

УДК 615.322:635.744

ЭКОЛОГО-ФИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *CALENDULA OFFICINALIS* L. ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

© *Н.А. Виноградова**, *С.А. Приходько*, *О.К. Кустова*

*Донецкий ботанический сад, пр. Ильича, 110, Донецк, 283023, Россия,
arina0vinogradova@yandex.com*

Проведено комплексное эколого-биологическое изучение *Calendula officinalis* L. в условиях Донецкого региона, сравнительное изучение химического состава и антиоксидантной активности цветков и травы для оценки перспективности использования отечественного сырья. Отмечена успешность культивирования, возможность создания товарных плантаций и заготовки. Урожайность свежесобранного сырья надземной массы составила 2.5 кг/м², сухого – 0.6 кг/м², воздушно-сухих соцветий – 0.1–0.2 кг/м². Проведено сравнение требований нормативной документации различных стран к качеству лекарственного сырья *C. officinalis*. Выявлено значительное содержание флавоноидов, оксикоричных кислот и дубильных веществ в траве *C. officinalis*. Ее преимуществом по сравнению с цветками является значительная фитомасса и урожайность. Для травы *C. officinalis* подобран оптимальный экстрагент. Исследована антиоксидантная активность сырья календулы с использованием различных методов. Перманганатометрически выявлено наличие значительной суммы восстанавливающих веществ в анализируемом сырье (результаты травы и цветков сопоставимы). Непосредственная антирадикальная активность (оценивали по способности нейтрализовать предварительно генерируемый катион-радикал АВТS) для цветков значительно превышала таковую для травы, что, по всей видимости, обусловлено высокой концентрацией фенольных соединений в цветках. Результаты анализа суммарной антиоксидантной активности (с помощью модельной реакции аутоокисления адреналина в щелочной среде) свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности экстрактов из всей надземной части календулы и практически не уступают тем, что получены только из цветков, что показывает важную роль низкомолекулярных антиоксидантов нефенольной природы в антиоксидантной системе травы календулы.

Ключевые слова: *Calendula officinalis* L., фазы фенологического развития, биологически активные вещества, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Виноградова Н.А., Приходько С.А., Кустова О.К. Эколого-фитохимическая характеристика *Calendula officinalis* L. при культивировании в условиях Донецкого региона // Химия растительного сырья. 2026. №2. Online First. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217730>.

Введение

В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации (от 7 июня 2023 г. №1495-р) о стратегии развития фармацевтической промышленности одними из приоритетных положений являются обеспечение инновационного импортозамещения, базирующегося на внедрении перспективных разработок лекарственных препаратов, преимущественно отечественного производства; повышение доступности и качества лекарственных средств, обеспечение их биологической безопасности. Особое значение приобретают фитопрепараты как имеющие преимущества в отношении широкого спектра терапевтического действия и безопасности. К числу таких культур относится календула лекарственная (*Calendula officinalis* L., *Asteraceae*). На настоящий момент она входит в десятку самых популярных по возделыванию в Европе лекарственных растений и занимает второе место после ромашки аптечной по площади выращивания и объемам заготовки [1]. В 2023 г. мировой рынок экстракта цветков *C. officinalis* составлял 26 млрд долларов. Согласно прогнозам, ожидается ежегодный рост на 30%, и к 2030 г. он достигнет 64.43 млрд долларов [2]. Высокопродуктивные сорта *C. officinalis* культивируются в Российской Федерации.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Традиционно цветки *C. officinalis* используют в медицине и косметологии в качестве противовоспалительного, ранозаживляющего и антимикробного средства [1–4]. Из цветков получают спиртоводные и масляные извлечения, входящие в состав различных лекарственных препаратов (например, Ротокан, Калефлон, Фитонэфрол, Грудной сбор №4, настойка, мазь, масло и суппозитории), выпускаемых отечественной фармацевтической промышленностью.

Наряду с этим различные *in vivo* и *in vitro* эксперименты показывают наличие спазмолитической, анальгезирующей (флавоноиды), противогрибковой (эфирное масло), желчегонной (флавоноиды), гепатопротекторной (сапонины), гиполипидемической (флавоноиды, фитостерины и алкалоиды), антидиабетической и противоопухолевой (флавоноиды) активностей [2, 5–8].

Согласно Государственной фармакопее Российской Федерации, фармакопейным является один вид лекарственного растительного сырья *C. officinalis* – цветки [9]. В некоторые европейские фармакопеи включена также надземная часть, составляющая до 90% массы растения. Заготовка ее менее трудоемкая и может быть полностью механизирована, а масса сырья значительно превышает урожай соцветий. Имеются сведения об исследованиях лекарственной ценности травы *C. officinalis*, которые доказывают ее антимикробное, гемолитическое, противовоспалительное, анальгетическое, антацидное и противоязвенное действие [2, 10–12].

В Донецком ботаническом саду (ДБС) проводятся научные исследования лекарственных растений мировой флоры. *C. officinalis* успешно выращивается в открытом грунте и входит в состав коллекции лекарственных растений ДБС с 1976 г. Производственно-экспериментальные площади 20 видов официальных и фармакопейных растений, в том числе – *C. officinalis*, закладывали в Новоазовском районе Донецкой области в совхозе Новоазовский (данные ДБС за 1994 г.). Изучали биохозяйственные показатели растений, семенное и вегетативное воспроизводство. В связи с этим есть основания рассматривать *C. officinalis* в отношении высокоперспективного ресурса для отечественного лекарственного растениеводства.

Растениям *C. officinalis* свойственна экологическая пластичность, однако накопление биологически активных веществ (БАВ) в них может значительно изменяться в зависимости от условий произрастания. В доступной литературе отсутствуют сведения о фитохимическом изучении ее цветков и надземной массы, заготовленных в Донецком регионе. Актуальным является комплексное изучение *C. officinalis* и сравнительная фитохимическая оценка ее лекарственного сырья, выращенного и собранного в конкретных условиях.

Цель работы – комплексное эколого-биологическое изучение *Calendula officinalis* L. в условиях Донецкого региона, сравнительное изучение химического состава и антиоксидантной активности цветков и травы для оценки перспективности использования отечественного сырья в фармацевтической и косметической промышленности.

Экспериментальная часть

В ДБС на протяжении 1976–1985 гг. привлекался семенной материал *C. officinalis* из ботанических садов бывших республик Советского Союза (в настоящее время – России, Эстонии, Украины, Литвы, Молдавии), Дании, Румынии и ГДР, из ФРГ – в 2014 г. Наблюдения проводили на экспериментальных участках лекарственных растений. В настоящее время растения представляют собой семенное потомство от свободного опыления. Растения содержали в полевых условиях как пропашные лекарственные культуры с междурядьями 35–45 см преимущественно в богарных условиях. Умеренный полив осуществляли при длительной засушливой погоде (2–3 полива за вегетационный период). Биоморфологическое изучение проводили по общепринятым методикам исследования в ботанических садах [13]. Определение урожайности проводили по модельным экземплярам с последующим пересчетом на единицу площади 1 м².

Заготовку растительного сырья (полностью раскрытые цветки, трава) проводили вручную в период массового цветения (июль–август 2023–2024 г.) в 8.00–10.00 часов дня. Отбор проб проводили согласно ОФС.1.1.0005 [14]. Сырье высушивали на воздухе, вдали от прямых солнечных лучей во избежание потери окраски. Сушку, очистку от посторонних примесей и измельчение проводили в лаборатории культурных растений при температуре окружающей среды 27±5 °С. Сырье упаковывали в плотно закрытые картонные коробки и бумажные пакеты, сопровождая этикетками с указанием наименования, сроков сбора и массы.

Для количественного определения БАВ использовали фармакопейные методы определения [9, 14]. Повторность всех опытов трехкратная, результаты представлены в виде среднего значения выборки и полуширины доверительного интервала. Статистическую обработку данных анализа осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Влажность определяли гравиметрически (согласно ОФС.1.5.3.0007) путем высушивания в сушильном шкафу при 100–105 °С до постоянной массы [14]. Определение содержания аскорбиновой кислоты и свободных органических кислот (в пересчете на яблочную кислоту) проводили титриметрически, в первом случае титровали раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята до появления розовой окраски (ФС.2.5.0106.18) [9], во втором – раствором натрия гидроксида до синего окрашивания (индикатор – бромтимоловый синий) (ФС.2.5.0093) [14]. Содержание дубильных веществ (в пересчете на танин) определяли перганатометрическим методом Левенталя (ОФС.1.5.3.0008) [14]. Он основан на легкой окисляемости фенольных гидроксидов перманганатом калия в кислой среде в присутствии индикатора и катализатора индигосульфокислоты, которая в точке эквивалентности раствора меняет окраску от синего до золотисто-желтого.

Для количественного определения флавоноидов (в пересчете на рутин) был использован спектрофотометрический метод (экстракция этиловым спиртом 70%), основанный на определении количества продуктов реакции комплексообразования с алюминия хлоридом (ФС.2.5.0030.15) [9]. Содержание оксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту) определяли спектрофотометрически (экстракция 70% этиловым спиртом) при длине волны 330 нм (ФС.2.5.0019.15) [9]. Антоцианы экстрагировали 96% этиловым спиртом, содержащим хлористоводородную кислоту, оптическую плотность измеряли при длине волны 534 нм. Содержание антоцианов рассчитывали в пересчете на цианидина-3-О-глюкозид (ФС.2.5.0003.15) [9]. Концентрацию каротиноидов (в пересчете на β -каротин) определяли спектрофотометрически при длине волны 450 нм (экстракция гексаном) (ФС.2.5.0106) [14]. Содержание суммы экстрактивных веществ определяли гравиметрически по методике ОФС.1.5.3.0006 (метод 1 – однократная экстракция) [14].

Для определения антиоксидантной активности (АОА) из цветков и травы *C. officinalis* готовили настой (согласно ОФС.1.4.1.0018 [9]). АОА определяли с использованием различных методов. Содержание восстанавливающих веществ устанавливали перманганатометрически [15], непосредственную антирадикальную активность оценивали по способности нейтрализовать стабильные свободные радикалы 2,2'-азинобис-3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты (ABTS⁺). Регистрацию изменения оптической плотности проводили при длине волны 734 нм [16]. Для анализа суммарной АОА использовали модельную реакцию аутоокисления адреналина *in vitro* в щелочной среде [17]. Ингибирующее действие извлечения из растительного сырья проявлялось в уменьшении значения оптической плотности при длине волны 347 нм.

Результаты и обсуждение

C. officinalis – однолетнее травянистое растение высотой 30–60 см. Стебли ветвистые, прямостоячие, сверху железистоопушенные. Листья расположены спирально, нижние черешковые, верхние сидячие. Цветки собраны в крупные, преимущественно апикальные корзинки. Краевые цветки ложноязычковые, ярко-оранжевые, средние – трубчатые – желто-оранжевые. Плод – семянка, имеет различную форму от продолговатой до серповидно-крючковой. Цветет длительное время с июня до глубокой осени (около трех месяцев). В естественных условиях встречается в Средиземноморье, на Ближнем Востоке до Ирана, в Южной и Центральной Европе, Африке и Азии. В настоящее время культивируется в лечебных и декоративных целях в европейских странах, США, Австралии, Средней Азии и на Кавказе.

В ДБС практикуется культивирование *C. officinalis* как высевом весной при закладке нового участка, так и использование участка с обсеменившимися растениями предыдущего года выращивания. Это дает преимущество в условиях засушливой весны – для самосева характерны более ранние сроки всходов и последующих фаз развития (от 5 до 7 дней), лучшее развитие по сравнению с растениями, посеянными весной. Сроки сева для засушливых условий степи – ранний с яровыми культурами (10–22 апреля) при прогревании почвы на глубине 10 см до 5 °С. Ширина междурядий – 45–50 см, густота стояния – 25–30 растений на 1 м².

Продолжительность периода от всходов до окончания вегетативной фазы развития растений – 35–40 дней. Продолжительность периода от всходов до массового цветения: 45–50 дней. Длительность цветения – 80–90 дней. Созревание семян по срокам совпадает с цветением корзинок на боковых побегах первого и второго порядков. Вегетационный период от посева до созревания семян – 135–140 дней (табл. 1). За вегетационный период уборку корзинок проводили регулярно от 15 до 20 раз, что стимулирует развитие корзинок на боковых побегах и продлевает период сбора лекарственного сырья. *C. officinalis* дает массовый самосев в пределах места культивирования и на небольших расстояниях от него, что обеспечивает самовозобновление популяции *ex-situ*. Лабораторная всхожесть семян колеблется от 85 до 90%, полевая – 75–85%. В посевном материале 40–60% семян серповидно-крючковой формы. Масса 1000 семян – 8–15 г. Семена сохраняют всхожесть 3–4 года.

Исследования биоморфологических показателей *C. officinalis*, которые могут влиять на выход и товарное качество растительного сырья, проводили в условиях северного Приазовья [18] и Донецкой возвышенности на территории ДБС (2023–2025 г.) в период массового цветения и начала плодоношения растений (табл. 2).

Растения, культивируемые в ДБС, по параметрам габитуса имеют незначительное превышение (высота и диаметр, длина боковых побегов, параметры листьев и соцветий). На них развивалось большее количество боковых побегов и, соответственно, листьев и соцветий. Такие же результаты наблюдали при оценке способности растений к воспроизводству по признаку «количество особей самосева». Высота растений перед уборкой на сырье – 40–50 см, в полной спелости семян – 50–56 см. Устойчивость к полеганию – высокая.

Согласно литературным данным, урожайность воздушно-сухих соцветий *C. officinalis* варьирует в зависимости от сорта и условий выращивания от 800 до 2000 кг/га [18]. Урожайность свежесобранного сырья надземной массы одного растения в ДБС составила 117.2 ± 6.0 г, сухого – 22.9 ± 0.5 г (21% от массы навески свежего сырья) или 2.5 кг/м² и 0.6 кг/м² соответственно. Урожайность воздушно-сухих соцветий с одного растения составила около 4–5 г, или 0.1 – 0.2 кг/м². Количество воздушно-сухих соцветий в 100 г составило 883.3 ± 14.5 шт.

Изучение фитохимического состава цветков и надземной массы *C. officinalis* позволяет обосновать целесообразность и перспективность комплексного использования растений этого вида. Согласно Государственной фармакопее Российской Федерации, содержание действующих веществ (флавоноидов) в цветках *C. officinalis* должно быть не менее 1% [9]. Цветки, заготовленные в условиях ДБС, удовлетворяют этому требованию, что свидетельствует об их лекарственной ценности (табл. 3). Результаты сравнительной оценки фитохимического состава различных видов сырья *C. officinalis* показали достоверные различия показателей по большинству групп БАВ – содержание их в траве уступает цветкам. Исключением является накопление антоцианов в надземной массе.

Таблица 1. Фазы фенологического развития *Calendula officinalis* L. (2023–2025 гг.)

Фазы развития	Диапазон дат	Продолжительность периода, дней
Всходы семян при весеннем высеве 20.IV–22.IV	10.V–15.V	20–25
Вегетативная фаза развития	10.V–14.VI	30–35
Генеративная фаза развития:		
– появление бутонов;	14.VI–19.VI	3–6
– начало цветения;	20.VI–25.VI	4–5
– массовое цветение;	26.VI–02.IX	69–79
– конец цветения;	03.IX–15.IX	10–12
– начало созревания семян;	10.VII–20.VII	7–10
– массовое созревание семян	21.VII–09.IX	45–50

Таблица 2. Биоморфологическая характеристика *Calendula officinalis* L.

Признак	Новоазовский район совхоз Новоазовский		г. Донецк, ДБС	
	M±m	lim	M±m	lim
Высота растения, см	49.8±0.4	35.0–54.0	52.3±0.4	50.0–56.0
Диаметр растения, см	27.2±0.6	23.0–37.0	29.9±1.6	20.0–42.0
Длина побега, см	41.0±0.1	29.8–51.2	48.5±1.2	40.0–57.0
Характеристика листа, см:				
– длина;	8.6±0.4	5.4–12.4	9.1±0.5	7.1–13.2
– ширина	2.8±0.2	1.3–4.2	3.1±0.2	1.6–4.4
Количество на одном растении, шт.:				
– боковых побегов первого порядка;	6.5±0.4	3.0–9.0	7.7±0.3	5.0–9.0
– листьев;	51.5±0.8	25.0–82.0	51.8±0.5	26.0–79.0
– соцветий	42.6±0.6	10.0–77.0	45.4±0.7	10.0–92.0
Количество соцветий на побегах, шт.:				
– центральном;	3.0±0.1	2.0–5.0	3.0±0.3	2.0–5.0
– боковом	5.2±0.4	1.0–10.0	5.5±0.7	1.0–11.0
Диаметр соцветий на побегах, см:				
– центральном;	3.0±0.3	2.0–5.0	3.8±0.1	3.2–4.5
– боковом	2.5±0.1	1.5–3.0	2.8±0.1	2.1–3.5
Количество особей самосева, шт.*	61.6±0.8	25–100	64.8±0.6	30–110

Примечание: * – данные в расчете на отдельно взятое растение.

Таблица 3. Результаты определения содержания биологически активных веществ в сырье растений *Calendula officinalis* L., произрастающих на Донбассе (в %, в пересчете на а.с.с.)

Группа биологически активных веществ	Трава	Цветки
Аскорбиновая кислота	0.06±0.003*	0.09±0.005
Дубильные вещества (в пересчете на танин)	1.36±0.07*	2.06±0.06
Оксикоричные кислоты (в пересчете на хлорогеновую кислоту)	1.79±0.09*	2.95±0.14
Флавоноиды (в пересчете на рутин)	0.53±0.04*	1.06±0.03
Каротиноиды (в пересчете на β-каротин), мг%	8.08±0.40*	26.08±1.16
Антоцианы (в пересчете на цианидина-3-О-глюкозид)	0.28±0.02	0.20±0.01*
Свободные органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту)	1.39±0.06*	3.97±0.34

Примечание: * – различия достоверны при $p \leq 0.05$

Интерес представляет сравнение требований нормативной документации разных стран к качеству сырья календулы с целью их гармонизации (табл. 4). Важно, что в Немецкую фармакопею включена вся надземная часть календулы, собранная во время цветения [24]. А во Французскую – цветки со стеблем длиной около 15 см [25]. Это подтверждает интерес к анализу лекарственной ценности всей надземной части календулы, а не только цветков.

Обращает на себя внимание тот факт, что Российская фармакопея предъявляет достаточно строгие требования к качеству цветков календулы: нормируется содержание флавоноидов и экстрактивных веществ в зависимости от целей использования. Количественное определение экстрактивных веществ, извлекаемых водой, проводят для сырья, предназначенного для производства лекарственных растительных препаратов (пачки, фильтр-пакеты), а извлекаемых спиртом 70% – для сырья, предназначенного для производства настойки [9].

При этом согласно требованиям Российской фармакопеи нормируется содержание флавоноидов в пересчете на рутин (экстракция этиловым спиртом), а согласно зарубежным фармакопеям (Европейской, Британской, Казахстанской, Монографии ВОЗ) определяется сумма флавоноидов в пересчете на гиперозид (экстракция ацетоном). И в литературе имеются исследования, подтверждающие, что рутин не является преобладающим флавоноидом календулы [2, 26, 27]. Это вызывает сомнения в целесообразности использования рутина в качестве маркерного вещества для расчета содержания флавоноидов. Также надо отметить, что Белорусская фармакопея предъявляет к содержанию флавоноидов (в пересчете на рутин) в цветках календулы менее строгое требование (не менее 0.6%), чем Российская (не менее 1%) [9, 22].

Помимо флавоноидов календула содержит комплекс других БАВ. Для оценки лекарственной ценности анализируемого сырья календулы, полученные результаты сравнивали с указанным в Российской фармакопее нижним пределом содержания этих метаболитов в их фармакопейных источниках. Выявлено значительное содержание оксикоричных кислот в траве и цветках *C. officinalis*, сравнимое с концентрацией этих метаболитов в их фармакопейном источнике: листьях *Urtica dioica* L. (не менее 0.3% [9]). Оксикоричные кислоты представляют собой наиболее физиологически активные формы фенольных соединений. В комплексе с другими веществами они оказывают разнообразное фармакологическое действие на организм человека, а также известны высокой АОА [28]. С помощью качественной реакции с железоаммонийными квасцами было доказано преобладание в сырье календулы конденсированных дубильных веществ. Выявлено, что содержание этих метаболитов в сырье *C. officinalis* сравнимо с их концентрацией в таком фармакопейном источнике как плоды *Padus avium* Mill. (менее 1.7%) [9]. Дубильные вещества – это фенольные соединения, оказывающие вяжущее и противовоспалительное действие. Надо отметить высокое содержание свободных органических кислот в сырье календулы. Их концентрация в цветках *C. officinalis* сравнима с их содержанием в листьях *Orthosiphon stamineus* Benth. (не менее 3%) и плодах *Sorbus aucuparia* L. (не менее 3.2%) [14]. Содержание аскорбиновой кислоты, антоцианов и каротиноидов в сырье календулы ниже, чем в их фармакопейных источниках. Однако эти метаболиты вносят свой вклад в АОА исследуемого сырья.

Для травы календулы экспериментально определена эффективность экстрагирования БАВ различными экстрагентами (вода и этиловый спирт разной концентрации). Выявлено, что оптимальными экстрагентами является вода и 70% этанол (табл. 5). Водой извлекаются преимущественно танины, аскорбиновая и органические кислоты, а спиртом – каротиноиды и фенольные соединения.

Значительный вклад в терапевтическое действие лекарственных растений вносит их АОА, кроме того от функционирования антиоксидантной системы зависит устойчивость растений к условиям урбанизированной среды, что важно для Донецкого региона [29, 30]. Важной составляющей антиоксидантной системы растений являются низкомолекулярные антиоксиданты, к которым относятся многие БАВ. Для

анализа АОА растений необходимо использовать разные методы, так как в зависимости от механизма АОА, могут быть получены различные и даже противоположные результаты.

Доступность календулы позволяет рассматривать ее как перспективный источник антиоксидантов в пищевой и фармацевтической промышленности. В литературе достаточно много исследований АОА календулы различными методами, однако результаты неоднозначны.

Таблица 4. Требования нормативных документов различных стран к качеству лекарственного сырья *Calendula officinalis* L.

Нормативный документ	Лекарственное растительное сырье	БАВ	Норма	Метод определения
Российская фармакопея [9]	Цветки (цветочные корзинки, собранные в начале распускания трубчатых цветков)	флавоноиды	не менее 1% (в пересчете на рутин)	спектрофотометрия, экстракция этиловым спиртом 70% 408 нм
		экстрактивные вещества, извлекаемые водой	не менее 35%	гравиметрия
		экстрактивные вещества, извлекаемые этиловым спиртом 70%	не менее 35%	гравиметрия
Европейская фармакопея [19]	Цветки (полностью распустившиеся, отделенные от плодоножки)	флавоноиды	не менее 0.4% (в пересчете на гиперозид)	спектрофотометрия, экстракция уксусом 425 нм
Британская фармакопея [20]	Цветки (полностью распустившиеся, отделенные от плодоножки)			
Фармакопея Казахстана [21]	Цветки (полностью распустившиеся)			
Беларусская фармакопея [22]	Цветки (цветочные корзинки, собранные в начале распускания трубчатых цветков)	флавоноиды	не менее 0.4% (в пересчете на гиперозид)	спектрофотометрия, экстракция уксусом 425 нм
			не менее 0.6% (в пересчете на рутин)	спектрофотометрия, экстракция этиловым спиртом 50% 408 нм
Монография ВОЗ [23]	Цветки (язычковые цветки или цветочные корзинки)	флавоноиды	не менее 0.4% (в пересчете на гиперозид)	тонкослойная хроматография
Немецкая фармакопея [24]	Надземная часть, собранная во время цветения	сухой остаток	не менее 1%	гравиметрия
Французская фармакопея [25]	Цветущие верхушки (цветочная головка с длиной стебля около 15 см)	рутин, хлорогеновая кислота	–	тонкослойная хроматография

Таблица 5. Содержание экстрактивных веществ в траве *Calendula officinalis* L.

Экстрагент	Содержание экстрактивных веществ, %
Вода	30.34±1.37
10% этанол	6.74±0.29
30% этанол	15.72±0.53
50% этанол	15.71±0.65
70% этанол	26.05±0.90
90% этанол	11.23±0.58

Одним из наиболее популярных способов оценки АОА является анализ способности нейтрализовать стабильные свободные радикалы (DPPH, ABTS). В одних исследованиях отмечается сильная антиоксидантная способность по отношению к радикалу DPPH [2, 10, 11] и катион-радикалу ABTS [2, 5], в других – более низкая по сравнению с другими популярными лекарственными растениями [31, 32]. Также имеются исследования, демонстрирующие способность нейтрализовать другие радикалы *in vitro* (супероксидные, гидроксильные, нитроксильные, липидные) [5, 32–34]. Однако при использовании другого (фосфомолибденового) метода оценки АОА выявлена низкая активность [31]. Известно, что АОА может быть обусловлена не только прямым антирадикальным действием, но и косвенным, например, посредством ингибирования катализаторов свободнорадикальных реакций или повышением

активности эндогенных антиоксидантов. Для календулы была выявлена значительная способность хелатирования ионов железа, которые являются катализаторами свободнорадикальных реакций [32].

В экспериментах *in vivo* экстракты календулы также проявили антиоксидантное действие (снижение продукции супероксида макрофагами и нейтрализация образующихся супероксидных радикалов, увеличение активности каталазы и содержания глутатиона в крови и печени) [2, 5, 33]. Интересно, что экстракты культивируемых растений календулы продемонстрировали более сильную антиоксидантную и нейтрализующую активность, чем экстракты дикорастущих растений [2].

Остается дискуссионным вопрос о том, какие БАВ календулы преимущественно обуславливают ее АОА. Несмотря на то, что фенольные соединения являются наиболее известным классом растительных антиоксидантов, водные и спиртовые извлечения из *C. officinalis* с разным содержанием фенольных антиоксидантов показали почти идентичную АОА [34]. Согласно Е.М. Мальцевой и соавт., при изучении различных сортов календулы не была выявлена корреляция АОА с содержанием флавоноидов [27]. А в работе зарубежных авторов, напротив, была выявлена корреляция антиоксидантных свойств календулы и общего содержания фенольных соединений и флавоноидов [10]. Такие противоречивые результаты могут быть связаны с использованием авторами разных экстрагентов. Водой извлекаются гликозиды флавоноидов, которые, исходя из своих структурных особенностей, предположительно не являются сильными антиоксидантами, в то время как агликаны флавоноидов более эффективны как антиоксиданты [27, 34]. По всей видимости, для проявления АОА важнее другие группы фенольных соединений. Оксикоричные кислоты показывают достаточно высокую АОА в тест-системах *in vitro* [34]. Имеется предположение, что основной вклад в АОА цветков календулы вносят антоцианы [27]. Также для проявления АОА важны дубильные вещества, каротиноиды и аскорбиновая кислота [2]. Необходимо отметить важность исследования водных извлечений из *C. officinalis*. В литературе достаточно много исследований использования других экстрагентов (метиловый и этиловый спирты, гексан, ацетон, метанол, пропиленгликоль), но при рассмотрении календулы как потенциального источника пищевых антиоксидантов актуален анализ именно водных извлечений.

Для первичного скрининга лекарственного растительного сырья с целью использования в комплексной терапии свободно-радикальных патологий мы использовали простой и доступный титриметрический метод, описанный Т.В. Максимовой и соавт. [15]. Этот метод позволяет определить сумму БАВ восстанавливающего характера. Чем выше данная величина, тем более высокой АОА обладает исследуемое сырье. Результаты представлены в таблице 6.

Для сравнения также приведены литературные данные по другим лекарственным растениям, полученные с помощью этого же метода. Результаты свидетельствуют о том, что трава и цветки календулы представляют интерес в качестве источника антиоксидантов.

Для оценки непосредственной антирадикальной активности использовали метод, основанный на способности исследуемых веществ восстанавливать предварительно генерируемый катион-радикал АВТС [16]. Это стабильный свободный радикал, имеющий зелено-голубую окраску и характерный спектр поглощения. При взаимодействии с антиоксидантами АВТС^{•+} восстанавливается, что приводит к обесцвечиванию раствора. Таким образом, аналитическим сигналом служит легко измеряемое снижение оптической плотности, катион-радикал АВТС образуется предварительно перед добавлением растительного экстракта. Антирадикальную активность определяли спектрофотометрически по снижению оптической плотности раствора при длине волны 734 нм в течение 6 мин (табл. 7).

Выявлено наличие антирадикальной активности у исследуемого сырья календулы. При этом цветки проявляют высокую антирадикальную активность (более 80% ингибирования радикала).

Таблица 6. Содержание суммы восстанавливающих БАВ в водном экстракте *Calendula officinalis* L. (в пересчете на рутин)

Лекарственное растительное сырье	мг/г
Трава календулы лекарственной	10.67±0.36
Цветки календулы лекарственной	13.02±0.74
Листья крапивы двудомной [35]	17.80±0.81
Трава различных видов астрагала [36]	16.87–23.03
Трава различных видов шалфея [37]	13.31–20.83

Таблица 7. Антирадикальная активность сырья *Calendula officinalis* L. (в % нейтрализации катион-радикала ABTS)

Продолжительность экспозиции, мин	Антирадикальная активность, %	
	Цветки календулы	Трава календулы
2	70.31±3.28	15.63±0.62
4	79.69±4.03	18.75±0.87
6	85.94±4.90	21.88±0.93

Однако несмотря на популярность этого метода, особенно для анализа пищевых продуктов, его недостатком является то, что радикал ABTS не является абсолютным аналогом биологических радикалов, в связи с чем результаты не могут быть полностью экстраполированы на эффективность в естественных условиях в живых системах, они служат лишь индикатором такой активности в физиологических условиях.

Поэтому для получения комплексной картины нами был также использован метод анализа антиоксидантных свойств растительных экстрактов по способности ингибировать свободнорадикальное окисление на начальных этапах аутоокисления адреналина в щелочной среде [17]. В отличие от предыдущего метода, здесь наблюдали влияние антиоксидантов растительных экстрактов на развивающуюся свободнорадикальную реакцию, которая сопровождалась образованием активных форм кислорода. Эту модельную реакцию авторы метода рекомендуют использовать также как модель хиноидного окисления катехоламина адреналина с целью поиска веществ-нейропротекторов [38]. В таблице 8 представлены результаты определения суммарной АОА исследуемого сырья.

Согласно методике, можно говорить о наличии АОА, если показатель ингибирования аутоокисления адреналина превышает 10%. Полученные результаты (более 50% ингибирования) свидетельствуют о высокой АОА экстрактов из всей надземной части календулы и не уступают тем, что получены только из цветков. Различия с результатами, полученными при использовании метода ABTS, вероятно, связаны с тем, что с ABTS реагируют, прежде всего, фенольные соединения, которые являются основными антиоксидантами в цветках. А в ингибировании реакции аутоокисления адреналина принимают участие и другие низкомолекулярные антиоксиданты, которые, по всей видимости, играют важную роль в антиоксидантной системе травы календулы.

Таблица 8. Антиоксидантная активность сырья *Calendula officinalis* L. (в % ингибирования аутоокисления адреналина)

Продолжительность экспозиции, мин	Антиоксидантная активность, %	
	Цветки календулы	Трава календулы
3	50.29±2.03	53.22±1.86
5	51.87±2.69	54.55±1.98
7	55.67±2.40	58.31±1.27

Выводы

В результате анализа химического состава и антиоксидантной активности цветков и травы *C. officinalis*, заготовленных в ДБС, установлено, что цветки соответствуют требованиям Российской фармакопеи по содержанию действующих веществ. Сравнение фитохимического состава разных видов сырья показало значительное содержание дубильных веществ, оксикоричных и свободных органических кислот в надземной массе, что свидетельствует о ее лекарственной ценности. Выявлено, что для достижения максимального выхода БАВ из травы *C. officinalis* в качестве экстрагента рекомендуется использовать воду и 70% этиловый спирт. Выявлена значительная АОА травы и цветков *C. officinalis*, что позволяет рассматривать этот вид как перспективный источник антиоксидантов для пищевой и фармацевтической промышленности.

Эколого-биологическое изучение в условиях Донецкого региона *C. officinalis* показало перспективность ее культивирования. Растения ежегодно обильно цветут и завязывают полноценные семена, хорошо переносят условия степного края, дают обильный самосев. Данные по урожайности воздушно-сухих соцветий находятся в пределах, указанных в литературных источниках. Доступность семенного материала *C. officinalis*, успешность культивирования, возможность заготовки и разнообразного применения растительного сырья являются основанием для решения ряда производственно-практических задач в области отечественного лекарственного растениеводства и создания товарных плантаций в условиях степной зоны.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания НИИР РАН ФГБНУ «Донецкий ботанический сад» по теме № 126020616725-0.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Куркин В.А., Шарова О.В., Афанасьева П.В., Вельмисева Л.Е., Федоров А.В. Перспективы создания высокопродуктивной сырьевой базы календулы лекарственной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, №1. С. 2249–2252.
2. Sapkota B., Kunwar P. A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacological activities of *Calendula officinalis* Linn. // Natural Product Communications. 2024. Vol. 19 (6). Pp. 1–21. <https://doi.org/10.1177/1934578x241259021>.
3. Stewart C.L., Lovett-Doust L. Effect of phosphorus treatment on growth and yield in the medicinal herb *Calendula officinalis* L. (Standard Pacific) under hydroponic cultivation // Canadian Journal of Plant Science. 2003. Vol. 83. Pp. 611–617.
4. Givol O., Kornhaber R., Visentin D., Cleary M., Haik J., Harats M. A systematic review of *Calendula officinalis* extract for wound healing // Wound Repair Regen. 2019. Vol. 27(5). Pp. 548–561. <https://doi.org/10.1111/wrr.12737>.
5. Preethi K.C., Kuttan G., Kuttan R. Anti-inflammatory activity of *Calendula officinalis* Linn. and its possible mechanism of action // Indian Journal of Experimental Biology. 2009. Vol. 47. Pp. 113–120.
6. Dey H., Tarannum M., Kumar P., Agarwal V., Parvez E., Ali N., Shafiq S., Sharma V. *Calendula officinalis* – A crucial and promising antifungal agent with cytotoxic biological attributes // Scholars Academic Journal of Pharmacy. 2024. Vol. 13(1). Pp. 30–36. <https://doi.org/10.36347/sajp.2024.v13i01.004>.
7. Бадмаев Н.С., Николаев С.М., Самбуева С.Г., Банзаракшеев В.Г., Григорьева Т.П. Комплексное фармакологическое действие экстракта *Calendula officinalis* на модели экспериментального холецистита // Состояние здоровья: медицинские, социальные и психолого-педагогические аспекты. Чита, 2016. С. 79–87.
8. Николаев С.М., Бадмаев Н.С., Самбуева С.Г., Оленников Д.Н., Кашенко Н.И. Желчегонная активность экстрактов сухих *Carthamus tinctorius* L., *Tagetes erecta* L. и *Calendula officinalis* L. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2020. Т. 175, №3. С. 76–79. <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-175-3-76-79>.
9. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018.
10. Rigane G., Ben Younes S., Ghazghazi H., Ben Salem R. Investigation into the biological activities and chemical composition of *Calendula officinalis* L. growing in Tunisia // International Food Research Journal. 2013. Vol. 20(6). Pp. 3001–3007.
11. Ashra A., Riaz M., Nasrullah M., Hanif M., Javaid B., Alic S., Qayyum M.A. Phytochemical, antioxidant and cytotoxicity studies of *Calendula officinalis* L. (pot marigold) leaves extracts // Oxidation Communications. 2016. Vol. 1. Pp. 120–130.
12. Афанасьева П.В. Комплексное фармакогностическое исследование календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.): дис. ... канд. фарм. наук. Самара, 2017. 198 с.
13. Глухов А.З., Горлачева З.С., Кустова О.К. Эфирномасличные и пряно-ароматические растения (интродукция, адаптивная стратегия, оценка перспективности выращивания). Донецк, 2013. 238 с.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023.
15. Патент №2170930 (РФ). Способ определения антиокислительной активности / Т.В. Максимова, И.Н. Никулина, В.П. Пахомов, Е.И. Шкарина, З.В. Чумакова, А.П. Арзамасцев. – 2001.
16. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // Free Radical Biology and Medicine. 1999. Vol. 26, no. 9/10. Pp. 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
17. Патент №2144674 (РФ). Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений / Т.В. Сирота. – 1999.
18. Кустова О.К., Глухов А.З., Козуб-Птица В.В., Виноградова Н.А. Перспективы выращивания лекарственных и ароматических растений в условиях Приазовья // Стратегические проблемы, угрозы и риски Азовского бассейна и Приазовья («Опасные явления – V»): материалы V Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова. Ростов-на-Дону, 2024. С. 376–380.
19. European pharmacopoeia: 10-th ed. Strasbourg, 2019. Vol. 1. 4370 p.
20. British pharmacopoeia. London, 2022. Vol. 1. 942 p.
21. Государственная фармакопея Республики Казахстан. Алматы, 2009. Т. 2. 804 с.
22. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Молодечно, 2007. Т. 2. 471 с.

23. Монография ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2010. 455 с.
24. German homeopathic pharmacopoeia. Stuttgart, 1985. 483 p.
25. Pharmacopoeia of France. Stuttgart, 1985. 326 p.
26. Лубсандоржиева И.Б., Ферубко Е.В., Даргаева Т.Д. Сравнительный анализ показателей количественного определения действующих веществ в лекарственном растительном сырье, назначаемом при заболеваниях органов пищеварения, по требованиям некоторых Фармакопей // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2019. №1(23). С. 4–15.
27. Мальцева Е.М., Егорова И.Н., Большаков В.В. Сравнительное исследование содержания фенольных соединений цветков различных сортов календулы лекарственной и их антиоксидантной активности // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2020. Т. 22, №7. С. 93–96.
28. Bernia R., Luuyckx M., Xu X., Legayd S., Sergeant K., Hausmand J., Luttsch S., Cai G., Guerriero G. Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism // Environmental and Experimental Botany. 2019. Vol. 161. Pp. 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.017>.
29. Potoroko I.U., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Shaik S., Sonawane S.H., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y., Tolstykh O., Paymulina A.V. Possibilities of regulation antioxidant activity of medicinal plant extracts // Human. Sport. Medicine. 2017. Vol. 17(4). Pp. 77–90. <https://doi.org/10.14529/hsm17040>.
30. Vinogradova N., Vinogradova E., Chaplygin V., Mandzhieva S., Kumar P., Rajput V.D., Minkina T., Seth C.S., Burachevskaya M., Lysenko D., Singh R.K. Phenolic compounds of the medicinal plants in an anthropogenically transformed environment // Molecules. 2023. Vol. 28. 6322. <https://doi.org/10.3390/molecules28176322>.
31. Логвина А.О. Сравнительная оценка железохелатирующей, антирадикальной и общей антиоксидантной активностей экстрактов из сырья фитопрепаратов, распространенных лекарственных растений // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 193–201. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210429>.
32. Ercetin T., Senol F.S., Orhan I.E., Tokerb G. Comparative assessment of antioxidant and cholinesterase inhibitory properties of the marigold extracts from *Calendula arvensis* L. and *Calendula officinalis* L. // Industrial Crops and Products. 2012. Vol. 36. Pp. 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.007>.
33. Ullah M.A., Hassan A., Hamza A. Calendula (*Calendula officinalis*) marigold as medicinal plant // Orthopaedics Case Reports. 2024. Vol. 2(6). <https://doi.org/10.31579/2835-8465/009>.
34. Лубсандоржиева И.Б. Антиоксидантная активность экстрактов *Calendula officinalis* L. // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 123–126.
35. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Определение антиоксидантной активности извлечений из листьев крапивы двудомной различными методами // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2020. Т. 9, №3. С. 59–66. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2020-9-3-59-66>.
36. Матвиенко У.А., Караваева Л.В., Егорычев П.Л., Мусабаева А.М., Тецкая Д.Р. Фитохимический анализ и антиоксидантная активность травы четырех видов астрагалов, относящихся к секции Dissitiflori DC. // Гербариум. 2025. Т. 2, №1. С. 23–28. <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-1-14>.
37. Кондратова Ю.А., Бубенчикова В.Н. Исследования антифлогистической и антиоксидантной активности дикорастущих и культивируемых видов рода *Salvia* L. // Сборник трудов Международной научной конференции «Перспективы лекарственного растениеводства». М., 2018. С. 661–666.
38. Сирота Т.В. Цепная реакция автоокисления адреналина – модель хиноидного окисления катехоламинов // Биофизика. 2020. Т. 65, №4. С. 646–655. <https://doi.org/10.31857/S0006302920040031>.

Поступила в редакцию 10 августа 2025 г.

После переработки 14 сентября 2025 г.

Принята к публикации 15 сентября 2025 г.

Vinogradova N.A.*, Prikhod'ko S.A., Kustova O.K. ECOLOGICAL AND PHYTOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF *CALENDULA OFFICINALIS* L. CULTIVATED IN THE CONDITIONS OF THE DONETSK REGION

Donetsk Botanical Garden, ave. Ilyicha, 110, Donetsk, 283023, Russia, arina@vinogradova@yandex.com

A comprehensive ecological and biological study of *Calendula officinalis* L. in the Donetsk region and a comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of flowers and above-ground mass were aimed at assessment of the prospects for using domestic raw materials. Successful cultivation, the possibility of creating commercial plantations and herbal raw material harvesting were shown. The yield of freshly harvested raw materials of the above-ground mass was 2.5 kg/m², the yield of dry mass was 0.6 kg/m² and that of air-dried inflorescences was 0.1–0.2 kg/m². Regulatory requirements of various countries for the quality of medicinal raw materials of *C. officinalis* were compared. Significant contents of flavonoids, oxycinnamic acids and tannins were revealed in the herbal raw material of *C. officinalis*. Its advantage compared to harvesting only flowers is significant phytomass and yield. An optimal extracting agent was selected for the herbal raw material of *C. officinalis*. The antioxidant activity of calendula raw materials was studied using various methods. Permanganometric analysis revealed the presence of a significant amount of revitalizing substances in the analyzed raw material (the results of the herbal raw materials and flowers are comparable). The direct antiradical activity (assessed by the ability to neutralize the pre-generated ABTS radical cation) of the flowers significantly exceeded that of the herbal raw materials, that is apparently due to the high concentration of phenolic compounds in the flowers. The results of the analysis of the total antioxidant activity (using a model reaction of adrenaline autoxidation in an alkaline medium) indicate a high antioxidant activity of extracts from the entire above-ground part of calendula and are practically not inferior to those obtained only from flowers, that shows the important role of low-molecular antioxidants of non-phenolic nature in the antioxidant system of *Calendula*.

Keywords: *Calendula officinalis* L., phases of phenological development, biologically active substances, antioxidant activity.

For citing: Vinogradova N.A., Prikhod'ko S.A., Kustova O.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, Online First. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217730>.

References

1. Kurkin V.A., Sharova O.V., Afanas'yeva P.V., Vel'miseva L.Ye., Fedorov A.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2012, vol. 14, no. 1, pp. 2249–2252. (in Russ.).
2. Sapkota B., Kunwar P. *Natural Product Communications*, 2024, vol. 19 (6), pp. 1–21. <https://doi.org/10.1177/1934578x241259021>.
3. Stewart C.L., Lovett-Doust L. *Canadian Journal of Plant Science*, 2003, vol. 83, pp. 611–617.
4. Givol O., Kornhaber R., Visentin D., Cleary M., Haik J., Harats M. *Wound Repair Regen*, 2019, vol. 27(5), pp. 548–561. <https://doi.org/10.1111/wrr.12737>.
5. Preethi K.C., Kuttan G., Kuttan R. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2009, vol. 47, pp. 113–120.
6. Dey H., Tarannum M., Kumar P., Agarwal V., Parvez E., Ali N., Shafiq S., Sharma V. *Scholars Academic Journal of Pharmacy*, 2024, vol. 13(1), pp. 30–36. <https://doi.org/10.36347/sajp.2024.v13i01.004>.
7. Badmayev N.S., Nikolayev S.M., Sambuyeva S.G., Banzaraksheyev V.G., Grigor'yeva T.P. *Sostoyaniye zdorov'ya: meditsinskiye, sotsial'nyye i psikhologo-pedagogicheskiye aspekty*. [Health status: medical, social and psychological-pedagogical aspects]. Chita, 2016, pp. 79–87. (in Russ.).
8. Nikolayev S.M., Badmayev N.S., Sambuyeva Z.G., Olennikov D.N., Kashchenko N.I. *Ekspirimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2020, vol. 175, no. 3, pp. 76–79. <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-175-3-76-79>. (in Russ.).
9. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed.]. Moscow, 2018. (in Russ.).
10. Rigane G., Ben Younes S., Ghazghazi H., Ben Salem R. *International Food Research Journal*, 2013, vol. 20(6), pp. 3001–3007.
11. Ashra A., Riaz M., Nasrullah M., Hanif M., Javaid B., Alic S., Qayyum M.A. *Oxidation Communications*, 2016, vol. 1, pp. 120–130.
12. Afanas'yeva P.V. *Kompleksnoye farmakognosticheskoye issledovaniye kalenduly lekarstvennoy (Calendula officinalis L.): dis. ... kand. farm. nauk.* [Comprehensive pharmacognostic study of calendula officinalis L.: diss. ... Cand. of Pharmaceutical Sciences]. Samara, 2017, 198 p. (in Russ.).
13. Glukhov A.Z., Gorlacheva Z.S., Kustova O.K. *Efirnomaslichnyye i pryano-aromaticheskiye rasteniya (introduktsiya, adaptivnaya strategiya, otsenka perspektivnosti vyrashchivaniya)*. [Essential oil and aromatic plants (introduction, adaptive strategy, assessment of cultivation prospects)]. Donetsk, 2013, 238 p. (in Russ.).
14. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XV ed.]. Moscow, 2023. (in Russ.).
15. Patent 2170930 (RU). 2001. (in Russ.).
16. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, vol. 26, no. 9/10, pp. 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
17. Patent 2144674 (RU). 1999. (in Russ.).
18. Kustova O.K., Glukhov A.Z., Kozub-Ptitsa V.V., Vinogradova N.A. *Strategicheskiye problemy, ugrozy i riski Azovskogo basseyna i Priazov'ya («Opasnyye yavleniya – V»): materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii pamyati chlena-korrespondenta RAN D.G. Matishova*. [Strategic problems, threats and risks of the Azov basin and the

* Corresponding author.

- Azov region ("Dangerous Phenomena – V"): Proceedings of the V International Scientific Conference in memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D.G. Matishov]. Rostov-on-Don, 2024, pp. 376–380. (in Russ.).
19. *European pharmacopoeia: 10-th ed.* Strasbourg, 2019, vol. 1, 4370 p.
 20. *British pharmacopoeia.* London, 2022, vol. 1, 942 p.
 21. *Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Kazakhstan.* [State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan]. Almaty, 2009, vol. 2, 804 p. (in Russ.).
 22. *Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'.* [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]. Molodechno, 2007, vol. 2, 471 p. (in Russ.).
 23. *Monografiya VOZ o lekarstvennykh rasteniyakh, shiroko ispol'zuyemykh v Novykh nezavisimyykh gosudarstvakh.* [WHO Monograph on Medicinal Plants Widely Used in the Newly Independent States]. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2010, 455 p. (in Russ.).
 24. *German homeopathic pharmacopoeia.* Stuttgart, 1985, 483 p.
 25. *Pharmacopoeia of France.* Stuttgart, 1985, 326 p.
 26. Lubsandorzhieva I.B., Ferubko Ye.V., Dargayeva T.D. *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv,* 2019, no. 1(23), pp. 4–15. (in Russ.).
 27. Mal'tseva Ye.M., Yegorova I.N., Bol'shakov V.V. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal "Pul's",* 2020, vol. 22, no. 7, pp. 93–96. (in Russ.).
 28. Bernia R., Luyckx M., Xu X., Legayd S., Sergeant K., Hausmand J., Luttsch S., Cai G., Guerriero G. *Environmental and Experimental Botany,* 2019, vol. 161, pp. 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.017>.
 29. Potoroko I.U., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Shaik S., Sonawane S.H., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y., Tolstykh O., Paymulina A.V. *Human. Sport. Medicine,* 2017, vol. 17(4), pp. 77–90. <https://doi.org/10.14529/hsm17040>.
 30. Vinogradova N., Vinogradova E., Chaplygin V., Mandzhiyeva S., Kumar P., Rajput V.D., Minkina T., Seth C.S., Burachevskaya M., Lysenko D., Singh R.K. *Molecules,* 2023, vol. 28, 6322. <https://doi.org/10.3390/molecules28176322>.
 31. Logvina A.O. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya,* 2022, no. 2, pp. 193–201. <https://doi.org/10.14258/jcpr.20220210429>. (in Russ.).
 32. Ercetin T., Senol F.S., Orhan I.E., Tokerb G. *Industrial Crops and Products,* 2012, vol. 36, pp. 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.007>.
 33. Ullah M.A., Hassan A., Hamza A. *Orthopaedics Case Reports,* 2024, vol. 2(6). <https://doi.org/10.31579/2835-8465/009>.
 34. Lubsandorzhieva I.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya,* 2009, no. 4, pp. 123–126. (in Russ.).
 35. Trineyeva O.V., Slivkin A.I., Safonova Ye.F. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv,* 2020, vol. 9, no. 3, pp. 59–66. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2020-9-3-59-66>. (in Russ.).
 36. Matviyenko U.A., Karavayeva L.V., Yegorychev P.L., Musabayeva A.M., Tetskaya D.R. *Gerbarium,* 2025, vol. 2, no. 1, pp. 23–28. <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2025-2-1-14>. (in Russ.).
 37. Kondratova Yu.A., Bubenchikova V.N. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Perspektivy lekarstvennogo rasteniyevedeniya».* [Collection of papers of the International scientific conference "Prospects of medicinal plant science"]. Moscow, 2018, pp. 661–666. (in Russ.).
 38. Sirota T.V. *Biofizika,* 2020, vol. 65, no. 4, pp. 646–655. <https://doi.org/10.31857/S0006302920040031>. (in Russ.).

Received August 10, 2025

Revised September 14, 2025

Accepted September 15, 2025

Сведения об авторах

Виноградова Наталья Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, arina0vinogradova@yandex.com

Приходько Светлана Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, и.о. директора, dbs-svetlana@mail.ru

Кустова Ольга Константиновна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, lavanda@mail.ru

Information about authors

Vinogradova Natalia Aleksandrovna – Candidate of Biological Sciences, Researcher, arina0vinogradova@yandex.com

Prikhodko Svetlana Anatolyevna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Acting Director, dbs-svetlana@mail.ru

Kustova Olga Konstantinovna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, lavanda@mail.ru