
гиперозид	3.9	3.2	1.7	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
дикофеилхинная кислота	37.3	16.8	17.1	4.0	12.7	2.9	9.2	5.0	8.4	6.1	10.7	1.3	1.3	1.3	4.7
розмариновая кислота	9.8	9.7	5.2	0.2	2.8	0.6	3.9	1.9	3.2	1.9	2.7	0.1	0.1	0.5	0.3
лютеолин-7-О-глюкозид	2.1	1.7	0.9	0.2	0.6	0.2	н/о	0.1	0.3	0.7	0.4	н/о	н/о	н/о	н/о
изомер дикофеилхинной кислоты	0.2	0.2	0.2	0.9	1.8	0.1	2.0	1.3	1.6	1.1	0.1	н/о	н/о	н/о	0.2
изомер розмариновой кислоты	н/о	н/о	н/о	н/о	0.4	0.2	0.1	0.1	1.0	0.1	0.2	н/о	н/о	н/о	2.1
кверцитрин	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	6.0	7.7	6.0	н/о
13,118-биапигенин	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0.5	н/о	н/о	н/о	0.3	3.2	3.8	н/о
бифлавоноид	н/о	н/о	н/о	0.09	0.22	0.09	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
бифлавоноид	н/о	н/о	н/о	0.08	0.13	0.07	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Вид полыни	A. Dracuncul L. (полынь эстрагон)			A. Vulgaris L. (полынь обыкновенная)			A. Absinthium L. (полынь лечебная)		A. Ludoviciana N. (полынь Людовика)			A. Alpina G. (полынь кавказская)			A. Alpina L. (полынь однолетняя)

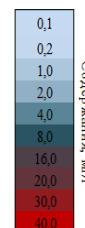


Рисунок 3 – Содержания основных компонентов экстрактов разных видов полыни

Несмотря на большую вариабельность содержаний аналитов в экстрактах растений каждого вида по годам, соотношения некоторых компонентов были постоянными. В случае, когда все образцы собраны на одной территории в фазе цветения, данную стабильность можно объяснить видовой или территориальной специфичностью. Например, для эстрагона наиболее устойчиво соотношение рутина/гиперозид – 0.8–1.0. В экстрактах полыни обыкновенной содержание дикофеилхинной кислоты преобладало над хлорогеновой во всех образцах и характеризовалось постоянным отношением двух бифлавоноидов – 1.1–1.7. Полынь лечебная и Людовика отличались соотношением концентраций розмариновой и дикофеилхинной кислот – 0.3–0.4, но в экстрактах Людовика преобладают другие фенольные кислоты и отсутствует рутин. Для полыни кавказской характерно отношение содержаний дикофеилхинной кислоты и кверцитрина, равное 0.2. Таким образом, фенольные профили

экстрактов полыни и выявленные соотношения компонентов потенциально могут быть использованы для видовой идентификации растений полыни.

Оценка суммарного содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности водных экстрактов из разных видов полыни

Полученные настаиванием экстракты из растений разных видов полыни, собранных в 2023–2025 гг., анализировали методами перманганатометрического титрования, ВЭЖХ–ДМД, Фолина-Чокалтеу, FRAP для оценки суммарного содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности. Предположили, что разные подходы по оценке биологической активности ЛРС расширят информацию о компонентном составе исследуемых экстрактов, что важно для оценки возможного их применения в медицинской практике.

Анализ данных по содержанию фенольных соединений в водных экстрактах различных образцов полыни, полученных по методу Фолина-Чокалтеу, АОА методами FRAP и перманганатометрического титрования, указывает на схожесть тенденции к изменению суммарных содержаний ФС. Для экстрактов из собранных в 2023 и 2024 гг. образцов полыни обыкновенной и полыни эстрагона эти показатели были близки, а в образце сбора 2025 г. они оказались ниже. В настоях из полыни Людовика сбора 2023–2025 гг. эти показатели возрастали, а из полыни кавказской практически не менялись. Разнонаправленность динамики показателей суммарного содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности в зависимости от года сбора указывает на возможные различия компонентного состава экстрактов полыни и разном влиянии изменений условий произрастания на отдельные классы аналитов. Некоторые отличия найденных по методу FRAP значений АОА от общей тенденции могут быть следствием влияния компонентов матрицы, что требует дополнительного изучения.

Наибольшие содержания флавоноидов и фенольных кислот определены в экстрактах полыни эстрагон (таблица 6). Суммарные содержания ФС в экстрактах полыни обыкновенной, лечебной и Людовика близки, но для экстрактов полыни Людовика и эстрагона характерно высокое содержание гидроксibenзойных кислот, а в полыни кавказской и однолетней данные соединения не были обнаружены. При этом в экстрактах полыни обыкновенной наблюдали бóльшие содержания производных фенольных кислот. Высокие концентрации гликозидов и неполярных флавоноидов установлены в экстрактах из образцов полыни кавказской, эстрагона и обыкновенной, а полярных флавоноидов – в лечебной и однолетней. Сравнивая содержания ФС в экстрактах полыни обыкновенной, Людовика и эстрагона, собранных в разные фазы цветения, можно отметить тенденцию к повышению концентрации гидроксикоричных кислот в процессе роста растений. Содержания всех групп флавоноидов в настоях полыней снижается, кроме гликозидов в полыни обыкновенной, концентрация которых максимальна в активной фазе цветения (8.19 мг/г).

Высокие значения показателей АОА, определенных по методу FRAP, суммарного содержания ФС по методам Фолина-Чокалтеу и ВЭЖХ-ДМД указывают на пригодность экстракта полыни Людовика для фармакологического применения наряду с полынью обыкновенной и лечебной. Самые низкие значения полученных параметров показателей АОА характерны для полыни кавказской, но высокие содержания в ее водных экстрактах флавоноидов разных классов также позволяют рассматривать возможность их препаративного выделения.

Полученные результаты подтверждают влияние видовых особенностей, фазы цветения и условий произрастания лекарственных растений на содержание БАВ в ЛРС и препаратах на их основе, и выбор оптимальных параметров их анализа должен зависеть от целей дальнейшего использования.

Таблица 6 – Содержания фенольных соединений в экстрактах разных видов полыни сбора 2023–2025 гг., мг/г

вид	Год сбора	Фаза цветения	Ф–Ч	Фенольные кислоты			Флавоноиды		
				Гидроксibenзойные кислоты	Гидроксикоричные кислоты	Производные фенольных кислот	Полярные флавоноиды	Гликозиды	Неполярные флавоноиды
обыкновенная	2023	Активное	32.3	0.30	4.80	0.19	1.56	5.73	0.54
	2024	Активное	39.8	н/о	5.20	4.97	0.38	3.73	0.82
	2025	Начало	20.9	0.03	1.38	0.21	0.30	2.70	1.94
		Активное	9.5	0.61	5.58	0.74	1.10	8.19	1.59
		После	21.4	н/о	7.86	2.98	0.39	1.76	0.53
Людовика	2023	Активное	13.6	1.36	3.94	0.05	0.15	0.26	0.35
	2024	Активное	36.7	0.58	6.19	0.01	0.45	0.93	0.76
	2025	Начало	32.2	1.07	12.35	0.04	0.99	2.15	0.10
		Активное	28.4	0.86	15.78	0.01	0.75	1.30	0.08
лечебная	2023	Активное	49.9	0.64	19.16	0.03	2.97	0.19	0.02
	2024	Активное	45.7	0.11	4.10	0.07	3.28	0.37	0.12
	2025	Начало	24.8	0.08	3.46	0.16	2.12	0.22	0.11
эстрагон	2023	Активное	91.1	1.61	68.08	0.07	1.19	11.46	6.29
	2024	Активное	78.0	0.58	47.36	0.09	1.28	9.75	5.13
	2025	Начало	49.5	0.58	27.72	0.38	5.46	22.84	6.84
		Активное	48.6	0.78	43.67	0.10	1.55	10.79	6.91
кавказская	2023	Активное	9.5	н/о	1.46	н/о	1.52	6.35	2.68
	2024	Активное	16.4	н/о	1.19	н/о	1.66	6.06	1.63
	2025	Активное	6.8	н/о	1.66	н/о	1.89	6.51	1.59
однолетняя	2025	Активное	18.4	н/о	9.18	2.93	2.02	10.76	0.76

Ф–Ч – рассчитано по методу Фолина-Чокалтеу, мг-экв ГК/г сырья; фенольные кислоты – содержание в пересчете на хлорогеновую кислоту; флавоноиды – содержание в пересчете на рутин; н/о – не обнаружено

ВЫВОДЫ

1. Установлены условия ГХ-МС и ВЭЖХ–ДМД–МС-определения аналитов в экстрактах ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.), стевии медовой (*Stevia rebaudiana* Bertoni), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.), лечебной (*Artemisia absinthium* L.), однолетней (*Artemisia annua* L.) и кавказской (*Artemisia alpina* G.), полыни эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.) и Людовика (*Artemisia Ludoviciana* N.). Идентификацию компонентов в водных и водно-спиртовых растительных экстрактах проводили с использованием спектров поглощения и масс-спектров соединений с учетом литературных данных и применением стандартных образцов индивидуальных соединений. Летучие соединения в экстрактах идентифицировали сопоставлением полученных масс-спектров компонентов с данными библиотек NIST07 и WILEY8.

2. Изучены содержания некоторых ФС в водных и водно-спиртовых экстрактах цветов ромашки аптечной, стевии медовой, различных видов полыни, полученных мацерацией, настаиванием, ультразвуковым, микроволновым, фармакопейным и субкритическим способами. Показано, что способы извлечения и составы экстрагентов существенно влияют на количественные и качественные характеристики извлекаемых компонентов. Определены суммарные содержания и концентрации индивидуальных фенольных соединений в экстрактах из образцов ЛРС различных производителей. В экстрактах ромашки аптечной идентифицировали хлорогеновую кислоту, гликозиды феруловой кислоты, лютеолин-7-О-глюкозид, дикофеилхинную и цикориевую кислоты, апигенин-7-глюкозид, апигенин, а стевии медовой – неохлорогеновую и хлорогеновую кислоты, рутин, содержащие остатки разных сахаров гликозиды кверцетина I и II, два изомера дикофеилхинной кислоты и апигенин-7-глюкозид.

3. Изучены особенности извлечения и ГХ-МС-определения эфирно-масличных компонентов из ромашки аптечной. Установлены содержания ЛОС в эфирном масле и ароматной воде, полученных гидродистилляцией по Гинзбергу, в субкритических условиях и при УЗ-обработке ацетоновых экстрактов из цветов ромашки аптечной. В качестве макрокомпонентов эфирного масла идентифицированы β -фарнезен, α -оксид бисаболола В и оксид бисаболола А, гексанового экстракта из ароматной воды – α -оксид бисаболола В, α -диэпоксид лимонена и оксид бисаболола А. Основным компонентом ацетоновых экстрактов из цветов ромашки аптечной, полученных в субкритических условиях и при УЗ-обработке, является ен-ин-дициклоэфир. Показано, что в ароматной воде ромашки аптечной в сравнении с эфирным маслом выше содержание и шире перечень легколетучих ЛОС.

4. Изучено влияние географических (высота произрастания растения над уровнем моря, температура и влажность) и морфологических факторов на содержание ФС в водных и водно-спиртовых экстрактах лекарственных растений, особенности фенольных профилей экстрактов растений разных видов. Различия в составе экстрактов из растений могут быть также связаны с условиями сушки и хранения образца. Содержания извлекаемых индивидуальных ФС в водно-этанольные экстракты различными способами и с разных

географических территорий сильно отличаются. Например, содержания хлорогеновой кислоты в стевии медовой из Крыма («Родные травы», 180 м н.у.м.) и с Алтая («Ларец Алтая», 130-250 м н.у.м.) составили 35.7 ± 2.9 и 25.6 ± 1.6 мг/г. соответственно. Данные, по-видимому, объясняются климатическими условиями зон произрастания стевии медовой: для Алтая характерна длинная холодная зима с температурой до -15°C и влажность 75–80%, короткое умеренно теплое (до $+25^{\circ}\text{C}$) лето с влажностью 50–70%, а в Крыму преобладает мягкий климат с жарким сухим летом (до $+32^{\circ}\text{C}$ при влажности 55–60%) и малоснежная зима с температурой $+(3-9^{\circ}\text{C})$ и влажностью 80%.

5. Проведена оценка влияния суммарного содержания анализов в экстрактах разных видов ЛРС на их биологическую активность. Выявлена схожая тенденция формирования значения суммарных показателей АОА и суммы фенольных соединений в экстрактах из растений разных периодов и мест сбора. Например, значения АОА экстрактов из образцов полыни обыкновенной и эстрагона, собранных в 2023 и 2024 гг., близки, из полыни Людовика сбора 2023–2025 гг. они возрастают, а из полыни кавказской – практически не меняются. Оценка АОА водно-спиртовых и водных экстрактов из образцов ЛРС разных производителей позволила установить различный вклад индивидуальных ФС в величину АОА. По результатам определения суммарного содержания ФС и АОА полыни Людовика показана возможность ее фармакологического применения.

Список опубликованных по теме диссертации работ

1. Темердашев, З. А. Хроматографическая оценка содержания фенольных соединений в экстрактах ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) в различных условиях извлечения / З. А. Темердашев, **Т. К. Чубукина**, Е. А. Виноцкая, Н. В. Киселева // Журнал аналитической химии. – 2023. – Т. 78. – № 4. – с. 365–375. [Temerdashev, Z. A. Chromatographic Assessment of the Concentration of Phenolic Compounds in Wild Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Extracts Obtained under Various Extraction Conditions / Z. A. Temerdashev, **T. K. Chubukina**, E. A. Vinitskaya, N. V. Kiseleva // Journal of Analytical Chemistry. – 2023. – Vol. 78. – №4. – P. 497–506.]
2. **Чубукина, Т. К.** Возможности твердофазной экстракции и определения эфирно-масличных компонентов из гидролата ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) / **Т. К. Чубукина**, Ю. А. Петренко, Н. В. Киселева // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. – 2024. – Т. 39, № 3. – С. 101-108.
3. Темердашев, З. А. Хромато-масс-спектрометрическое определение летучих компонентов в различных экстрактах из цветов ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) / З. А. Темердашев, **Т. К. Чубукина**, Н. В. Киселева // Журнал аналитической химии. – 2025. – Т. 80, № 3. – С. 279-292. [Temerdashev, Z. A. Determination of Volatile Components in Various Extracts of Wild Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Flowers by Gas Chromatography–Mass Spectrometry / Z. A. Temerdashev, **T. K. Chubukina**, N. V. Kiseleva // Journal of Analytical Chemistry. – 2025. – Vol. 80, No. 3. – P. 501-514.]

4. Темердашев, З. А. Состав и содержание фенольных соединений в различных экстрактах из стевии медовой (*Stevia rebaudiana* Bertoni) / З. А. Темердашев, **Т. К. Чубукина**, Н. В. Киселева, Т. Г. Цюпко // Журнал аналитической химии. – 2026. – Т.81. – № 8.

5. Определение эфирно-масличных компонентов ромашки аптечной методом хроматомасс-спектрометрии / **Т. К. Чубукина** // Хроматография в химии, медицине и биологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора П. В. Кузнецова (Кемерово, 26 ноября 2021 г.) / отв. ред. Е. М. Мальцева, А. С. Сухих. – Кемерово: КемГМУ, 2021. – 165 с.

6. Веницкая, Е. А. Изучение некоторых особенностей извлечения биологически активных веществ из растительного сырья различными способами / Е. А. Веницкая, **Т. К. Чубукина**, Д. В. Назарова // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский материаловедческий форум» (1–7 июля 2022 г., Улан-Удэ – оз. Байкал). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2022. – С. 597.

7. **Чубукина, Т. К.**, Оптимизация ультразвуковой экстракции некоторых фенольных соединений из ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) / **Т. К. Чубукина**, Е. А. Веницкая, В. В. Коробкова // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной памяти д.х.н. В.В.Лукова / под ред. С.И. Левченкова – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2022. – С. 307–309.

8. **Чубукина, Т. К.**, ВЭЖХ–ДМД–МС-определение некоторых фенольных соединений в водном экстракте ромашки аптечной, полученном субкритическим способом / **Т. К. Чубукина**, З. А. Темердашев, Д. В. Назарова, Е. А. Веницкая, Н. В. Киселева // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова. В 2 томах. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 260–261.

9. **Чубукина, Т. К.**, Оптимизация условий микроволновой экстракции некоторых фенольных соединений из ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) / **Т. К. Чубукина**, А. С. Вовк, Д. В. Назарова, Е. А. Веницкая, Н. В. Киселева // Химия: достижения и перспективы: Сборник научных статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2023. – С. 222.

10. **Чубукина, Т. К.** Оценка возможности извлечения эфирно-масличных компонентов из ароматной воды ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) для последующего ГХ-МС-анализа / **Чубукина Т. К.**, Назарова Д. В., Киселева Н. В. // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых / под ред. С. И. Левченкова; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2024. – с. 178.

11. **Чубукина, Т. К.** Извлечение летучих органических соединений из цветов ромашки аптечной под действием УЗ-излучения / **Чубукина Т. К.**, Киселева Н. В. // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 7-12 октября, 2024, Федеральная территория «Сириус», Россия. Сборник тезисов докладов. – М.: ООО «Адмирал Принт», 2024. – Т. 7. – С. 60.

12. Петренко, Ю.А. Хроматографическое определение фенольных БАВ полыни кавказской (*Artemisia caucasica* L.) / Петренко Ю.А., **Чубукина Т. К.**, Киселева Н.В. // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых / под ред. С. И. Левченкова. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2025. – С. 184.

13. **Чубукина, Т. К.** Концентрирование и хроматографическое определение фенольных соединений в экстрактах *Stevia Rebaudiana* / **Т. К. Чубукина**, С. А. Захаревич, Н. В. Киселева // Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии: Материалы VII Всероссийского симпозиума с международным участием, Краснодар, 21–27 сентября 2025 года. – Краснодар: ООО «ТД Алоста», 2025. – С. 265.

14. **Чубукина, Т. К.** Концентрирование и хроматографическое определение фенольных компонентов в экстрактах полыни кавказской / **Т. К. Чубукина**, Ю. А. Петренко, Н. В. Киселева // Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии: Материалы VII Всероссийского симпозиума с международным участием, Краснодар, 21–27 сентября 2025 года. – Краснодар: ООО «ТД Алоста», 2025. – С. 264.

15. Петренко, Ю. А. ВЭЖХ-ДМД-определение фенольных БАВ в составе УЗ-экстрактов полыни кавказской / Ю. А. Петренко, **Т. К. Чубукина**, Н. В. Киселева // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых / под ред. С. И. Левченкова. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2026. – С. 139–140.

16. Поляков, Н. В. Хроматографическое определение фенольных компонентов в различных видах растений рода *Artemisia* / Н. В. Поляков, **Т. К. Чубукина**, Н. В. Киселева // Химия: достижения и перспективы: сборник научных статей по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых / под ред. С. И. Левченкова. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2026. – С. 144–146.

17. **Чубукина, Т.К.** ВЭЖХ-ДМД-определение фенольных соединений в экстрактах полыни / **Чубукина Т.К.**, Петренко Ю.А., Поляков Н.В., Киселева Н.В. // Материалы V Всероссийской конференции по аналитической спектроскопии, Краснодар, 20–26 сентября 2026 года. – Краснодар: ООО «ТД Алоста», 2026. – С. 185.

Автор выражает глубокую признательность к.х.н., доценту Н. В. Киселевой, д.х.н., профессору Т. Г. Цюпко, сотрудникам УНПК «Аналит» и кафедры аналитической химии за оказанную помощь и поддержку в проведении диссертационного исследования.

Чубукина Татьяна Константиновна

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСТРАКТАХ НЕКОТОРЫХ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА АСТРОВЫЕ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Подписано в печать 20.10.2026

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 6600.8

Издательско-полиграфический центр

Кубанского государственного университета
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.