

УДК [615.32:582.751.2]:547.57(571.53/.55)

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРЕХ ВИДОВ РОДА *GERANIUM* L. ФЛОРЫ ПРИБАЙКАЛЬЯ

© Е.Г. Привалова¹, В.М. Мирович^{1*}, Н.И. Кащенко², Д.Н. Оленников²

¹ Иркутский государственный медицинский университет, ул. Красного Восстания, 1, Иркутск, 664003, Россия, mirko02@yandex.ru

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047, Россия

Представители рода *Geranium* L. применяются в этнотехнологии многих стран при желудочных заболеваниях, для заживления ран, как гемостатическое при кровохарканье, при сахарном диабете. Нами проведено исследование химического состава надземной части наиболее распространенных видов рода *Geranium* в Прибайкалье. Образцы сырья для исследования собирали в 2023 году в период вегетации, бутонизации, цветения и плодоношения на разнотравных лугах и лесных опушках в южных районах Иркутской области. Компонентный состав фенольных соединений исследовали методом микроколоночной ВЭЖХ-УФ. В надземной части *Geranium eriostemon* Fischer. идентифицировали 14 соединений (преобладают геранин – 15.25 мг/г, эллаговая кислота – 2.29 мг/г, кверцетин-3-*O*-глюкозид – 2.11 мг/г); *Geranium pratense* L. – 11 соединений (преобладают геранин – 12.10 мг/г, тригаллоилглюкоза – 4.21 мг/г, кверцетин-3-*O*-рутинозид – 1.64 мг/г); *Geranium wlassovianum* Fischer. – 15 (преобладают геранин – 5.26 мг/г, эпикатехин – 2.53 мг/г, эллаговая кислота – 3.27 мг/г, кемпферол-3-*O*-рутинозид – 1.85 мг/г). Методом спектрофотометрии сумма дубильных веществ в пересчете на галловую кислоту составила в этих видах от 2.98 до 3.71%, сумма флавоноидов в пересчете на рутин – от 2.87 до 3.92%. Максимум содержания суммы дубильных веществ и флавоноидов наблюдался в период цветения. Методом Pass определен пороговый прогностический уровень противовоспалительной и антиоксидантной активности для производных галловой, эллаговой кислот и флавоноидов, гемостатическая активность прогнозирована только для флавоноидных соединений.

Ключевые слова: флавоноиды, дубильные вещества, ВЭЖХ, растения рода *Geranium*, противовоспалительная активность.

Для цитирования: Привалова Е.Г., Мирович В.М., Кащенко Н.И., Оленников Д.Н. Компонентный состав и биологическая активность фенольных соединений трех видов рода *Geranium* L. флоры Прибайкалья // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 237–244. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416938>.

Введение

Семейство *Geraniaceae* Juss. в мировой флоре насчитывает 750 видов, род *Geranium* L. делится на 7 секций, секция *Geranium* включает 339 видов [1, 2]. В Центральной Сибири встречается 10 видов, наибольшее распространение имеют *G. eriostemon* Fischer., *G. pratense* L. и *G. wlassovianum* Fischer. В этнотехнологии разных стран применяются водные и спиртовые извлечения из надземных и подземных частей растений рода *Geranium* при диарее, желудочных заболеваниях, заживлении ран, как гемостатическое при кровохарканье, при сахарном диабете [3–5]. Исследование химического состава представителей рода *Geranium* показали содержание в них преимущественно фенольных соединений – флавоноидов, танинов, фенольных кислот; полисахаридов; аминокислот; эфирного масла [4, 6–9]. Особое внимание удалено исследованию соединений фенольного комплекса, как веществ обуславливающих применение представителей этого рода. Корни *G. collinum* Root. содержат галловую кислоту, корилагин, (+)-катехин, (-)-эпикатехин, (-)-эпигаллокатехин. Эти соединения в эксперименте показали высокую противодиабетическую активность (ингибирование фермента PTP-1B и α -глюкозидазы) [10]. Этилацетатная фракция *G. asphodeloides* Burm показала высокую активность ингибирования α -глюкозидазы, а из экстракта были выделены гидролизуемый танин

* Автор, с которым следует вести переписку.

(1,2,4-три-*O*-галлоил- β -D-глюкопираноза) и гликозиды флавоноидов кемпферола и кверцетина [3]. Трава *G. robertianum* L. содержит флавоноиды (изокверцитрин, кемпферол, рутин), фенольные кислоты (кафтаровая кислота), дубильные вещества и проявляет антиоксидантную, противомикробную, противовоспалительную и антигипогликемическую активность [1, 11, 12]. Флавоноиды *G. pratense* subsp. *finitimum* (Woronow) Knuth флоры Турции в эксперименте проявляли антиоксидантное действие [4]. Из флоры Узбекистана исследовались *G. collinum*, *G. charlesii* (Aitch. Hemse) Vved., в химическом составе которых установлено содержание флавоноидов производных кверцетина, кемпферола, изорамнетина [5, 13, 14].

Виды рода *Geranium* Центральной Сибири используются в народной и тибетской медицине. Водное извлечение травы *G. eriostemon* применяют при пневмонии и конъюктивитах, свежие листья – как ранозаживляющее, настой травы *G. pratense* – при гастрите, энтерите, гинекологических и геморроидальных кровотечениях, простудных заболеваниях, отвар корней – при дизентерии, отвар травы *G. wlassovianum* – при женских болезнях, утеростимулирующее, при дизентерии, злокачественных опухолях [6].

Из отечественной флоры исследовался химический состав *G. pratense*, *G. sylvaticum* L., *G. palustre* L., *G. sibiricum* L. и *G. wlassovianum*, произрастающих в Европейской части России [9, 15, 16] и в Забайкальском крае [17]. Фенольные соединения *G. purpurea*, *G. pratense* и *G. sylvaticum* в эксперименте показали бактерицидную активность в отношении штаммов *B. cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* и *S. aureus* [18], а флавоноиды *G. Pratense*, по данным Z.S. Akdemir с соавторами, обладали антиоксидантным действием [4].

Целью нашей работы является исследование компонентного состава фенольного комплекса надземной части *G. eriostemon*, *G. pratense* и *G. wlassovianum* флоры Прибайкалья и определение спектра биологической активности идентифицированных соединений методом *in silico*.

Экспериментальная часть

Объект исследования. Надземную часть трех видов рода *Geranium* собирали в фазы вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения в южных районах Иркутской области на разнотравных лугах и лесных опушках: *G. eriostemon* – в Ангарском районе (02.VI.2022; 14.VI.2022; 20.VI.2022; 28.VI.2022; 52.41205 с.ш. 104.05975 в.д. 022), *G. pratense* – в Иркутском районе (04.VI.2022; 12.VI.2022; 28.VI.2022; 09.VIII.2022; 52.27362 с.ш. 104.90913 в.д.), *G. wlassovianum* – в Иркутском районе (28.V.2022; 06.VI.2022; 18.VI.2022; 17.VII.2022; 52.15661 с.ш. 104.40411 в.д.). Видовая принадлежность определена к.б.н. Г.И. Бочаровой, Иркутский государственный медицинский университет. Сушка сырья проводилась воздушно-теневым методом.

Исследование фенольных соединений. Образцы сырья в количестве 0.2 г сырья с размером частиц 1 мм экстрагировали 2 мл 70% спирта этилового в ультразвуковой ванне (параметры 100 Вт, 35 кГц) 30 мин. Экстракцию повторяли дважды. Извлечения переносили в мерную колбу вместимостью 5 мл, доводили до метки 70% спиртом этиловым. Объединенное извлечение пропускали через PTFE фильтр (0.22 мкм). Извлечения анализировали на хроматографе Милихром А-02 (Эконова, Новосибирск) с применением микроколонки с обращено-фазовым сорбентом ProntoSIL-120-5-C18 AQ (2 мм × 75 мм × 5 мкм; Metrohm AG; Herisau, Switzerland), используя подвижные фазы 0.2 М LiClO₄ в 0.006 М HClO₄ (A) и MeCN (B) и градиентный режим (% B) – 0–18 мин 5–25%, 18–20 мин 25–100%. Скорость элюции – 150 мкл/мин, температура колонки – 30°C, длина волны УФ-детектора – 270 нм. В анализе применяли коммерческие образцы производителей ChemFaces (Beijing, China), Extrasynthese (Lione, France), Sigma-Aldrich (USA), из которых готовили растворы образцов сравнения в концентрации 0.01% [19].

Количественное определение дубильных веществ. Экстракцию суммы дубильных веществ проводили водой очищенной (навеска сырья около 2.0 г) в объеме 250 мл, при слабом кипении смеси в течение 30 мин. После фильтрования 2 мл извлечения переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили до метки водой очищенной. Анализировали оптическую плотность на спектрофотометре Leki SS («MEDIORA OY», Финляндия) при длине волны 270 нм. Суммарное содержание дубильных веществ рассчитывали, применяя удельный показатель поглощения галловой кислоты ($\varepsilon = 527$).

Количественное определение флавоноидов. Образцы сырья (1.0 г), измельченные до размера частиц 2–3 мм, трехкратно экстрагировали 30 мл 50% спиртом этиловым. Извлечения фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводили до метки экстрагентом. Далее проводили реакцию комплексообразования с AlCl₃ (2% спиртовой раствор): 1 мл извлечения, 2 мл комплексообразователя и доводили до объема 25 мл в мерной колбе 96% спиртом этиловым. Раствор сравнения содержал 1 мл извлечения 0.1 мл 33% CH₃COOH,

доведенный до 25 мл 96% спиртом этиловым. Оптическую плотность измеряли через 40 мин. Содержание суммы флавоноидов рассчитывали по рутину.

Статистический анализ. Количественный анализ в методе МК-ВЭЖХ-УФ проводили трехкратно для каждого образца сырья, при количественном определении содержания суммы дубильных веществ и суммы флавоноидов спектрофотометрическими методами анализ проводился шестикратно. Результаты представлены как среднее значение и \pm стандартное отклонение, SD.

Прогнозирование биологической активности идентифицированных соединений. Прогнозирование биологической активности идентифицированных фенольных соединений проводили с применением компьютерной программы PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances, версия 1.917). Для анализа полученных результатов нами был принят пороговый уровень вероятности проявления активности – $Pa \geq 0.5$ ($Pa > Pi$).

Обсуждение результатов

В трех видах представителей рода *Geranium* идентифицировано 19 соединений, в надземной части *G. eriostemon* – 14 соединений, *G. pratense* – 11, *G. wlassovianum* – 15. На рисунке 1 пример хроматограммы спиртового извлечения из надземной части *G. eriostemon*.

Все три вида содержали гераниевую кислоту, которая характерна для растений рода *Geranium*, наиболее высокое содержание отмечается у *G. pratense* (5.07 мг/г) (табл. 1). Из фенольных соединений отмечено содержание свободной галловой кислоты (1), несахарных эфиров галловой кислоты (2, 3), галлотанинов (9, 10, 11); эллаговой кислоты и ее производных (6, 7). Среди производных галловой и эллаговых кислот высокое содержание гераниина у *G. eriostemon* (15.25 мг/г) и *G. pratense* (12.10 мг/г). Суммарное содержание производных галловой и эллаговой кислот наиболее высокое в этих же видах.

Флавоноиды представлены 7 соединениями: производные кверцетина (13, 14, 19), кемпферола (15, 16), изорамнетина (17, 18), являющиеся по строению кольца С флавонолами. По компонентному составу и количеству флавонолов близки виды *G. eriostemon* и *G. wlassovianum*. Сумма идентифицированных флавоноидов составляет 4.97 мг/г и 4.96 мг/г соответственно. В надземной части *G. pratense* идентифицировано 2 флавонола (13, 17), в количестве всего 2.21 мг/г. Флавоноиды *G. eriostemon*, производные кемпферола и изорамнетина, а также кверцетин-3-*O*-галлоилглюкозид, 5-*O*-галлоилшникимовая кислота идентифицированы для этого вида впервые. В надземной части *G. pratense* впервые идентифицированы производные галловой кислоты (3, 9, 10), эллаговой кислоты (6, 7) и изорамнетин-3-*O*-рутинозид (17).

Исследуемые виды рода *Geranium* в химическом составе содержат фенольные компоненты, которые являются предшественниками дубильных веществ (галловая кислота, эпикатехин), компоненты дубильных веществ (несахаридные эфиры галловой кислоты, галлотанины, производные эллаговой кислоты). Количественное содержание суммы дубильных веществ, определенное спектрофотометрическим методом, в надземной части растений составило от 2.98 до 3.71% (табл. 2). В изучаемых видах рода *Geranium* количество дубильных веществ в надземной части увеличивается от начальной фазы вегетации в период отрастания в весенне-летний период к фазе бутонизации, максимальные значения отмечаются в фазу цветения. В фазу плодоношения количество дубильных веществ снижается (рис. 2).

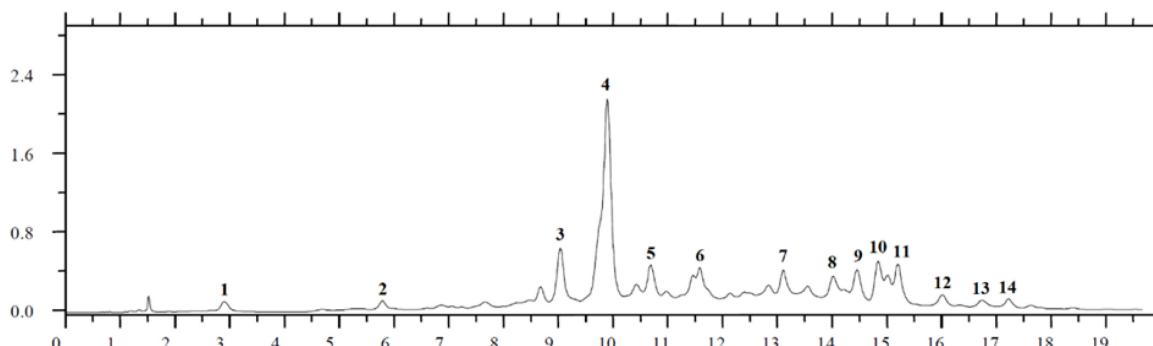


Рис. 1. Хроматограмма (ВЭЖХ-УФ) спиртового извлечения из надземной части *G. eriostemon*.

Числами обозначено положение соединений 1–14, указанных в таблице 1

Таблица 1. Компонентный состав соединений 1–19 в надземной части видов рода *Geranium* в период цветения, мг/г воздушно-сухого сырья

№	Соединение	Содержание		
		<i>G. eriostemon</i>	<i>G. pratense</i>	<i>G. wlassovianum</i>
1	Галловая кислота	0.39±0.01	0.26±0.00	0.12±0.00
2	5- <i>O</i> -галлоилшикимовая кислота	0.28±0.01*		0.10±0.00
3	5- <i>O</i> -галоилхинная кислота		0.31±0.01*	
4	5- <i>O</i> -кофеилхинная кислота	—		2.10±0.04
5	Гераниевая кислота	4.14±0.08	5.07±0.10	1.95±0.04
6	Геранин	15.25±0.32	12.10±0.25*	5.26±0.11
7	Аскогеранин	1.67±0.03	0.77±0.01*	0.82±0.02
8	Эпикатехин	1.96±0.04*	3.12±0.06	2.53±0.05
9	Тригаллоилглюкоза (изомер 1)	—	4.21±0.09*	1.42±0.03
10	Тригаллоилглюкоза (изомер 2)	—	3.99±0.08*	—
11	Тригаллоилглюкоза (изомер 3)	1.88±0.04*	—	—
12	Эллаговая кислота	2.29±0.05	2.96±0.06	3.27±0.07
13	Кверцетин-3- <i>O</i> -рутинозид (рутин)		1.64±0.03	
14	Кверцетин-3- <i>O</i> -глюкозид (изокверцитрин)	2.11±0.04	—	2.15±0.04
15	Кемферол-3- <i>O</i> -рутинозид	1.72±0.04*	—	1.85±0.04
16	Кемферол-3- <i>O</i> -глюкозид	0.57±0.01*	—	0.53±0.01
17	Изорамнетин-3- <i>O</i> -рутинозид	0.26±0.01*	0.57±0.01*	0.21±0.00
18	Изорамнетин-3- <i>O</i> -глюкозид	0.19±0.00*	—	0.14±0.00
19	Кверцетин-3- <i>O</i> -галлоилглюкозид	0.12±0.00*	—	0.08±0.00
Суммарное содержание:				
Галловая кислота и ее производные		2.55	8.77	1.64
Эллаговая кислота и ее производные		19.21	15.83	9.35
Флавонолы		4.97	2.21	4.96

Примечание. * – идентифицированы для вида впервые.

Таблица 2. Содержание суммы дубильных веществ и суммы флавоноидов в надземной части видов рода *Geranium* в период цветения, % в абсолютно сухом сырье

Растение	Дубильные вещества	Флавоноиды
<i>G. eriostemon</i>	3.24±0.10	3.70±0.11
<i>G. pratense</i>	2.98±0.09	2.87±0.08
<i>G. wlassovianum</i>	3.71±0.11	3.92±0.13

Количественное содержание суммы флавоноидов в надземных органах изучаемых видов рода *Geranium* составляет от 2.87 до 3.92%. Наибольшее содержание этой группы биологически активных соединений наблюдается в период бутонизации и достигает максимальных значений в фазу цветения (рис. 2).

По данным J.A. Gayosso-De-Lucio с соавторами, в *G. potentillaefolium* обнаружены геранин, галловая кислота, эллаговая кислота, кверцетин-3-*O*- β -D-глюкопиранозид (изокверцитрин) [20]. В надземной части *G. pyrenaicum* Burm содержится изокверцитрин (1.12 мг/г), суммарное содержание дубильных веществ, определенное спектрофотометрическим методом, составляет 5.30% [21].

С применением компьютерной программы PASS определен пороговый прогностический уровень противовоспалительной активности для компонентов 6, 7, 9–19 (Ра от 0.689 до 0.808). Максимальный уровень прогноза антиоксидантной активности соединений – 3, 4, 6–11, 13–19 (Ра от 0.785 до 0.991) (табл. 3).

Прогноз проявления желчегонной активности положительный только для соединений 4 и 19 (Ра 0.920 и 0.611 соответственно). Прогноз проявления гепатопротекторной активности характерен для всех соединений (за исключением 3) (Ра>0.5); гемостатическая активность прогнозирована для соединений 8, 10, 13–19 (Ра>0.611). По данным O. C.Ozer с соавторами, из *Geranium glaberrimum* Boiss. & Heldr. галловая эллаговая кислоты показали антиоксидантную активность [22]. Прогноз противовоспалительной активности для суммы фенольных соединений подтвержден исследованиями *in vivo* для *G. pratense* и *G. wlassovianum* [23, 24].

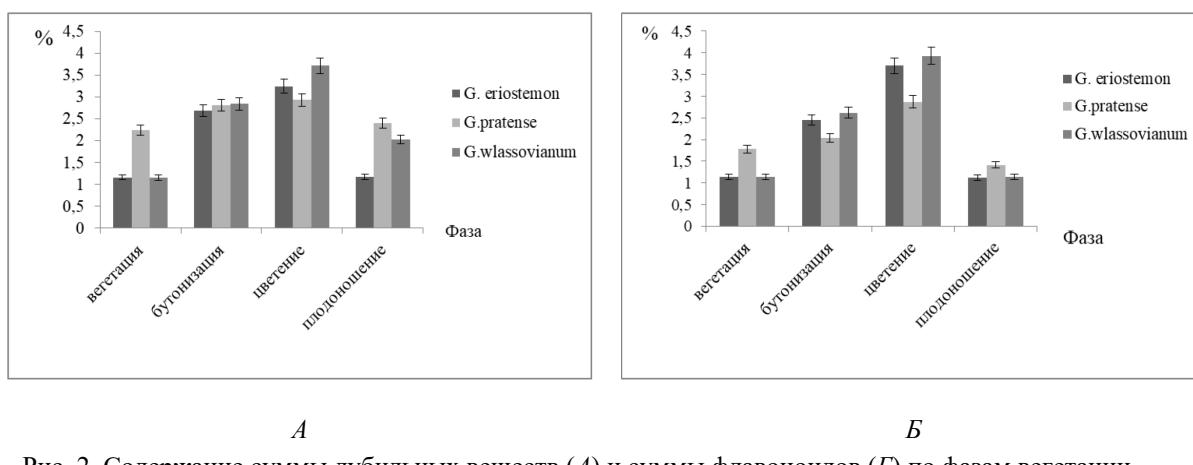


Рис. 2. Содержание суммы дубильных веществ (A) и суммы флавоноидов (B) по fazам вегетации в надземной части видов рода *Geranium*

Таблица 3. Прогнозируемая PASS биологическая активность идентифицированных фенольных соединений растений рода *Geranium*

№	Противовоспалительная	Антиоксидантная	Желчегонная	Гепатопротекторная	Гемостатическая
1	0.548	0.520	0.534	0.534	0.467
2	0.482	0.465	0.378	0.491	0.338
3	0.633	0.791	0.682	0.485	0.310
4	0.598	0.785	0.920	0.584	0.257
6	0.808	0.819	—	0.784	0.273
7	0.702	0.991	—	0.636	0.188
8	0.548	0.810	0.292	0.679	0.611
9	0.735	0.783	0.285	0.783	0.465
10	0.687	0.742	0.297	0.834	0.548
11	0.713	0.744	0.287	0.828	0.451
12	0.749	0.699	0.341	0.599	0.500
13	0.689	0.872	0.487	0.706	0.711
14	0.772	0.875	0.479	0.838	0.989
15	0.743	0.924	0.310	0.958	0.992
16	0.748	0.907	0.435	0.940	0.984
17	0.721	0.896	0.422	0.976	0.992
18	0.724	0.882	0.589	0.971	0.984
19	0.757	0.913	0.611	0.955	0.950

Выходы

Таким образом, компонентный состав фенольных соединений в надземной части видов *G. eriostemon*, *G. pratense*, *G. wlassovianum* представлен производными галловой кислоты, эллаговой кислоты, флавоноидами. Идентифицировано 19 соединений, для них дана количественная характеристика. Сумма дубильных веществ в пересчете на галловую кислоту в условиях Прибайкалья в период цветения в этих видах составляет 2.98–3.71%, сумма флавоноидов – 2.87–3.92%. Прогноз биологической активности методом Pass показал вероятность проявления у большинства компонентов противовоспалительной, антиоксидантной, гепатопротекторной, а для флавоноидов гемостатической активности.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Иркутского государственного медицинского университета и Института общей и экспериментальной биологии. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

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. Ávila M.B., de Lúcio J.A.G., Mendoza N.V., González C.V., De la O Arciniega M., Vargas G.A. *Geranium Species as Antioxidants* // Oxidative stress and chronic degenerative diseases - A role for Antioxidants. IntechOpen, 2013. Pp. 113–129. <https://doi.org/10.5772/52002>.
2. Ivanceva S., Petrova A. A chemosystematic study of eleven *Geranium species* // Biochem. Syst. Ecol. 2000. Vol. 28. Pp. 255–260. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(99\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(99)00060-5).
3. Renda G., Sari S., Barut B., Şoral M., Liptaj T., Korkmaz B., Özal A., Erik İ., Şöhretoglu D. α-Glucosidase inhibitory effects of polyphenols from *Geranium asphodeloides*: Inhibition kinetics and mechanistic insights through in vitro and in silico studies // Bioorg Chem. 2018. Vol. 81. Pp. 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.09.009>.
4. Akdemir Z.Ş., Tatlı İ.İ., Saracoglu İ., İsmailoğlu U.B., Şahin-Erdemli İ., Çalış İ. Polyphenolic compounds from *Geranium pratense* and their free radical scavenging activities // Phytochemistry. 2001. Vol. 56. Pp. 189–193. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00367-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00367-8).
5. Пулатов С.О., Жабборов А.М., Тажиева Ф.А. Виды рода *Geranium* L. во флоре Узбекистана: распространение, химический состав и биологическая активность // Universum: химия и биология. 2019. №10. С. 5–11.
6. Privalova E.G. A few representatives of *Asteroidae* (*Asteraceae*) subfamily and *Geranium* (*Geraniaceae*) genus in the Baikal region (review) // Pharmacy & Pharmacology. 2021. Vol. 9, no. 6. Pp. 426–440. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-6-426-440>.
7. Radulović N.S., Dekić M.S. Volatiles of *Geranium purpureum* Vill. and *Geranium phaeum* L.: chemotaxonomy of Balkan *Geranium* and *Erodium* species (*Geraniaceae*) // Chem Biodivers. 2013. Vol. 10. Pp. 2042–2052. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201300200>.
8. Разаренова К.Н., Зеленцова А.Б., Толстиков С.В., Жохова Е.В. Исследование углеводного состава *Geranium pratense* L., *Geranium sylvaticum* L., *Geranium palustre* L. // Бутлеровские сообщения. 2014. Т. 37. С. 85–89.
9. Разаренова К.Н., Захарова А.М., Протасова И.Д., Жохова Е.В. Аминокислотный состав надземной части *Geranium pratense* L., *Geranium sylvaticum* L., *Geranium palustre* L. // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 31. С. 73–78.
10. Numonov S., Edirs S., Bobakulov K., Qureshi M.N., Bozorov K., Sharopov F., Aisa H.A. Evaluation of the antidiabetic activity and chemical composition of *Geranium collinum* root extracts – Computational and experimental investigations // Molecules. 2017. Vol. 22. 983. <https://doi.org/10.3390/molecules22060983>.
11. Graça V.C., Ferreira I.C., Santos P.F. Phytochemical composition and biological activities of *Geranium robertianum* L.: A review // Ind. Crops. Prod. 2016. Vol. 87. Pp. 363–378. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.058>.
12. Fodorea C.S., Vlase L., Suciu S., Tămaş M., Leucuța S.E. Preliminary HPLC study on some polyphenols of *Geranium robertianum* L. (*Geraniaceae*) // Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat. Iasi. 2005. Vol. 109. Pp. 174–178.
13. Шарофова М.У., Нумонов С.Р., Шабанов П.Д., Нуралиев Ю.Н. Исследование антидиабетической и антиоксидантной активностей корней герани холмовой (*Geranium collinum* Steph.), произрастающей в Таджикистане // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2018. С. 95–101.
14. Сидиков Д.Р., Бобакулов Х.М., Нишанбаев С.З., Абдуллаев Н.Д. Фенольные соединения надземной части *Geranium Charlesii* (Aitch. & Hemsl.) Vved // Химия растительного сырья. 2017. №2. С. 127–132. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021393>.
15. Позднякова Т.А., Бубенчиков Р.А. Стандартизация сырья герани сибирской *Geranium sibiricum* L. по содержанию флавоноидов // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2013. №3. С. 288–291.
16. Позднякова Т.А., Бубенчиков Р.А. Разработка показателей качества травы герани сибирской (*Geranium sibiricum* L.) // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2014. №6. С. 139–140.
17. Ильина Л.П., Оленников Д.Н., Анцупова Т.П. Химический состав *Geranium wlassovianum* (*Geraniaceae*) // Химия растительного сырья. 2022. №3. С. 211–217. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2022039789>.
18. Никитина В.С., Кузьмина Л.Ю., Мелентьев А.И., Шендель Г.В. Антибактериальная активность полифенольных соединений, выделенных из растений семейств *Geraniaceae* и *Rosaceae* // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43(6). С. 705–712.
19. Ильина Л.П., Оленников Д.Н., Анцупова Т.П. Компонентный состав растений *Erodium stephanianum* (*Geraniaceae*), произрастающих в Республике Бурятия // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58(2). С. 152–160. <https://doi.org/10.31857/S0033994622010058>.
20. Gayoso-De-Lucio J.A., Torres-Valencia J.M., Cerda-García-Rojas C.M., Joseph-Nathan P. Ellagitannins from *Geranium potentillaefolium* and *G. bellum* // Nat. Prod. Commun. 2010. Vol. 5. Pp. 531–534.
21. Fodorea C.S., Vlase L., Leucuta S.E., Tamas M. Phytochemical study on some polyphenols of *Geranium pyrenaicum* // Chem. Nat. Compd. 2005. Vol. 41. Pp. 400–403. <https://doi.org/10.1007/s10600-005-0161-4>.

22. Ozer O.C., Orhan I.E., Çalışkan B., Deniz F.S.S., Gokbulut A., Maz T.G., Banoglu E. Exploration of anti-tyrosinase effect of *Geranium glaberrimum* Boiss. & Heldr. with in silico approach and survey of 21 Geranium species // J. hermed. 2021. Vol. 27. 100431. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100431>.
23. Патент №2564005 (РФ). Способ получения противовоспалительного средства вариант 1 / Е.Г. Горячкина, И.А. Данильцев, В.В. Гордеева, Г.М. Федосеева, О.И. Мазунова, А.В. Цыренжапов, Д.П. Свиридов. – 2013.
24. Патент №2564004 (РФ) Способ получения противовоспалительного средства вариант 2 / Е.Г. Горячкина, И.А. Данильцев, В.В. Гордеева, Г.М. Федосеева, О.И. Мазунова, А.В. Цыренжапов, Д.П. Свиридов. – 2013.

Поступила в редакцию 25 февраля 2025 г.

После переработки 17 апреля 2025 г.

Принята к публикации 31 мая 2025 г.

Privalova E.G.¹, Mirovich V.M.^{1}, Kashchenko N.I.², Olennikov D.N.²* COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PHENOLIC COMPOUNDS OF THREE SPECIES OF THE GENUS *GERANIUM* L. FLORA OF THE BAIKAL REGION

¹ Irkutsk State Medical University, st. Krasnogo Vosstaniya, 1, Irkutsk, 664003, Russia, mirk002@yandex.ru

² Institute of General and Experimental Biology SB RAS, st. Sakh'yanovoy, 6, Ulan-Ude, 670047, Russia

Representatives of the genus *Geranium* L. are used in ethnopharmacology in many countries for gastric diseases, for wound healing, as a hemostatic agent for hemoptysis, and for diabetes mellitus. We have conducted a study of the chemical composition of the aboveground part of the most common species of the genus *Geranium* in the Baikal region. Samples of the raw materials for the study were collected in 2023 during the growing season, budding, flowering and fruiting on grasslands and forest edges in the southern regions of the Irkutsk region. The component composition of phenolic compounds was studied by MK-HPLC-UV in alcohol extracts using commercial reference samples. In the above-ground part of the *Geranium eriostemon* Fischer. 14 compounds were identified (geranium is predominant – 15.25 mg/g, ellagic acid – 2.29 mg/g, quercetin-3-O-glucoside – 2.11 mg/g); *Geranium pratense* L. – 11 compounds (geranium is predominant – 12.10 mg/g, trigalloyl glucose (isomer 1) – 4.21 mg/g, quercetin-3-O-rutinoside – 1.64 mg/g); *Geranium wlassovianum* Fischer. -15 (geraniin – 5.26 mg/g, epicatechin – 2.53 mg/g, ellagic acid – 3.27 mg/g, kaempferol-3-O-rutinoside – 1.85 mg/g predominate). By spectrophotometry, the amount of tannins in terms of gallic acid in these species ranges from 2.98 to 3.71%, the amount of flavonoids in terms of rutin ranges from 2.87 to 3.92%. The maximum content of the sum of tannins and flavonoids is observed during the flowering period. The threshold prognostic level of anti-inflammatory and antioxidant activity for derivatives of gallic acid, ellagic acid and flavonoids was determined by the Pass method, hemostatic activity was predicted only for flavonoid compounds.

Keywords: flavonoids, tannins, HPLC, plants of the genus *Geranium*, anti-inflammatory activity.

For citing: Privalova E.G., Mirovich V.M., Olennikov D.N., Kashchenko N.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, pp. 237–244. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416938>.

References

1. Ávila M.B., de Lúcio J.A.G., Mendoza N.V., González C.V., De la O Arciniega M., Vargas G.A. *Oxidative stress and chronic degenerative diseases – A role for Antioxidants*. IntechOpen, 2013, pp. 113–129. <https://doi.org/10.5772/52002>.
2. Ivancheva S., Petrova A. *Biochem. Syst. Ecol.*, 2000, vol. 28, pp. 255–260. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(99\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(99)00060-5).
3. Renda G., Sari S., Barut B., Šoral M., Liptaj T., Korkmaz B., Özel A., Erik İ., Şöhretoğlu D. *Bioorg Chem.*, 2018, vol. 81, pp. 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.09.009>.
4. Akdemir Z.Ş., Tatlı İ.İ., Saracoğlu İ., İsmailoğlu U.B., Şahin-Erdemli İ., Çalış İ. *Phytochemistry*, 2001, vol. 56, pp. 189–193. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00367-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00367-8).
5. Pulatov S.O., Zhabborov A.M., Tazhiyeva F.A. *Universum: khimiya i biologiya*, 2019, no. 10, pp. 5–11. (in Russ.).
6. Privalova E.G. *Pharmacy & Pharmacology*, 2021, vol. 9, no. 6, pp. 426–440. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-6-426-440>.
7. Radulović N.S., Dekić M.S. *Chem. Biodivers.*, 2013, vol. 10, pp. 2042–2052. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201300200>.
8. Razarenova K.N., Zelentsova A.B., Tolstikov S.V., Zhokhova Ye.V. *Butlerovskiye soobshcheniya*, 2014, vol. 37, pp. 85–89. (in Russ.).

* Corresponding author.

9. Razarenova K.N., Zakharova A.M., Protasova I.D., Zhokhova Ye.V. *Butlerovskiye soobshcheniya*, 2012, vol. 31, pp. 73–78. (in Russ.).
10. Numonov S., Edirs S., Bobakulov K., Qureshi M.N., Bozorov K., Sharopov F., Aisa H.A. *Molecules*, 2017, vol. 22. 983. <https://doi.org/10.3390/molecules22060983>.
11. Graça V.C., Ferreira I.C., Santos P.F. *Ind. Crops. Prod.*, 2016, vol. 87, pp. 363–378. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.058>.
12. Fodorea C.S., Vlase L., Suciu S., Tămaş M., Leucuţa S.E. *Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat. Iasi.*, 2005, vol. 109, pp. 174–178.
13. Sharofova M.U., Numonov S.R., Shabanov P.D., Nuraliyev Yu.N. *Doklady Akademii nauk Respublikii Tadzhikistan*, 2018, pp. 95–101. (in Russ.).
14. Siddikov D.R., Bobakulov Kh.M., Nishanbayev S.Z., Abdullayev N.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 2, pp. 127–132. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021393>. (in Russ.).
15. Pozdnyakova T.A., Bubenchikov R.A. *Uchenyye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye, tekhnicheskiye i meditsinskiye nauki*, 2013, no. 3, pp. 288–291. (in Russ.).
16. Pozdnyakova T.A., Bubenchikov R.A. *Uchenyye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye, tekhnicheskiye i meditsinskiye nauki*, 2014, no. 6, pp. 139–140. (in Russ.).
17. Il'ina L.P., Olenikov D.N., Antsupova T.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 211–217. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2022039789>. (in Russ.).
18. Nikitina V.S., Kuz'mina L.Yu., Melent'yev A.I., Shendel' G.V. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2007, vol. 43(6), pp. 705–712. (in Russ.).
19. Il'ina L.P., Olenikov D.N., Antsupova T.P. *Rastitel'nyye resursy*, 2022, vol. 58(2), pp. 152–160. <https://doi.org/10.31857/S0033994622010058>. (in Russ.).
20. Gayoso-De-Lucio J.A., Torres-Valencia J.M., Cerdá-García-Rojas C.M., Joseph-Nathan P. *Nat. Prod. Commun.*, 2010, vol. 5, pp. 531–534.
21. Fodorea C.S., Vlase L., Leucuta S.E., Tamas M. *Chem. Nat. Compd.*, 2005, vol. 41, pp. 400–403. <https://doi.org/10.1007/s10600-005-0161-4>.
22. Ozer O.C., Orhan I.E., Çalışkan B., Deniz F.S.S., Gokbulut A., Maz T.G., Banoglu E. *J. hermed.*, 2021, vol. 27, 100431. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100431>.
23. Patent 2564005 (RU). 2013. (in Russ.).
24. Patent 2564004 (RU) 2013. (in Russ.).

*Received February 25, 2025**Revised April 17, 2025**Accepted May 31, 2025***Сведения об авторах**

Привалова Елена Геннадьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент, eleprivalova@ya.ru

Мирович Вера Михайловна – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующая кафедрой, mirko02@yandex.ru

Кащенко Нина Игоревна – доктор фармацевтических наук, старший научный сотрудник лаборатории медико-биологических исследований, ninkk@mail.ru

Оленников Даниил Николаевич – доктор фармацевтических наук, заведующий лабораторией медико-биологических исследований, olennikovdn@mail.ru

Information about authors

Privalova Elena Gennadyevna – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, eleprivalova@ya.ru

Mirovich Vera Mikhailovna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of Department, mirko02@yandex.ru

Kashchenko Nina Igorevna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Medical and Biological Research, ninkk@mail.ru

Olennikov Daniil Nikolaevich – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Head of the Laboratory of Medical and Biological Research, olennikovdn@mail.ru