

УДК 543.544: 615.322

## **КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ, АНТИРАДИКАЛЬНАЯ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ЗВЕРБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

© А.А. Ефремов<sup>1</sup>, Е.Е. Савельева<sup>2</sup>, Н.А. Булгакова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Институт космических технологий ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Россия

<sup>2</sup> Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, ул. Партизана Железняка, 1, Красноярск, 660022, Россия, bulgakovana@bk.ru

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии исследован компонентный состав водно-спиртовых экстрактов наземной части зверобоя продырявленного, произрастающего в Красноярском крае. Наибольшая сумма всех соединений определена в экстракте на спирте этиловом 40%. В сочетании с методом тонкослойной хроматографии установлено присутствие одного соединения из группы конденсированных производных антрахинона – гиперина. Определено общее содержание фенольных соединений, содержание флавоноидов и дубильных веществ в экстрактах зверобоя продырявленного. Исследованы антирадикальная и антимикробная активность экстрактов. Максимальная величина антирадикальной активности (100%) зарегистрирована для экстракта на спирте этиловом 40%. Экстракты, приготовленные в соотношении сырье : экстрагент 1 : 100, не проявили антимикробную активность в отношении к *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Candida albicans*. Экстракты, приготовленные в соотношении сырье : экстрагент 1 : 1, показали антимикробную активность только в отношении *Staphylococcus aureus* (MSSA) и (MRSA).

**Ключевые слова:** *Hypericum perforatum*, экстракт, антирадикальная и антимикробная активность.

**Для цитирования:** Ефремов А.А., Савельева Е.Е., Булгакова Н.А. Компонентный состав, антирадикальная и антимикробная активность экстрактов зверобоя продырявленного Красноярского края // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 186–194. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416616>.

### **Введение**

Среди большого разнообразия лекарственных растений, произрастающих на территории России, зверобой продырявленный занимает одну из ведущих позиций как растение, широко используемое в народной и официальной медицине, как отечественной, так и других стран [1, 2]. Высокий интерес к зверобою связан с многосторонним изучением его антидепрессивной, нейропротекторной, анксиолитической, противоопухолевой, противовоспалительной, гиполипидемической и других активностей [3–5].

Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L., семейство Зверобойные – *Hypericaceae*) представляет собой многолетнее корневищное травянистое растение высотой до 80 см. Имеет стебли тонкие, прямостоячие; листья мелкие, продолговатые, с просвечивающими вместилищами в виде точек; цветки ярко-желтые, собранные в соцветия. Период цветения – июнь–август. Растение широко распространено в Евразии – от Атлантического побережья до Сибири, Монголии и Китая; встречается в Северной Африке, Австралии, Южной и Северной Америке [6]. В России произрастает в лесной, лесостепной и степной зонах почти по всей европейской части страны, на Кавказе, в Западной Сибири [7]. Кроме зверобоя продырявленного из семейства зверобойных в России чаще всего встречаются зверобой шершавый или шероховатый (лат. *Hypericum scabrum* L.), зверобой изящный (*Hypericum elegans* Stephanex Willd.), зверобой четырехгранный (*Hypericum quadrangulum* L.) (или четырехкрылый, *Hypericum tetrapterum* Fr.). Всего же на территории

\* Автор, с которым следует вести переписку.

страны произрастает около 30 видов зверобоя. Разнообразие видов зверобоя и широкий ареал произрастания определяют актуальность исследования биологически активных соединений, синтезируемых и накапливаемых растением в различных климатических зонах России и других стран. Сравнение исследователями полифенольных профилей у разных видов и популяций зверобоя, а также культурных и дикорастущих растений, подтверждает высокую изменчивость содержания полифенолов в растениях [8–10].

Цель работы – исследовать компонентный состав, антирадикальную и антимикробную активность зверобоя продырявленного, произрастающего в Красноярском крае.

### Экспериментальная часть

Исходным сырьем являлась наземная часть зверобоя продырявленного, собранная в июле в период цветения растения в Ачинском районе Красноярского края в лесостепной зоне вдали от селитебных территорий. Перед использованием сырье сушили в тени и измельчали до размеров частиц 2–3 мм. В качестве экстрагента использовали водно-спиртовые смеси с содержанием этанола 20, 40, 70, 95%, а также дистиллированную воду. В колбу помещали около 1.0 г (точная навеска) измельченного сырья, добавляли 100.0 мл экстрагента, нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 ч, после охлаждения фильтровали.

Электронные спектры поглощения экстрактов регистрировали на спектрофотометре UV-1700 (Shimadzu, Япония) в диапазоне сканирования 190–900 нм в кюветах с толщиной поглощающего слоя 10.0 мм. В случае необходимости исходные экстракты разбавляли.

Высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) проводили на жидкостном хроматографе Милихром А-02 со спектрофотометрическим детектором УФ-диапазона (Эконова, Россия) в градиентном режиме элюирования на колонке Silasorb (SPH 5C18, 2×75 мм,  $d_p=5$  мкм), элюенты: А – 0.01% раствор муравьиной кислоты, В – 100% ацетонитрил, скорость подачи подвижной фазы составляла 100 мкл/мин, градиент: от 5% ацетонитрила до 100% ацетонитрила за 30 мин, при длинах волн детектирования: 210 (опорная), 230, 240, 250, 260, 280, 300 нм. Объем вводимой пробы – от 5 до 20 мкл полученного экстракта. Идентификацию проводили по времени удерживания и спектральным отношениям индивидуальных веществ в сравнении с аналогичными характеристиками стандартного образца (СО). Концентрацию отдельных соединений в полученных экстрактах определяли в пересчете на СО рутин (Sigma-Aldrich, Германия).

Тонкослойная хроматография проводилась на пластинках Sorbfil (ИМИД, Россия). Система растворителей для элюирования: этилацетат – муравьиная кислота (50 : 6).

Антирадикальную активность экстракта определяли спектрофотометрически при длине волны 517 нм в реакции со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ) (Sigma-Aldrich, Германия) ( $C = 1.7 \times 10^{-4}$  моль/л в 95% этиловом спирте) по уменьшению оптической плотности растворов через 30 мин от начала реакции [11, 12].

Антимикробную активность определяли диско-диффузионным методом. Диски стерильные диаметром 6 мм (картон технический фильтровальный ГОСТ 6722-75, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера) пропитывали 10 мкл экстракта и помещали на поверхность засеянного культурой микроорганизма питательного агара (агар Мюллера-Хинтон) в чашках Петри. Все условия испытаний были выполнены в соответствии МУК 4.2.1890-04. Концентрация взвеси микроорганизмов составляла  $1.5 \times 10^8$  КОЕ/мл, время инкубации – 24 ч, температура инкубации – 35 °С. Использовали следующие тест-культуры: *Staphylococcus saureus* (MSSA), *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*. Активность исследуемых экстрактов оценивали по величине диаметра зоны задержки роста тест-культуры (мм). Учитывалось среднее значение величин в трех повторностях.

Спектрофотометрическим методом определяли: фенольные соединения – в пересчете на галловую кислоту (реактив Фолина-Чокальтеу (Panreac, Испания), время реакции – 30 мин,  $\lambda = 750$  нм); флавоноиды – в пересчете на рутин (2% этанольный раствор алюминия хлорида, время реакции – 40 мин,  $\lambda = 415$  нм); дубильные вещества – в пересчете на (+)-катехин (осаждение кожным порошком (Feinleder, Германия), перемешивание – 30 мин,  $\lambda = 278$  нм) [13, 14].

### Обсуждение результатов

Электронные спектры поглощения были получены для пяти экстрактов зверобоя: водного и водно-этанольных (20, 40, 70, 95%). В водном экстракте в УФ-области наблюдаются два основных максимума

поглощения при 273 и 327 нм (рис. 1). Согласно литературным данным, в этой области поглощают различные группы фенольных соединений, среди которых могут быть производные простых фенолов, фенолкарбоновые и/или гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, дубильные вещества [15, 16].

Профиль спектральных кривых постепенно меняется при переходе от водного экстракта к экстракту на спирте этиловом 95% (рис. 2). В длинноволновой области спектра водно-спиртовых экстрактов появляются полосы поглощения, интенсивность которых постепенно усиливается с увеличением концентрации спирта и становится максимальной при использовании в качестве экстрагента этанола 95%.

Литературные данные по наличию отдельных биологически активных соединений в траве зверобоя продырявленного свидетельствуют о том, что в электронных спектрах поглощения рассматриваемых водно-спиртовых экстрактов интенсивное поглощение в области ниже 350 нм во многом может быть обусловлено одними и теми же соединениями, экстрагированными в разных количествах [17]. В длинноволновой части спектра поглощения экстракта на спирте этиловом 95% интенсивные полосы поглощения при 555 и 600 нм отнесли к конденсированным производным антрахинона (гиперицину). При этом наблюдается некоторый батохромный сдвиг по сравнению со стандартом гиперидина, который в данной области спектра имеет максимум поглощения при 590 нм [17, 18]. Возможно, частичное наложение интенсивной полосы поглощения хлорофилла, присутствующего в растительном экстракте, с максимумом поглощения при 671 нм [18–20] сказывается на результатах спектрофотометрического определения гиперидина в экстракте.

Идентификацию отдельных соединений полученных экстрактов проводили методом ВЭЖХ, подбирая наиболее подходящие условия хроматографического разделения. Концентрацию фенольных соединений определяли в пересчете на СО рутин. На рисунке 3 показано ВЭЖХ разделение фенольных соединений водного экстракта травы зверобоя продырявленного.

Практически все хроматограммы экстрактов похожи друг на друга, отличаясь интенсивностью отдельных пиков или отсутствием некоторых пиков с увеличением концентрации этанола в экстрагенте. На хроматограмме экстракта на спирте 95% наряду с соединениями, присутствующими в водном экстракте, наблюдается пик с временем удерживания 24.2 мин, который мы отнесли к гиперидину (рис. 4). В работе [18] указывается время удерживания выделенного гиперидина 23.1 мин, но условия хроматографирования не были идентичными.

Содержание отдельных соединений в полученных экстрактах представлено в таблице 1. Видно, что сумма всех фенольных соединений в экстрактах закономерно возрастает при переходе от водного экстракта к экстракту на спирте этиловом 40%, а затем снова уменьшается. При этом 70 и 95% этанол экстрагируют большее количество хлорофилла и конденсированных производных антрахинона. Экстракты приобретают красный и темно-красный цвет, характерный для растворов гиперидинов.

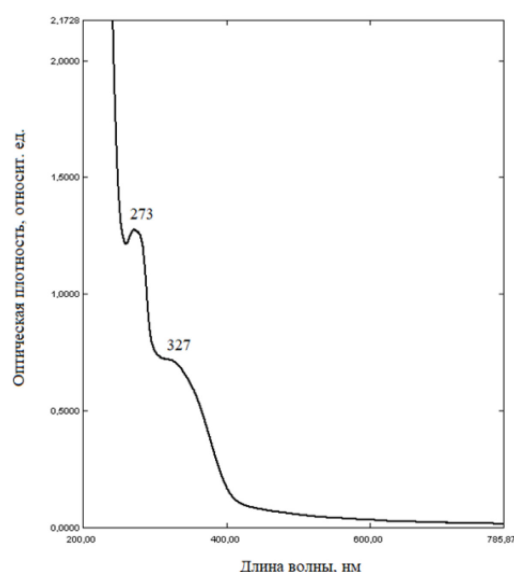


Рис. 1. Электронный спектр водного экстракта наземной части зверобоя продырявленного

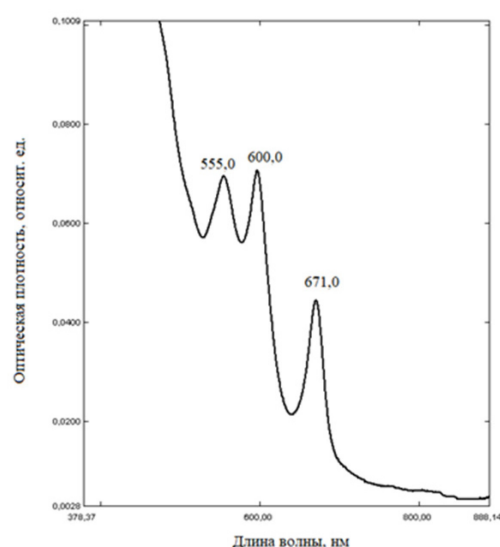


Рис. 2. Электронный спектр экстракта наземной части зверобоя продырявленного на спирте этиловом 95%

Рис. 3. Хроматографический профиль фенольных соединений водного экстракта наземной части зверобоя продырявленного (1 – хлорогеновая кислота, 2 – кофейная кислота, 3 – кемпферол-3-О-глюкозид, 4 – рутин, 5 – кверцетрин, 6 – изокверцетрин, 7 – кверцетин, 8 – кемпферол, 9 – не идентифицировано)

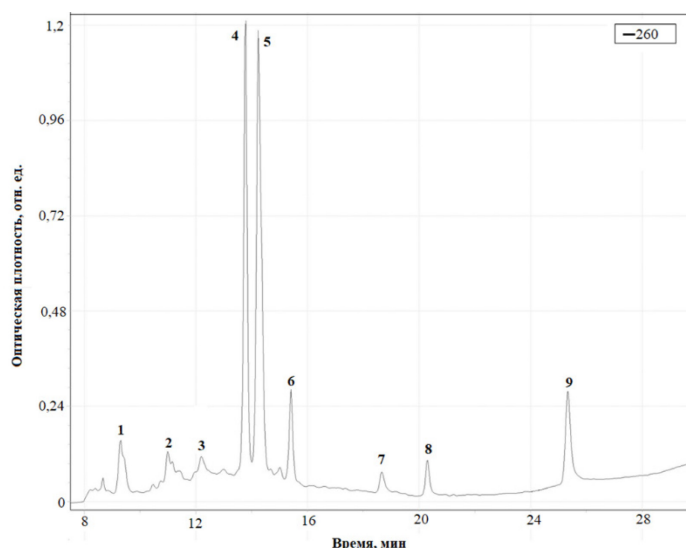


Рис. 4. Хроматографический профиль соединений экстракта наземной части зверобоя продырявленного на спирте этиловом 95%

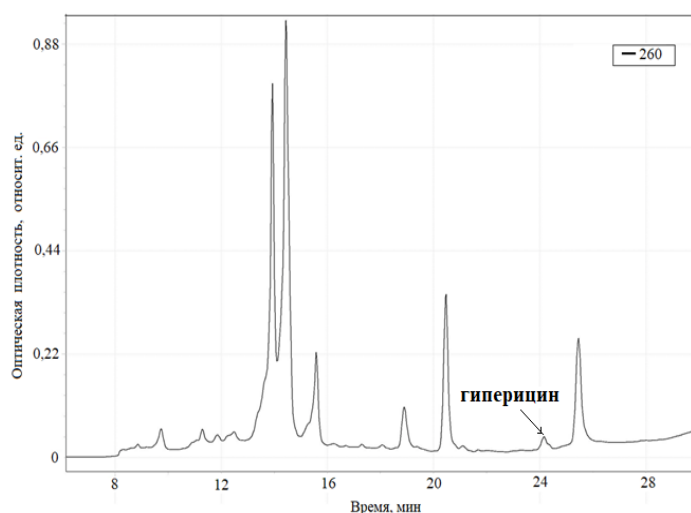


Таблица 1. Содержание отдельных соединений в экстрактах наземной части зверобоя продырявленного в пересчете на СО рутина, мг/г

Соединения	Время выхода, мин	Экстрагент				
		Вода	Этанол 20%	Этанол 40%	Этанол 70%	Этанол 95%
Хлорогеновая кислота	9.7	1.8	2.6	1.8	—	—
Кофейная кислота	11.2	2.7	1.2	—	—	—
Кемпферол-3-О-диглюкозид	12.8	1.1	4.5	5.4	—	—
Рутин	13.9	2.9	2.5	8.0	9.1	3.0
Кверцетрин	14.5	3.9	3.5	14.9	17.8	10.9
Изокверцетрин	15.6	3.6	1.4	—	—	2.9
Кверцетин	19.0	5.3	5.9	0.6	0.9	0.3
Кемпферол	20.6	0.8	1.9	1.7	2.1	1.2
Гиперицин	24.2	—	—	—	—	0.1
Не идентифицировано	25.5	0.6	1.4	1.3	1.1	1.0
Σ соединений		22.7	24.9	33.7	31.0	19.4

Концентрация гиперина в спиртовом экстракте незначительна. Согласно литературным данным, его содержание в траве зверобоя составляет 0.02–0.34% [21]. Для уточнения наличия гиперина в экстракте было проведено концентрирование соединения. Сначала навеску травы зверобоя около 35 г экстрагировали водой в аппарате Сокслета в течение 10–12 ч для удаления водорастворимых фенольных соединений. Гиперина при этом остаются в сырье, так как в воде практически не растворяются [22]. Далее провели экстракцию 95% этанолом. Таким образом, был получен этанольный концентрат гиперина, который анализировали хроматографически. ВЭЖХ разделение концентрата демонстрирует существенно возросшую интенсивность пиков (рис. 5).

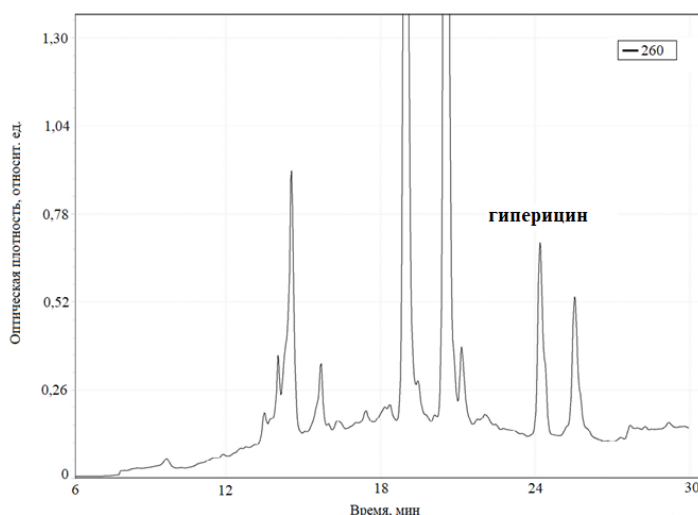


Рис. 5. Хроматографический профиль этанольного концентрата гиперидина наземной части зверобоя продырявленного

Методом ТСХ концентрат был разделен на составляющие. В области  $R_f = 0.7-0.9$ , характерной для гиперидинов, наблюдалась одна зона адсорбции, светящаяся при УФ-облучении красным цветом. Эта зона адсорбции с показателем  $R_f = 0.9$  была выделена и проанализирована методом ВЭЖХ. Соединение имело время удерживания на колонке 24.2 мин, электронный спектр поглощения его совпадал со спектром гиперидина [23]. Соединение было идентифицировано как гиперидин.

Наличие фенольных соединений разных групп определяет интерес к антирадикальной и антимикробной активности этих экстрактов. Чтобы оценить влияние отдельных групп соединений на эту активность, было определено общее содержание фенольных соединений, содержание флавоноидов и дубильных веществ в экстрактах (табл. 2), измерены величины антирадикальной и антимикробной активности экстрактов.

Используемые экстрагенты по-разному извлекают отдельные группы фенольных соединений. Вода и 20% этанол извлекают наибольшее количество дубильных веществ, в то время как 70% спирт извлекает наибольшее количество фенольных соединений и флавоноидов. С повышением концентрации этанола в экстрагенте активнее извлекаются и определенные количества хлорофилла и гиперидинов, что следует из электронных спектров поглощения. Экстракт на спирте этиловом 40% не содержит максимальное количество фенольных соединений той или иной группы, но общая сумма соединений в нем наибольшая (табл. 1). Именно в его случае величина антирадикальной активности максимальна и достигает 100% (рис. 6). Вероятно, синергетические взаимодействия компонентов экстракта приводят к такому результату.

Таблица 2. Содержание фенольных соединений, флавоноидов и дубильных веществ в экстрактах наземной части зверобоя продырявленного

Экстрагент	Фенольные соединения в пересчете на галловую кислоту, %	Флавоноиды в пересчете на рутин, %	Дубильные вещества в пересчете на катехин, %
Вода	$1.25 \pm 0.01$	$3.25 \pm 0.03$	$7.60 \pm 0.27$
Этанол 20%	$1.26 \pm 0.01$	$3.65 \pm 0.12$	$8.47 \pm 0.38$
Этанол 40%	$1.48 \pm 0.01$	$3.24 \pm 0.08$	$7.26 \pm 0.46$
Этанол 70%	$1.55 \pm 0.01$	$3.90 \pm 0.09$	$4.72 \pm 0.56$
Этанол 95%	$1.03 \pm 0.01$	$3.05 \pm 0.10$	$0.82 \pm 0.14$

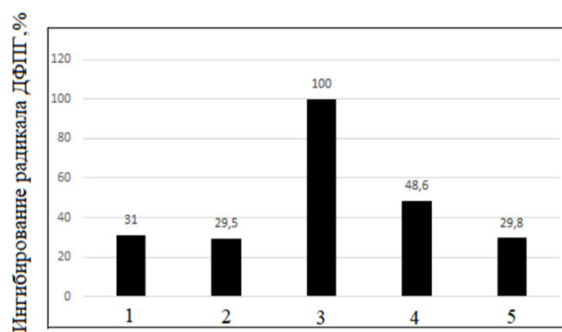


Рис. 6. Степень ингибирования радикала ДФПГ водно-спиртовыми экстрактами в течение 10 мин (1 – вода, 2 – этанол 20%, 3 – этанол 40%, 4 – этанол 70%, 5 – этанол 95%)

Для определения антимикробной активности экстрактов были взяты культуры, наиболее часто вызывающие инфекционные заболевания, бактерии *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и дрожжеподобный грибок *Candida albicans*. Экстракты, приготовленные в соотношении сырье : экстрагент 1 : 100, не были эффективны. Поэтому мы проверили эффективность экстрактов, приготовленных в соотношении сырье : экстрагент 1 : 1. В отношении культур *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Candida albicans* эти экстракты также не дали результат, но штаммы *Staphylococcus aureus* в этом случае оказались чувствительны. Средние значения диаметров зоны задержки роста тест-культур находились в пределах от  $7.0 \pm 0.05$  до  $9.2 \pm 0.07$  для всех экстрактов кроме экстракта на спирте этиловом 70%. Для этого экстракта диаметр зоны задержки роста составил  $10.7 \pm 0.07$  для штамма *Staphylococcus aureus* (MSSA) и  $13.7 \pm 0.09$  для штамма *Staphylococcus aureus* (MRSA).

Так как экстракт на 70% этаноле проявил наибольшую антимикробную активность, то для выявления наиболее активной группы веществ экстракт разделили на четыре фракции: хлороформную, этилацетатную, бутанольную и водный остаток. Затем проверили их на антимикробную активность в отношении *Staphylococcus aureus*. Для всех фракций средние значения диаметров зоны задержки роста культур остались примерно теми же. Но для штамма *Staphylococcus aureus* (MSSA) наибольший диаметр зоны составил  $9.0 \pm 0.06$  и  $9.2 \pm 0.05$  в случае этилацетатной и водной фракций соответственно, а для штамма *Staphylococcus aureus* (MRSA) –  $10.5 \pm 0.07$  и  $9.5 \pm 0.05$  в случае хлороформной и этилацетатной фракций соответственно. Фракции примерно в равной степени проявили себя, то есть антимикробную активность экстракта обуславливает весь комплекс присутствующих соединений.

### Выводы

Методом ВЭЖХ определен состав водно-спиртовых экстрактов наземной части зверобоя продырявленного, произрастающего на территории Красноярского края.

Методами ВЭЖХ и ТСХ установлено, что в зверобое продырявленном присутствует одно соединение из представителей конденсированных производных антрахинона – гиперидин.

Экстракт зверобоя на спирте этиловом 40% проявил максимальную антирадикальную активность (100%).

Водно-спиртовые экстракты зверобоя, приготовленные в соотношении сырье : экстрагент 1 : 100, не проявили антимикробную активность. Экстракты, приготовленные в соотношении сырье : экстрагент 1 : 1, проявили антимикробную активность в отношении штаммов *Staphylococcus aureus* (MSSA) и (MRSA).

### Благодарности

Работа была выполнена с использованием ресурсной базы Центра коллективного пользования «Молекулярные и клеточные технологии» Красноярского государственного медицинского университета имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого.

### Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института космических технологий и Красноярского государственного медицинского университета имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого. 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. Galeotti N. *Hypericum perforatum* (St John's wort) beyond depression: A therapeutic perspective for pain conditions // Journal of Ethnopharmacology. 2017. Vol. 200. Pp. 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.02.016>.
2. Nobakht S.Z., Akaberi M., Mohammadpour A.H., Tafazoli Moghadam A., Emami S.A. *Hypericum perforatum*: Traditional uses, clinical trials, and drug interactions // Iran. J. Basic Med. Sci. 2022. Vol. 25, no. 9. Pp. 1045–1058. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2022.65112.14338>.

3. Shrivastava M., Dwivedi L.K. Therapeutic potential of *Hypericum perforatum*: areview // Int. J. Pharm. Sci. and Res. 2015. Vol. 6, no. 12. Pp. 1000–1007. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6\(12\).1000-07](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6(12).1000-07).
4. Oliveira A.I., Pinho C., Sarmento B., Dias A.C.P. Neuroprotective Activity of *Hypericum perforatum* and Its Major Components // Front. Plant Sci. 2016. Vol. 7. 1004. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01004>.
5. Буданцев А.Л., Приходько В.А., Варганова И.В., Оковитый С.В. Биологическая активность *Hypericum perforatum* L. (*Hypericaceae*): обзор // Фармация и фармакология. 2021. Т. 9, №1. С. 17–31. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-1-17-31>.
6. Saddiqe Z., Naeem I., Maimoona A. A review of the antibacterial activity of *Hypericum perforatum* L. // J. Ethnopharmacol. 2010. Vol. 131, no. 3. Pp. 511–521. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.034>.
7. Соловьева В.А. Целебные травы России. М.; СПб, 2006. 287 с.
8. Napoli E., Siracusa L., Ruberto G., Carrubba A., Lazzara S., Speciale A., Cimino F., Saija A., Cristani M. Phytochemical profiles, phototoxic and antioxidant properties of eleven *Hypericum* species – A comparative study // Phytochemistry. 2018. Vol. 152. Pp. 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.05.003>.
9. Овчинникова В.Н., Гончарова И.С., Харченко П.Н., Леонова Т.Г., Буряк А.К. Масс-спектрометрия с лазерной десорбцией/ионизацией для сравнительной оценки содержания гиперина, псевдогиперина и гиперфорина в культурном и дикорастущем *Hypericum perforatum* L. *in vivo* и *in vitro* // Химия растительного сырья. 2016. №3. С. 35–40.
10. Rychlewski P., Kamgar E., Mildner-Szkudlarz S., Kowalczewski P., Zembruska J. Determination of the contents of bioactive compounds in St. John's wort (*Hypericum perforatum*): Comparison of commercial and wild samples // Open Chemistry. 2023. Vol. 21. 20220347. <https://doi.org/10.1515/chem-2022-0347>.
11. Mondal S., Hossain I., Islam Md.N. Determination of antioxidant potential of *Cucurbita pepo* Linn. (An edible herbs of Bangladesh) // J. Pharmacogn. Phytochem. 2017. Vol. 6, no. 5. Pp. 1016–1019.
12. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Антирадикальная активность эфирных масел лабазника вязолистного, зверобоя продырявленного и медуницы мягкой флоры Красноярского края // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 211–217. <https://doi.org/10.14285/jcprm.2021039195>.
13. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. М., 2018. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/zveroboia-trava-hyperici-herba/>.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации. 15-е изд. М., 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/opredelenie-soderzhaniya-dubilnykh-veshchestv-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennykh-sred/>.
15. Agarouda A., Booker A., Kiss T., Hohmann J., Heinrich M., Csopor D. Quality control of *Hypericum perforatum* L. analytical challenges and recent progress // J. Pharm. Pharmacol. 2019. Vol. 71, no. 1. Pp. 15–37. <https://doi.org/10.1111/jphp.12711>.
16. Моисеев Д.В. Изменение содержания активных веществ в надземной части *Hypericum perforatum* (*Hypericaceae*) в процессе хранения // Растительные ресурсы. 2015. Т. 51, №3. С. 436–443.
17. Alahmad A., Alghoraibi I., Zein R., Kraft S., Dräger G., Walter J.G., Scheper T. Identification of Major Constituents of *Hypericum perforatum* L. Extracts in Syria by Development of a Rapid, Simple, and Reproducible HPLC-ESI-Q-TOF MS Analysis and Their Antioxidant Activities // ACS Omega. 2022. Vol. 7, no. 16. Pp. 13475–13493. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06335>.
18. Леонтьев В.Н., Лазовская О.И., Косяк Д.А., Супиченко Г.Н., Коваленко Н.А. Спектрофлуориметрическое определение гиперина в лекарственных средствах и растительном сырье // Журнал прикладной спектроскопии. 2020. Т. 87, №6. С. 971–976.
19. Ayudhya T.I.N., Posey F.T., Tyus J.C., Dingra N.N. Using a Microscale Approach To Rapidly Separate and Characterize Three Photosynthetic Pigment Species from Fern // J. Chem. Educ. 2015. Vol. 92, no. 5. Pp. 920–923. <https://doi.org/10.1021/ed500344c>.
20. Куркин В.А., Правдивцева О.Е. Антраценпроизводные зверобоя продырявленного // Традиционная медицина. 2012. №2. С. 48–50.
21. Стасевич О.В., Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Леонтьев В.Н. Экстракционное выделение гиперина из некоторых сортов травы зверобоя продырявленного // Труды БГТУ. Серия 2: Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2012. №4. С. 180–182.
22. Рудометова Н.В., Никифорова Т.А., Ким И.С. Исследование экстракции гиперина из зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. №4. С. 32–39.
23. Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Леонтьев В.Н., Стасевич О.В. Электронные спектры поглощения экстрактов травы зверобоя // Труды БГТУ. Серия 2: Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2013. №4. С. 224–227.

Поступила в редакцию 21 декабря 2024 г.

После переработки 3 февраля 2025 г.

Принята к публикации 8 февраля 2025 г.

Efremov A.A.<sup>1</sup>, Savel'yeva Ye.Ye.<sup>2</sup>, Bulgakova N.A.<sup>2\*</sup> COMPONENT COMPOSITION, ANTIRADICAL AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF EXTRACTS OF ST. JOHN'S WORT OF THE KRASNOYARSK TERRITORY<sup>1</sup> Institute of Space Technologies, Federal Research Center KSC SB RAS, st. Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, st. Partizana Zheleznyaka, 1, Krasnoyarsk, 660022, Russia, bulgakovana@bk.ru

The component composition of aqueous-alcoholic extracts of the above-ground part of St. John's wort grown in the Krasnoyarsk Territory was studied using high-performance liquid chromatography. The highest amount of all compounds was determined in the extract on 40% ethyl alcohol. In combination with the thin-layer chromatography method, the presence of one compound from the group of condensed anthraquinone derivatives, hypericin, was established. The total content of phenolic compounds, the content of flavonoids and tannins in the extracts were determined. The antiradical and antimicrobial activity of the extracts was studied. The maximum value of antiradical activity (100%) was registered for the extract on 40% ethyl alcohol. Extracts prepared in the ratio of raw material : extractant 1 : 100 did not show antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. Extracts prepared in a raw material : extractant ratio of 1 : 1 showed some antimicrobial activity only against *Staphylococcus aureus* (MSSA) and (MRSA).

**Keywords:** *Hypericum perforatum*, extract, antiradical activity, antimicrobial activity.

**For citing:** Yefremov A.A., Savel'yeva Ye.Ye., Bulgakova N.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, pp. 186–194. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416616>.

## References

- Galeotti N. *Journal of Ethnopharmacology*, 2017, vol. 200, pp. 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.02.016>.
- Nobakht S.Z., Akaberi M., Mohammadpour A.H., Tafazoli Moghadam A., Emami S.A. *Iran. J. Basic Med. Sci.*, 2022, vol. 25, no. 9, pp. 1045–1058. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2022.65112.14338>.
- Shrivastava M., Dwivedi L.K. *Int. J. Pharm. Sci. and Res.*, 2015, vol. 6, no. 12, pp. 1000–1007. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6\(12\).1000-07](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6(12).1000-07).
- Oliveira A.I., Pinho C., Sarmiento B., Dias A.C.P. *Front. Plant Sci.*, 2016, vol. 7, 1004. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01004>.
- Budantsev A.L., Prihod'ko V.A., Varganova I.V., Okovityy S.V. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 17–31. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-1-17-31>. (in Russ.).
- Saddiqe Z., Naeem I., Maimoona A. *J. Ethnopharmacol.*, 2010, vol. 131, no. 3, pp. 511–521. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.034>.
- Solov'yeva V.A. *Tselebnyye travy Rossii*. [Medicinal herbs of Russia]. Moscow; St. Petersburg, 2006, 287 p. (in Russ.).
- Napoli E., Siracusa L., Ruberto G., Carrubba A., Lazzara S., Speciale A., Cimino F., Saija A., Cristani M. *Phytochemistry*, 2018, vol. 152, pp. 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.05.003>.
- Ovchinnikova V.N., Goncharova I.S., Kharchenko P.N., Leonova T.G., Buryak A.K. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 3, pp. 35–40. (in Russ.).
- Rychlewski P., Kamgar E., Mildner-Szkudlarz S., Kowalczewski P., Zembrzuska J. *Open Chemistry*, 2023, vol. 21, 20220347. <https://doi.org/10.1515/chem-2022-0347>.
- Mondal S., Hossain I., Islam Md.N. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 2017, vol. 6, no. 5, pp. 1016–1019.
- Zykova I.D., Yefremov A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 211–217. <https://doi.org/10.14285/jcprm.2021039195>. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. 14-ye izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th ed.]. Moscow, 2018. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/zveroboya-trava-hyperici-herba/>. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. 15-ye izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 15th ed.]. Moscow, 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/opredelenie-soderzhaniya-dubilnykh-veshchestv-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennykh-sred/>. (in Russ.).
- Agapouda A., Booker A., Kiss T., Hohmann J., Heinrich M., Csupor D. *J. Pharm. Pharmacol.*, 2019, vol. 71, no. 1, pp. 15–37. <https://doi.org/10.1111/jphp.12711>.
- Moiseyev D.V. *Rastitel'nyye resursy*, 2015, vol. 51, no. 3, pp. 436–443. (in Russ.).
- Alahmad A., Alghoraibi I., Zein R., Kraft S., Dräger G., Walter J.G., Scheper T. *ACS Omega*, 2022, vol. 7, no. 16, pp. 13475–13493. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06335>.
- Leont'yev V.N., Lazovskaya O.I., Kosyak D.A., Supichenko G.N., Kovalenko N.A. *Zhurnal prikladnoy spektroskopii*, 2020, vol. 87, no. 6, pp. 971–976. (in Russ.).
- Ayudhya T.I.N., Posey F.T., Tyus J.C., Dingra N.N. *J. Chem. Educ.*, 2015, vol. 92, no. 5, pp. 920–923. <https://doi.org/10.1021/ed500344c>.
- Kurkin V.A., Pravdivtseva O.Ye. *Traditsionnaya meditsina*, 2012, no. 2, pp. 48–50. (in Russ.).
- Stasevich O.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Leont'yev V.N. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*, 2012, no. 4, pp. 180–182. (in Russ.).

\* Corresponding author.



22. Rudometova N.V., Nikiforova T.A., Kim I.S. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*, 2016, no. 4, pp. 32–39. (in Russ.).
23. Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Leont'yev V.N., Stasevich O.V. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*, 2013, no. 4, pp. 224–227. (in Russ.).

*Received December 21, 2024*

*Revised February 3, 2025*

*Accepted February 8, 2025*

#### **Сведения об авторах**

*Ефремов Александр Алексеевич* – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом комплексной переработки растительного сырья, AEfremov15@mail.ru

*Савельева Елена Евгеньевна* – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующий кафедрой фармации с курсом ПО, saveleva\_ee@mail.ru

*Булгакова Надежда Анатольевна* – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры фармации с курсом ПО, bulgakovana@bk.ru

#### **Information about authors**

*Efremov Alexander Alekseevich* – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Complex Processing of Plant Raw Materials, AEfremov15@mail.ru

*Saveleva Elena Evgenievna* – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pharmacy with a Course of Postgraduate Education, saveleva\_ee@mail.ru

*Bulgakova Nadezhda Anatolyevna* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmacy with a Course of Postgraduate Education, bulgakovana@bk.ru