

УДК 547.972:543.42:582.936:615.322:547.913

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕТАБОЛИТОВ *MELILOTUS OFFICINALIS*

© Э.Х. Ботиров^{1*}, Н.К. Усманова², Д.А. Нарбутаева¹, Б.А. Абдурахманов¹

¹ Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз, ул. М. Улугбека, 77, Ташкент, 100170, Узбекистан, botirov-peri@mail.ru

² Наманганский государственный университет, ул. Уйчинская, 316, Наманган, 160100, Узбекистан

В обзоре обобщены сведения научной литературы, касающиеся химического состава, степени изученности и биологической активности метаболитов и экстрактов *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (донник лекарственный). Донник лекарственный в народной медицине применяется при стенокардии, тромбозе коронарных сосудов, тромбофлебите, для профилактики инфарктов, ишемических инсультов. Широкий спектр фармакологической активности *M. officinalis* обусловлен содержанием комплекса биологически активных веществ. Анализ данных литературы о химическом составе метаболитов *M. officinalis* свидетельствует о его разнообразии. Представлена информация о составе метаболитов донника лекарственного, относящихся к терпеноидам, кумаринам, гидроксибензойным кислотам, производным коричной и дигидрокоричной кислоты, флавоноидам и изофлавоноидам, липидам, углеводам, каротиноидам, тритерпеноидам, сапонинам, фитостеринам, аминокислотам, витаминам, карбоновым кислотам и другим классам природных биологически активных соединений. Результаты изучения фармакологической активности экстракционных препаратов и некоторых индивидуальных соединений *M. officinalis* показывают перспективность их дальнейшего изучения по ряду направлений, а также использования для создания на их основе лекарственных средств и паррафармацевтических продуктов. Целью и задачей настоящей статьи является обобщение и систематизация многочисленных литературных сведений о вторичных метаболитах и биологической активности экстрактов и индивидуальных соединений, выделенных из *M. officinalis*. Приведенные в обзоре сведения могут быть использованы в качестве справочной литературы фитохимикиами, биологами и фармакологами.

Ключевые слова: *Melilotus officinalis*, химический состав метаболитов, эфирное масло, кумарины, фенольные соединения, флавоноиды, каротиноиды, тритерпены, биологическая активность.

Сокращения: ЭМ – эфирное масло, ГХ-МС – газовая хроматография масс-спектрометрия, Glcp – β-D-глюкопиранозид, НЛ – нейтральные липиды, ЖК – жирные кислоты, ПЛ – полярные липиды, ФЛ – фосфолипиды, ТСХ – тонкослойная хроматография, ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография, АБТС – 2,2'-азобис(2,3-дигидро-3-этилбанзотиазол-6-сульфоновая кислота, ДФПГ-1,1-дифенил-2-пикрил- гидразол, МПО – миелопероксидаза, МДА – малоновый диальдегид, СОД – супероксиддисмутаза.

Для цитирования: Ботиров Э.Х., Усманова Н.К., Нарбутаева Д.А., Абдурахманов Б.А. Химический состав и биологическая активность метаболитов *Melilotus officinalis* // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 23–42. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315700>.

Введение

Melilotus officinalis (L.) Pall (донник лекарственный) – широко распространенное по всему миру двулетнее травянистое растение семейства *Fabaceae*, произрастающее в Пакистане, Кашмире, Тибете, России, Китае, Турции, Эфиопии, Танзании, Индии, Северной Азии, Средней и Южной Европе, интродуцировано в Америке и тропической Африке [1–5]. Встречается по всей территории европейской части России (кроме Крайнего Севера и северо-восточных районов), на Украине, Кавказе, в Средней Азии, Западной Сибири. Растет на лугах, иногда на солонцеватых, в посевах, на залежах и по окраинам дорог как сорное растение, на пустырях [2, 3, 6]. Слово «донник» происходит от «донной» – древнего названия подагры и «дна» — древнерусского обозначения болезней нижней части брюшной полости. Научное название происходит от греческого «мел» – мёд и «лотос» – кормовая трава. Растение в период цветения имеет характерный сладкий запах и привлекает опылителей. Среди русских общеупотребительных названий растения – донная трава, буркун, сладкий клевер.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Ценное лекарственное, медоносное и кормовое растение, обладающее своеобразным кумариновым запахом. В качестве лекарственного сырья заготавливают верхушки побегов с листьями и цветами [3, 7].

Донника лекарственного трава обладает антиангинальным, антигипертензивным, антикоагулянтным, антиагрегантным, гемолитическим и седативными действиями [3–5, 8–11], поэтому его можно применять для профилактики инфарктов, ишемических инсультов, в лечении тромбофлебита [4–11]. Донник лекарственный и лекарственные препараты, его содержащие, зарегистрированы в Германии, Польше, Франции, Латвии, Австрии, Румынии, Нидерландах и Украине для внутреннего и наружного применения [8]. Лекарственный препарат мелилотин в РФ (номер регистрации 192726 от 15.08.2000) рекомендован для лечения альгодисменореи, аменореи, олигоменореи, дисменореи, патологического климакса, в комплексной терапии эндометрита, аднекситов, как антигипоксическое, антиоксидантное, нейропротекторное и противосудорожное средство при неврологических болезнях.

Донник лекарственный в народной медицине применяется при стенокардии, тромбозе коронарных сосудов, тромбофлебите, в качестве наружного отвлекающего и раздражающего средства при ревматизме, как отхаркивающее, ветрогонное, молокогонное, противовоспалительное при заболеваниях верхних дыхательных путей, для лечения маститов, нарываов, полиартрита [1–4, 8, 10–12]. Донника лекарственного траву применяют в виде настоя, как спазмолитическое и вяжущее средство; при болезнях желудка и бронхитах; при бессоннице, неврастении, головных болях; для лечения геморроя [8–13]. В китайской медицине используется для лечения эпидемического энцефалита, а в Азербайджане – как лактогенное средство [1].

Донник лекарственный применяется также для ароматизации мыла, некоторых пищевых продуктов, табака и как фиксатор запаха в парфюмерной промышленности, его добавляют в некоторые марки водки, вин и ликеров [6, 14]. Донник является основным источником нектара для домашних медоносных пчел, дикие заросли донника могут дать до 230 кг меда с 1 га [6, 15]. На Кавказе молодые корни используют в пищу в сыром или вареном виде, а листья – как кулинарную пряность. Используется для изготовления зеленого сыра. В Таджикистане и во Франции листья используют для окрашивания тканей в желтый цвет. Донник лекарственный является эффективным инсектицидом от моли, ратицидом [6].

Важнейшее место среди растительных метаболитов занимают вещества вторичного метаболизма, которые чрезвычайно разнообразны по своей структуре и свойствам, а также проявляют высокую биологическую активность [16, 17]. Это направление активно развивается в последние десятилетия, привлекая особое внимание ученых и практиков для поиска, выделения и оценки активности данных соединений. Большой интерес к лекарственным препаратам, полученным из растительного сырья, обусловлен тем, что они оказывают мягкое воздействие, приводят к стойкому эффекту, редко вызывают побочные реакции, быстро выводятся из организма [3, 11, 17]. В этом плане изучение компонентного состава вторичных метаболитов лекарственного растения *M. officinalis* представляет научное и практическое значение для выяснения механизмов их биологического действия, стандартизации препаратов на основе донника лекарственного, а также комплексного использования лекарственного растительного сырья в фармацевтической промышленности и медицинской практике.

Цель настоящей работы – обобщение и систематизация многочисленных литературных сведений о вторичных метаболитах и биологической активности экстрактов и выделенных индивидуальных соединений *M. officinalis*, опубликованных в мировой и отечественной научной литературе.

Химический состав метаболитов Melilotus officinalis

Любое растительное сырье всегда содержит сложный набор первичных и вторичных метаболитов, которые определяют множественный характер действия лекарственных растений. Многие вторичные метаболиты растений обладают лекарственными свойствами и их применяют для лечения различных заболеваний, что связано с их ощутимым фармакологическим эффектом. К ним относятся терпеноиды, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, изофлавоноиды, фенилпропаноиды, алкалоиды, стероиды, витамины, стерины, стильбены, хиноны и другие классы природных соединений [3, 12, 16, 17]. Терапевтическая ценность лекарственных растений определяется входящими в их состав биологически активными веществами. Изучение их химического состава имеет важное значение для выявления основных действующих биологически активных веществ лекарственных растений, механизма фармакологического действия, динамики их накопления в зависимости от фазы вегетации растения и почвенно-климатических условий, стандартизации лекарственного растительного сырья и препаратов.

Исследование химического состава метаболитов *M. officinalis* представляет большой интерес ученых в связи с наличием в нем соединений с высокой биологической активностью, имеющих значительный потенциал для медицинского использования [1, 3, 6, 7, 9, 11, 12].

Широкий спектр фармакологической активности *M. officinalis* обусловлен содержанием комплекса биологически активных веществ. Анализ данных литературы о химическом составе метаболитов *M. officinalis* свидетельствует о его разнообразии. По результатам химических исследований донник лекарственный содержит фенолкарбоновые кислоты, кумарины, дигидрокумарин, дикумарол, кумаровую, мелилотовую и аллантоиновую кислоты, гликозид мелилотозид, мелилотин, эфирное масло, флавоноиды (глюкозиды кемпферола, кверцетина, лютеолина), полисахариды, белок, сапонины, аллантоин, монотерпеноиды, сесквитерпеноиды, тритерпеновые соединения, аминокислоты, дубильные вещества, витамины С и Е, каротиноиды, цимарин, холин, производные пурина, жирное и эфирное масла, жирные кислоты, макро- и микроэлементы (накапливает молибден, селен) [1, 3, 12, 18–40]. Семена содержат белок, углеводы, жирное масло, липиды и крахмал [23, 34, 41, 42].

Проведено фитохимическое и фармакогностическое изучение донника лекарственного, произрастающего на территории Курской, Орловской и Белгородской областей, определено наличие кумаринов, флавоноидов, оксикоричных кислот, дубильных веществ, триптерпеновых соединений, азотсодержащих веществ и аминокислот, углеводов, минеральных веществ, каротиноидов. Разработаны методы количественного определения сумм кумаринов и флавоноидов травы донника лекарственного [18]. В. Грудько проводил фармакогностическое исследование видов рода *Melilotus* L. флоры Украины с целью выявления новых перспективных видов как источников биологически активных веществ, на основе которых получены фармакологические лекарственные субстанции с антимикробной, противоопухолевой и антикоагулянтной активностью [19].

В результате комплексного фитохимического изучения донника лекарственного травы, произрастающего на Алтае, установлено наличие в растительном сырье кумаринов, флавоноидов, гидролизуемых дубильных веществ, тритерпеновых сапонинов, водорастворимых полисахаридов, пектина, аминокислот, лиофильных и других веществ [20]. Изучены компоненты *M. officinalis*, произрастающие на территории Узбекистана, в результате установлена зависимость качественного и количественного состава биологически активных компонентов растения от места его произрастания и почвенно-климатических условий [21, 22]. Надземная часть донника лекарственного, произрастающего на территории Узбекистана, содержит кумарины в количестве 0.32% (от массы воздушно-сухого сырья), флавоноиды – 0.57%, фенолкарбоновые кислоты – 0.51%, дубильные вещества – 1.70%, алкалоиды – 0.40%, органические кислоты – 6.00%, водорастворимые полисахариды – 2.30%, аскорбиновая кислота – 0.08% и каротиноиды – 1.87 мг% [19].

Состав эфирного масла (ЭМ). Характерный аромат сущеной травы донника вызван кумаринами и другими ароматическими веществами, включая спирты (бензиловый спирт, борнеол, 2-бутианол), кетоны (кетон артемизии, 2-бутианон, каррон, дигидрокаррон, деканаль), сложные эфиры (борнилацетат, этилдигидрокумарат, этилгексадеканоат), углеводороды (β-цимолов, эйкозан, генейкозан), лактоны (3,4-дигидрокумарин), карбоновые кислоты (масляная, деканоидная, додекановая) и фенолы (анетол, карвакрол) [8].

Изучен компонентный состав ЭМ из воздушно-сухой и свежей надземной части растения *M. officinalis*, произрастающего в Узбекистане [43]. Методом ГХ-МС в составе ЭМ из воздушно-сухого растения идентифицировано 49 соединений, тогда как в составе ЭМ из свежего растения обнаружены 22 вещества, что составляет 98.0 и 99.2% от общего количества ЭМ соответственно. Главными компонентами ЭМ как воздушно-сухой, так и свежей надземной части является кумарин, содержание которого составляет 83.2 и 87.9% соответственно. В составе ЭМ из воздушно-сухого растения кроме кумарина обнаружены актинидин (2.0%), мальтол (1.1%), незначительное количество монотерпенов лимонена, γ-терпинена, монотерпеноидов 1,8-цинеола, терпинен-4-ола, α-терпинеола, D-карвона сесквитерпена кариофиллена, сесквитерпеноидов оксида кариофиллена, β-дамасценона, фитола, а также бензилового и фенилэтилового спиртов, ванилина, 4-винилгваякола, фурфурала и других спиртов, кетонов, карбоновых кислот и др. В составе ЭМ из свежего растения наряду с кумарином обнаружены дигидрокумарин, бензиловый, фенилэтиловый спирты, фурфураль, каррон, терпинен-4-ол и др. Следует отметить, что компонентный химический состав ЭМ донника, произрастающего в Узбекистане, значительно отличается от состава ЭМ донника лекарственного, произрастающего в других регионах [43].

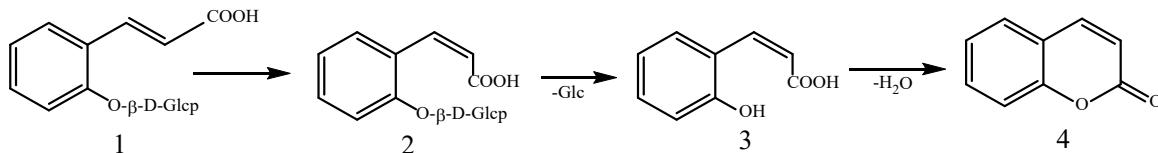
Анализ литературных данных показывает, что в составе ЭМ донника лекарственного, произрастающего на территории Красноярского края, мажорными компонентами являются 4-эпиакоренон (19.6%), бензиловый спирт (17.6%), ди-*n*-бутилфталат (11.4%) хамазулен (8.5%) и дигидроксизокаламендиол (7.3%) [44, 45].

Доминирующими компонентами ЭМ донника лекарственного, собранного в районе Борисполя (Украина), были гексагидрофарнезилацетон (16.64%), β -эвдесмол (11.49%) и глобулол (8.65%) [46], тогда как в составе ЭМ растения, произрастающего в Харьковской области, основными компонентами были неидентифицированные стероидные субстанции (29.5%), сквален (10.8%), а содержание кумарина составляет 1.0% [47, 48].

Доминирующими компонентами ЭМ *M. officinalis*, произрастающего на территории ХМАО-Югры, являются кумарин (32.8%), гексагидрофарнезилацетон (14.3%), гексадекановая кислота (8.4%), додекановая (5.7%) и декановая (4.5%) кислоты, дигидрокумарин (3.3%) [49]. В составе ЭМ донника лекарственного, произрастающего в Колумбии, главными компонентами являются кумарин (35.3%) и (Z)-3-гексен-1-ол (25.9%) [50].

В составе гексанового экстракта листьев донника лекарственного, произрастающего в Сирии, методом ГХ-МС обнаружены мажорные компоненты *n*-докозан (39.82%), 1,2-бензодикарбоновая кислота (17.77%), дигидрокумарин (15.39%), метил-3-(2-гидроксифенил)пропионат (14.29%) и 9,12,15-октадекатриеновая кислота (12.85%) [49]. ГХ-МС анализ *n*-гексанового экстракта семян донника лекарственного выявил наличие 12 соединений, мажорными из которых оказались (9Z,12Z)-октадекадиеновая (20.22%), 14-метилпентадекановая (19.52%), (9E)-октадеценовая (15.94%), линолевая кислоты (10.50%) и кумарин (8.40%) [51]. Эти результаты показывают, что фитохимический профиль эфирного масла *M. officinalis* напрямую зависит от физиологических, экологических и генетических особенностей растения, места его произрастания и почвенно-климатических условий.

Кумарины. Основными характерными компонентами донника лекарственного являются производные коричной кислоты и кумарина [1, 3, 8, 23, 36, 37]. Донник лекарственный содержит кумарин, умбеллиферон, герниарин, эскулетин, скополетин, 3,4-дигидрокумарин (мелилотин), дикумарол (дикумарин) [1, 3, 8, 12, 18–23, 35, 37, 52–54]. Кумарин содержится в растительной субстанции в количестве 0.3–0.9%. В свежей траве донника содержится мелилотозид, *o*-гликозид кумаровой кислоты, который присутствует в сухой траве донника в количестве от 0.4 до 6% [8]. Кумарин образуется из глюкозидов *транс*-(1) и *цис*-*o*-гидроксикиоричной кислоты (2) при сушке свежего растительного сырья. Гидролиз глюкозидов *цис*-*o*-гидроксикиоричной кислоты до свободной кумариновой кислоты (3) катализируется β -глюказидазой. Кумариновая кислота спонтанно лактонизируется до свободного кумарина (4).



Кумарин имеет тонкий запах свежего сена, усиливающийся по мере высушивания. Увядание растения приводит к гидролизу гликозида 2, в результате образующаяся *o*-кумаровая кислота (3) самопроизвольно превращается в кумарин (4) [8, 52]. Поэтому высушенная трава сильно пахнет кумарином. Дикумарол и противогрибковый изофлавоноид медикарпин могут образовываться в доннике вследствие грибковой инфекции и являются продуктами микробиологической биотрансформации [8]. Разработаны методы количественного определения кумарина и дикумарола в траве донника лекарственного и сухом экстракте [54–57], а также методы экстракции кумарина из растительного сырья [58, 59]. Содержание свободного кумарина в растительном сырье, произрастающем на территории Алтайского края, составляет от 0.25 до 0.70% [20].

Гидроксибензойные кислоты и их гликозиды. Из донника лекарственного выделены и идентифицированы *n*-гидроксибензойная салициловая, галловая, ванилиновая, *n*-гидроксифенилуксусная, *p*-гидроксифенилмолочная кислоты [18–24, 28, 36, 38, 41], 4-*O*- α -D-маннопиранозил-(1→3)- α -L-рамнопиранозид *n*-гидроксибензойной кислоты и 4-*O*- α -L-рамнопиранозил-(1→6)- α -D-маннопиранозил-(1→3)- α -L-рамнопиранозид *n*-гидроксибензойной кислоты [25]. Последние два вещества являются новыми биозидами и триозидами *n*-гидроксибензойной кислоты.

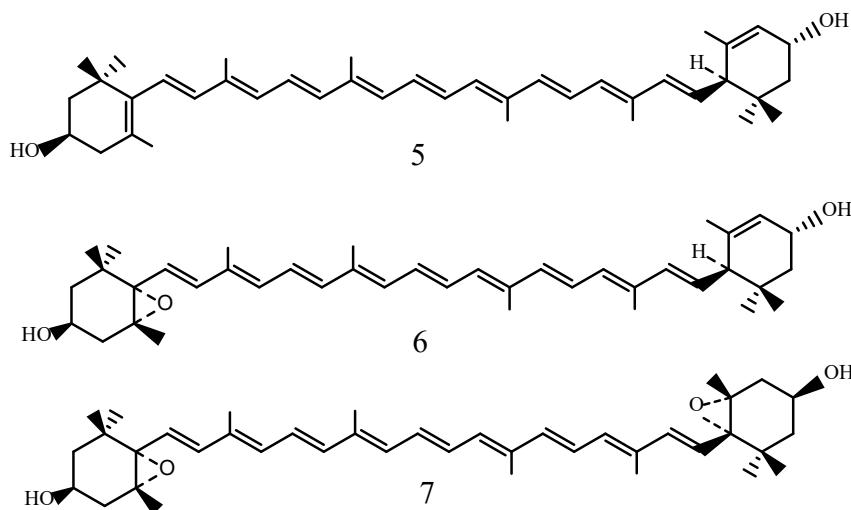
Производные коричной и дигидрокоричной кислоты и их гликозиды. Из травы донника лекарственного выделены (E)-коричная, (E)-*n*-кумаровая, (E)-*o*-кумаровая, кофейная, феруловая, хлорогеновая, неохлорогеновая, изохлорогеновая, мелилотовая (*o*-гидроксидигидрокоричная), дезоксимелилотовая кислоты, глюкозид *o*-кумаровой кислоты (мелилотозид), 2-*O*- β -D-Glcp *цис*-кумаровой кислоты (*цис*-мелилотозид) [18–24,

38, 39, 41]. Производные коричной кислоты являются природными антиоксидантами и проявляют противовирусную, противовоспалительную, цито- и гепатопротекторную активность [60].

Флавоноиды и изофлавоноиды. По результатам исследований флавоноидов донника лекарственного опубликованы многочисленные работы. Из *M. officinalis* выделены флавоноиды, которые представлены флаван-3-олами, флавонами, флавонолами, изофлаванами, птерокарпанами [18–23, 25, 29, 30, 35, 38]. Из флавонов обнаружены лютеолин, цинарозид, витексин (апигенин-8-C-GlcP), апигенин-7-O-рутинозид [19, 23, 35].

Из донника лекарственного выделены флавоноловые агликоны кемпферол, кверцетин, изорамнетин, мирицетин, а также их гликозиды [3, 8, 19–21, 23]. Гликозиды кемпферола представлены кемпферол-3-O-рамнозидом, кемпферол-7-O-рамнозидом, кемпферол-3-O-глюкозидом (астрагалином), кемпферол-7-O-глюкозидом, кемпферол-3-O-рутинозидом (никотифлорином), кемпферол-3-O-софорозидом, кемпферол-3-O-глюкозид-7-O-рамнозидом, кемпферол-3-O-рутинозид-7-O-рамнозидом, кемпферол-3-O-глюкозид-7-O-биозидом, кемпферол-3-O-биозидом, кемпферол-3-O-робинозид-7-O-рамнозидом (робинином), кемпферол-3-O-гликозид-7-O-биозидом, кемпферол-3-O-биозидом, кемпферол-3-O-галактоглюкоара-бинорамнозидом [3, 8, 19–23, 26, 29, 30, 35, 38]. Из гликозидов кверцетина обнаружены кверцетин-7-O-рамнозид, кверцетин-3-O-глюкозид (изокверцитрин), кверцетин-3-O-галактозид (гиперозид), кверцетин-3-O-рутинозид (рутин), кверцетин-3-O-глюкозид-7-O-рамнозид, кверцетин-3-O-робинозид-7-O-рамнозид (кловин) [3, 8, 19–23, 29, 30, 35, 38, 61–64]. Из различных органов *M. officinalis* выделены изофлавоноиды формононетин, биоханин, генистин, медикарпин [8], а также новое производное изофлавана – (3S,4R)-3-(2-гидрокси-4-метоксифенил)хроман-4,7-диол-7-O-β-D-глюкопиранозид, названный мелилофицинализид [20, 23, 30]. Разработаны методы определения флавоноидов в растительном сырье и в сухом экстракте из надземной части [65–70].

Каротиноиды. Цветущие верхушки *M. officinalis* содержат β-каротин, зеаксантин, лютеин, β-каротин, β-(E)-ионон, β-(E)-дамасценон, (all-E)-неоксантина, (9Z)-неоксантина, (all-E)-лютеина (5), (9Z)+(9'Z)-лютеин, (13Z)+(13'Z)-лютеин, α-криптоксантина, (9Z)+(9'Z)-β-криптоксантина, (all-E)-лютеин 5,6-эпоксид (6), (all-E)-виолаксантин (7), флавоксантина + хризантемаксантин, (13Z)+(13'Z)-лютеин 5,6-эпоксид [20, 71] Водорастворимая форма лютеина 5,6-эпоксида снижает активацию первичных сенсорных нейронов и макрофагов, что открывает перспективы его обезболивающего и противовоспалительного применения.



Липиды. Липиды являются обязательным компонентом живых клеток, играют важную роль в составе лекарственных растений, влияя на их фармакологические свойства. В семенах *M. officinalis*, произрастающего в Эфиопии, найдено 2.12% нейтральных липидов (НЛ), жирные кислоты (ЖК) которых состояли из 10 компонентов. Среди них идентифицированы редко встречающиеся в растениях изо-пентадекановая 14-CH₃-15:0 (22.25%) и изо- nonадекановая 18-CH₃-19:0 (1.96%) кислоты (в пересчете на сумму ЖК), а также два изомера олеиновой *транс*-9-18:1 (элаидиновая, 18.16%) и *цик*-9-18:1 (5.0%) и два изомера линолевой *цик*-9, *цик*-12-18:2 (23%) и 18:2 (11.96%) кислот [52].

Сообщалось, что в надземной части донника лекарственного, собранной в фазу цветения в Алтайском крае, содержится 2.3% НЛ и 2.8% полярных липидов (ПЛ) в сумме с пигментами (в основном группы хлорофилла). При этом в НЛ найдено 9, в ПЛ – 8 ЖК с доминированием пальмитиновой 16:0 (26.7 и 32.6%) и α-линоленовой 18:3 (41.75 и 47.4% соответственно) кислот [72].

В хлороформном экстракте надземной части донника лекарственного, произрастающего в Украине, в фазе цветения присутствует 20 ЖК, из них менее 1% составляют кислоты 8:0, 9:0, 10:0, 15:0, 16:1, 15-изо-16:0, 17:0, 21:0, 23:0, 24:0, 26:0, в количестве до 5% найдены кислоты 12:0, 14:0, 18:1, 20:0, 22:0, линоленовой кислоты (18:3) содержится 14.39%, линоловой (18:2) – 9.47%, а доминируют пальмитиновая (16:0, 31.11%) и стеариновая (18:0, 14.39%) кислоты [19].

Содержание НЛ, ПЛ и общих липидов (НЛ, ПЛ) в зрелых семенах *M. officinalis*, произрастающих в Узбекистане, составляет соответственно 2.93, 3.15 и 6.08%. В НЛ присутствует незначительное количество каротиноидов (96.7 мг%). В ПЛ доминируют гликолипиды с измененными хлорофиллами. По результатам анализа, НЛ состояли из триацилглицеридов и свободных жирных кислот (ЖК) (основные компоненты), которым сопутствовали углеводороды, каротиноиды, сложные эфиры фитостеролов и ЖК, тритерпеноны, фитостеролы и измененные хлорофиллы. Основным компонентом неомыляемых веществ были фитостеролы, кроме этого, обнаружили углеводороды, каротиноиды, сложные эфиры фитостеролов с ЖК, алифатические спирты и тритерпеноны [22, 41].

В составе гликолипидов (ГЛ) были сложные эфиры стерилгликозидов с ЖК, свободные стерилгликозиды, моногалактозил- и дигалактозилдиглицериды. Из фосфолипидов (ФЛ) идентифицированы фосфатидилэтаноламины, фосфатидилхолины и фосфатидилинозиты.

В составе жирных кислот НЛ идентифицировано 12, в ГЛ и ФЛ – по 13 компонентов кислот с существенным преобладанием насыщенных компонентов (сумма от 52.95 до 85.73%), преимущественно пальмитиновой 16:0 кислоты. Изомерных насыщенных ЖК не обнаружено. Из ненасыщенных ЖК в НЛ и ГЛ отмечается высокое содержание суммы олеиновой и линоленовой (18:1n9 + 18:3n3) кислот (37.3 и 19.8% соответственно).

Особенностью жирных кислот семян донника лекарственного, произрастающего в Узбекистане, является высокое (16.67%) содержание лауриновой 12:0 кислоты в НЛ [22, 41].

В результате изучения жирнокислотного состава масла семян *M. officinalis* установлено высокое содержание суммы ненасыщенных жирных кислот – 82.53% и достаточно низкое содержание (17.47%) насыщенных жирных кислот, а также наибольшее содержание пальмитиновой, линоловой и линоленовой кислот [73, 74].

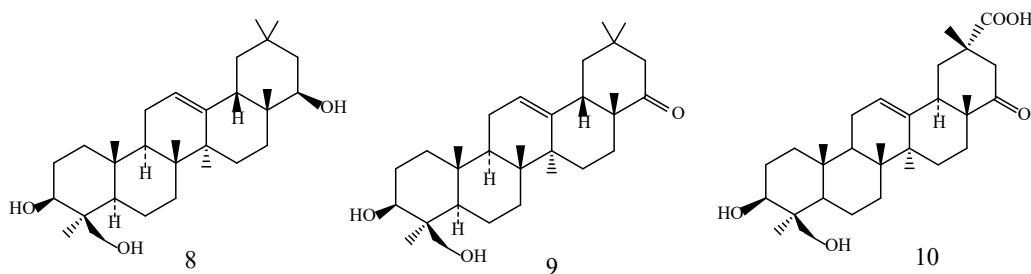
Углеводороды, алифатические карбоновые кислоты и их эфиры. В различных органах донника лекарственного обнаружены гексадекан, гексадецин, гептадецин, октадецин, эйказан, генейказан, масляная, каприловая, каприновая, лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, гондоиновая, додекановая кислоты, этилпальмитат, этиллиниолеат, этилстеарат, гексадецилцетат и другие миорные кислоты и сложные эфиры [8, 20, 23, 26, 48, 73].

Тритерпены и их гликозиды. Из донника лекарственного выделены агликоны тритерпеноидов типа олеанана: соясапогенолы В (8) и Е (9), новый сапогенин мелилотигенин (10) [8, 23, 31, 33, 75, 76].

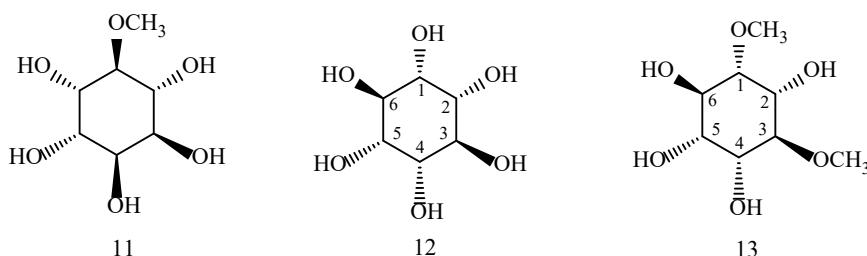
Донника трава также содержит сапонины типа олеанана: азукисапонин V (соясапогенол В 3-O-[α -L-рамнопиранозил-(1→2)- β -D-глюкопиранозил-(1-2)- β -D-глюкуронопиранозид]), карбоксилат азукисапонина V, соясапогенол В 3-O-[β -D-глюкуронопиранозил-(1-2)- β -D-глюкуронопиранозид]) [76, 77]. Соясапогенол В, мелилотозид A1 (соясапогенол В 3-O- β -D-ксилопиранозид), мелилотозид B1 (соясапогенол В 3-O-[β -D-галактопиранозил-(1-2)- β -D-ксилопиранозид]) и мелилотозид C1 (соясапогенол В 3-O-[β -D-галактопиранозил-(1-2)- β -D-ксилопиранозид]) выделены из корней *M. officinalis* [75, 78]. Азукисапонина V обладает значительным противовоспалительным свойством и подавляет трансэндотелиальной миграцию лейкоцитов [77]. Из корней донника лекарственного также выделены известные тритерпеновые гликозиды соясапонин, дегидросоясапонин, ацетилсоясапонин и новый олеанен глюкуронид, названный мелилотус-сапонин O₁ для которого установлена структура соясапогенол В 3-O- α -L-рамнопиранозил-(1→2)- α -L-арabinопиранозил-(1→3)- β -D-галактопиранозил-(1→2)- β -D-глюкуронопиранозида [32].

Из надземных частей *M. officinalis* выделен новый олеанен-глюкуронид, получивший название мелилотус-сапонин O₂ вместе с известными соясапонином I, астрагалозидом VIII и вистариасапонином D. Спектральными и химическими методами определена структура мелилотус-сапонина O₂ как мелилотигенин 3-O- α -L-рамнопиранозил-(1→2)- β -D-ксилопиранозил-(1→2)- β -D-глюкуронопиранозид [27].

Учеными Пакистана из *M. officinalis* выделены тритерпеноиды лупанон, лупеол, бетулиновая и олеаноловая кислоты [26].



Другие природные соединения. Витамины в составе *M. officinalis* представлены α -, β - и γ -токоферолами, аскорбиновой кислотой [8, 23, 79]. Из класса углеводов обнаружены моносахариды глюкоза, галактоза, фруктоза, арабиноза, рамноза [20], водорастворимые полисахариды [29], пектин [80], D-галакто-D-маннан [34]. Обнаружены также стерины β -ситостерин [20], даукостерол [36, 38], циклические полиолы пинитол (11) [37], инозитол (12) [19], 1,3-ди-O-метил-мио-инозитол (13) [48], аминокислоты треонин, валин, изолейцин, лейцин, глутамин, аргинин [20]. Другие классы природных веществ представлены дибутилфталатом [35], дизооктилфталатом [37], андросином [36, 38], уридином [29, 30], фенил-бетанафтотиамином [36] этилдигидрокумаратом, этилгексадеканоатом, аллантоиновой кислотой, аллантоином, цимарином, холином, производными пурина [3, 8], ацеталиями, альдегидами, кетонами [48]. Трава *M. officinalis* содержит полисахариды, белок, дубильные вещества, витамины С и Е [1–4, 6–13]. Надземная часть содержит макроэлементы калий, кальций, магний, железо и микроэлементы магний, медь, цинк, кобальт, молибден, хром, алюминий, барий, селен, никель, стронций, свинец, бор, концентрирует железо, молибден, селен [40].



Вторичные метаболиты донника лекарственного используются в фармацевтической промышленности. Например, кумарин, являющийся одним из главных вторичных метаболитов донника лекарственного, используется в фармацевтической промышленности в качестве реагента-прекурсора при синтезе ряда синтетических антикоагулянтов лекарственных препаратов, подобных дикумаролу [81]. Производные кумарина используются в качестве антикоагулянтов в медицине, 4-гидроксикумарины относятся к типу antagonистов витамина К. Они блокируют регенерацию и рециркуляцию витамина. Кумарин также активно применяется в парфюмерной промышленности ввиду его специфического запаха. Помимо этого, он также используется в качестве пищевой добавки, подсластителя, а также при производстве пластмасс, красок и спреев [81].

D-Пинитол обладает противодиабетическими и антиоксидантными свойствами. Его рекомендуют для лечения состояний, связанных с резистентностью к инсулину, таких как сахарный диабет и его хронические осложнения, ожирение, гиперлипидемия и дислипидемия, атеросклероз, гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, сепсис, травмы, связанные с ожогами, а также другие аутоиммунные и эндокринные заболевания [82, 83].

*Биологическая активность метаболитов *Melilotus officinalis**

Донник лекарственный в научной медицине. При изучении фармакологической активности препаратов травы донника установлено, что они угнетают центральную нервную систему, оказывают противосудорожное действие, повышают систолическое артериальное давление, увеличивают минутный объем сердца, улучшают мозговое и периферическое кровоснабжение и кровообращение органов брюшной полости, обладают антикоагулянтным эффектом. В официальной медицине донник лекарственный рекомендуется как противосудорожное средство, назначают при стенокардии, тромбозе коронарных сосудов [5, 6, 8–10, 84]. Извлечения из травы донника лекарственного в научной медицине используются как противосудорожное

средство при стенокардии, тромбозе коронарных сосудов, трава входит в состав сборов лекарственных растений, применяемых для лечения ревматизма [4–11]. Сборы с донником используются наружно как мягчительное средство при нарывах и кожных заболеваниях. Пластиры донниковый накладывают на абсцессы и фурункулы в качестве наружного смягчающего и отвлекающего средства.

Экстракт из надземной части донника обладает антиэксудативными, антипролиферативными и антигипоксическими свойствами, антиишемический эффект проявляется при ишемии головного мозга и сердца [5, 9, 11]. В экспериментах на животных и клиническими наблюдениями установлено, что содержащиеся в доннике кумарины оказывают угнетающее влияние на ЦНС и обладают противосудорожным и наркотическим действием. Этим, по-видимому, объясняется эффективность применения травы донника в народной медицине при повышенной возбудимости, бессоннице, судорогах, стенокардии и тромбозе коронарных сосудов [4, 5, 9–13].

На основе экстрактивных веществ (биологически активных кумаринов и флавоноидов) травы *M. officinalis* учеными Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии создан противоишемический препарат мелилотин, обладающий антикоагулянтным, антигипоксическим, антиоксидантным, актопротекторным, нейропротекторным, анальгетическим, капилляроукрепляющим, антиэксудативным, антипролиферативным, ранозаживляющим, иммуномодулирующим действием и запатентован способ его получения [85]. Мелилотин используется для профилактики и лечения ишемических повреждений сердечно-сосудистой системы, вызывающих нарушение кровообращения в сердечно-сосудистой системе, головокружение, гипертонию, диабет, гиперлипидемию, сердечно-сосудистые заболевания, церебральную недостаточность, нейросенсорные нарушения, заболевания периферических сосудов, а также используемый для поддержания хорошего кровообращения, в том числе в головном мозге, руках, ногах. Оказывают комплексное действие на женский организм, нормализует функцию женских половых органов.

Установлено наличие у травы донника лекарственного антигипоксической, антиишемической и других видов кардиотропной активности, что явилось основанием для разработки технологии и методов стандартизации сухого экстракта, таблеток, мази и суппозиториев на его основе, а также жидкого экстракта травы донника лекарственного [86, 87].

Учеными из Санкт-Петербурга предложен комплексный фитопрепарат флокрамел на основе цветков, плодов боярышника и травы донника, обладающий кардиопротекторным и церебропротекторным действием [87]. Разработаны методики определения подлинности и количественного содержания действующих веществ (кумаринов) в доннике лекарственного траве, доннике лекарственного экстракте сухом, препаратах «Мелилотин» и «Флокрамел» с использованием методов ТСХ и ВЭЖХ с применением разработанного стандартного образца кумарина [84, 88].

Надземная часть донника лекарственного, произрастающего в Узбекистане, рекомендована для использования в медицинской практике в качестве эффективного антикоагулянтного средства в составе сбора «Мелифлос» [21].

M. officinalis является основным ингредиентом нового растительного экстракта Семелила (AngiparsTM), используемого в Греции для заживления язв при диабетической стопе. Исследования показали, что препарат безопасен и обладает терапевтической эффективностью при язвах диабетической стопы и пролежнях у человека [89].

Использование в народной медицине. В современной народной медицине настой донника лекарственного травы применяют при стенокардии, тромбозе коронарных сосудов, бронхитах, бронхиальной астме, болях в области сердца, воспалении яичников, скучных и болезненных менструациях, отеках, циститах, как успокаивающее средство при бессоннице, мигрени, как спазмолитическое средство, при метеоризме [9–13]. Настой травы пьют от кашля и болей в животе, а в смеси с мать-и-мачехи цветками, центаврии травой и манжетки травой, взятых поровну – при воспалении яичников. В народной медицине траву донника используют как мягкительное, отхаркивающее, болеутоляющее средство при воспалительных заболеваниях дыхательных органов, климактерических недомоганиях, при болях в мочевом пузыре и почках, мигрени, гнойном воспалении среднего уха, головной боли, гипертонической болезни, атеросклерозе, психозах, а также наружно при фурункулах, мастите, суставном ревматизме, злокачественных опухолях [1, 2, 6, 11, 13]. Настой из травы используют для обмываний, припарок и компрессов при нарывах, фурункулах и других гнойничковых поражениях кожи. В народной медицине Средней Азии препараты донника используются как отхаркивающее, смягчающее, болеутоляющее, отвлекающее и снотворное средство, для лечения гнойных ран [2].

В народной медицине Ирана донник лекарственный самостоятельно или в сочетании с другими лекарственными травами используют как тонизирующее средство, афродизиака, смягчающего, ветрогонного, противовоспалительного и омолаживающего средства. Трава традиционно использовалась для лечения диабета, инфекции, обезболивающего и противомалярийного средства [90].

Экспериментальная фармакологическая активность донника лекарственного. Экспериментальными и клиническими наблюдениями установлено, что экстракты и индивидуальные соединения, выделенные из донника лекарственного, имеют широкий спектр биологической активности: антикоагулянтной [58], диуретической [9–11, 23], гипотензивной [91], сосудорасширяющей [92], антиоксидантной [93], антирадикальной [94, 95], антибактериальной [95, 96], противогрибковой [97, 98], противовоспалительной [99, 100], противоопухолевой [96], нейропротективной [101], гепатопротекторной [102], седативной [103], анксиолитической [62] активностью. Изучено влияние экстракта донника лекарственного при болезни Альцгеймера как противовоспалительного, антиоксидантного средства и его влияния на экспрессию многих генов. Результаты показали, что экстракт вызывал значительное снижение экспрессии генов Daxx, NfkB и Vegf в модели спорадической болезни Альцгеймера [104]. Экстракт также улучшал апоптоз, вызванный церебральной ишемией. Выявлено благотворное влияние экстракта донника лекарственного стимулировать клетки кожи и способствовать регенерации тканей, предотвращая старение кожи и уменьшение отложения жира [101].

Антибактериальную активность экстрактов *M. officinalis* изучали в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteric*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bifidobacterium Animalis* subsp. *Lactis* и *Lactobacillus rhamnosus* [95]. Интенсивность антибактериальной активности зависела от вида экстракта и бактерий. Противогрибковую активность экстрактов *M. officinalis* *in vitro* оценивали в отношении девяти видов *Candida*. Результаты показали, что экстракты *M. officinalis* являются активными antimикотическими средствами против широкого спектра видов *Candida*. Экстракт *M. officinalis* обладал мощной антикандиндозной активностью против *C. norvegica*, *C. pulcherrima* и *C. guilliermondii* [95–98]. Кроме того, этанольный экстракт из цветов донника проявлял сильную antimикробную активность в отношении грамположительных бактерий, в частности *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* [90].

Гипотензивные свойства. Экстракт донника лекарственного вызывал гипотензивное и сосудорасширяющее действие за счет расслабления гладких мышц сосудов у кроликов. Дозы 20 и 40 мг/кг внутривенно вызывали незначительное снижение артериального давления, а дозы 60, 80 и 100 мг/кг внутривенно значительно снижали артериальное давление [91].

Антиоксидантная и антирадикальная активность. Антирадикальную активность экстрактов донника лекарственного определяли с помощью ДФПГ. Самая высокая активность была обнаружена у водного экстракта. Девять соединений (2 гликозида *n*-гидроксибензойной кислоты, 3 кислых компонента, 2 флавоноида, 1 кумарин и 1 алкалоид), выделенных из 70% этанольного водного экстракта надземной части донника лекарственного, были протестированы на антиоксидантную активность с использованием АБТС и ДФПГ. Результаты показали, что кофейная кислота, лютеолин и кверцетин проявляли лучшую антиоксидантную активность, чем другие соединения. Антиоксидантное и противовоспалительное действие водного экстракта донника лекарственного изучено при язвенном колите, индуцированном уксусной кислотой. Лечение водным экстрактом донника лекарственного уменьшают воспаление и острое повреждение толстой кишки, вызванное уксусной кислотой, в зависимости от дозы. Кроме того, экстракт достоверно снижал уровень малонового диальдегида и миелопероксидазы и значительно повышал уровень восстановленного глутатиона [93, 94, 105, 106].

Гепатопротекторное действие метанольного экстракта *M. officinalis* исследовали против поражения печени, вызванного парацетамолом и четыреххлористым углеродом, у мышей. Экстракт донника лекарственного продемонстрировал значительный гепатопротекторный эффект за счет снижения уровня сывороточных маркеров. Эти эффекты были дополнительно подтверждены гистопатологическими исследованиями. Экстракты значительно снижали супероксиддисмутазу, каталазу, глутатион и повышали содержание малонового диальдегида по сравнению с контрольными крысами [102, 107].

Нейропротекторное действие. На крысах изучено защитное действие экстракта донника лекарственного на ткани головного мозга при острой ишемии головного мозга, вызванной окклюзией сонной артерии.

Экстракт значительно уменьшал объем инфаркта и показатель неврологического дефицита по сравнению с группой отрицательного контроля. Он также значительно снижал окислительный стресс и уровень цитокинов в тканях головного мозга и повышал концентрацию 6-кето-PGF_{1α} в плазме. Экстракт также улучшал апоптоз, вызванный церебральной ишемией [101].

Седативное и анксиолитическое свойства. Седативный эффект экстракта донника лекарственного оценивали на модели продления времени снотворного действия пентобарбитала натрия на мышах. Седативное действие было заметно у мышей, получавших экстракт. Этаноловый экстракт, приготовленный из надземных частей в дозах 100 и 200 мг/кг, продемонстрировал значительный анксиолитический эффект по сравнению с контрольной группой. Было обнаружено, что анксиолитический эффект надземных частей *M. officinalis* обусловлен наличием кемпферола, который проявляет мощную анксиолитическую активность в дозе 2 мг/кг, сравнимую с таковой у диазепама [62, 103].

Противовоспалительный эффект. Изучены противовоспалительные свойства 70%-ного этанольного экстракта и девяти индивидуальных соединений, выделенных из *M. officinalis*. Экстракт донника оказывал выраженное влияние на патологические проявления легочной ткани и воспалительную реакцию легких при сепсисе. Кроме того, у мышей, получавших экстракт донника, наблюдалось снижение уровней МПО и МДА, а также повышение уровня СОД [108].

В экспериментах на крысах препараты донника значительно улучшают заживление ожоговых ран и образование рубцов. Внутрибрюшинная инъекция экстракта донника сразу после ожога значительно уменьшила отек и эффективно ингибировала появление некроза и уплотнения в поврежденной коже ног по сравнению с контролем [109].

Дermatologические свойства. В нескольких исследованиях было показано, что нанесение экстракта донника на кожу и введение перорально или внутривенно оказывает благотворное воздействие на замедление старения кожи и лечении акне. Кроме того, он улучшает микроциркуляцию и оказывает противовоспалительное действие [110].

Токсичность и побочные эффекты. Наряду с положительными лечебными свойствами *M. officinalis* токсичен для некоторых групп живых организмов, что обусловлено прежде всего наличием кумарина. Выявлена высокая аллелопатическая активность и фитотоксический эффект экстрактов трав *M. officinalis* на прорастание семян сельскохозяйственных культур и сорняков [111]. Лабораторные и полевые исследования показали, что надземная часть *M. officinalis* обладает гербицидным, инсектицидным и фунгицидным действием и является потенциальным источником биопестицидов широкого спектра действия [112–114]. Кумарин является основным аллеохимическим элементом донника лекарственного и в дозе 40 мкг/мл полностью подавляет прорастание семян и рост проростков многих сорняков [115].

В процессе хранения растительного сырья под действием грибов и микробиологической биотрансформации кумарин донника превращается в токсичный дикумарол, мощный антагонист витамина К и антикоагулянт. Любой способ хранения сена, позволяющий формовать донник, способствует вероятности образования дикумарола в сене [116]. При употреблении токсичного сена или силоса в течение нескольких недель дикумарол изменяет проферменты, необходимые для синтеза протромбина, что приводит к гипотромбинемии [117]. Концентрации дикумарола 20–30 мг/кг сена, потребляемого в течение нескольких недель, обычно вызывают отравление крупного рогатого скота. Время между употреблением токсичного донника и появлением клинического заболевания сильно варьируется и зависит от содержания дикумолола в конкретном сорте донника, который скармливают, возраста животных и количества потребляемого корма. Первым признаком отравления дикумолом крупного рогатого скота может быть смерть одного или нескольких животных. У интоксикованных животных первыми признаками могут быть скованность и хромота из-за кровоизлияния в мышцы и суставы. Смерть обычно наступает в результате массивного кровоизлияния или кровотечения [116, 117].

Заключение

Значимость донника лекарственного как ценного лекарственного сырья подтверждается длительным применением в народной и традиционной зарубежной медицине. Анализ литературных данных показал, что различные органы *M. officinalis* содержат комплекс биологически активных соединений: фенолкарбоновые кислоты, кумарины, эфирное масло, липиды, флавоноиды, полисахариды, сапонины, монотерпеноиды, сесквитерпеноиды, тритерпеновые соединения, аминокислоты, дубильные вещества, витамины, каротиноиды,

производные пурина, жирные кислоты, макро- и микроэлементы. Несмотря на разнообразие фармакологического действия в отечественной научной медицине донника лекарственного трава применяется ограниченно, лекарственные препараты на фармацевтическом рынке отсутствуют. Результаты изучения фармакологической активности экстракционных препаратов и некоторых индивидуальных соединений *M. officinalis* показывают перспективность их дальнейшего изучения по ряду направлений, а также использования для создания на их основе лекарственных средств, биологически активных добавок и парофармацевтических продуктов. Фитохимическое исследование донника лекарственного травы является актуальным, так как представляет интерес изучение его с целью использования в качестве лекарственного растительного сырья, создания лекарственных препаратов на его основе.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова и Наманганского государственного университета. 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. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Hydrangeaceae – Haloragaceae*. Л., 1987. С. 160–161.
2. Халматов Х.Х., Харламов И.А., Алимбаева П.К., Каррыев М.О., Хайтов И.Х. Основные лекарственные растения Средней Азии. Ташкент, 1984. С. 60–61.
3. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара, 2007. С. 182–183.
4. Sheikh N., Desai T., Patel R. Pharmacognostic Evaluation of *Melilotus officinalis* Linn. // Pharmacognosy Journal. 2016. Vol. 8, no. 3. Pp. 239–242. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.3.11>.
5. Akbar S. *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (Fabaceae/Leguminosae) // Handbook of 200 Medicinal Plants. Springer, Cham, 2020. Pp. 1171–1175. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_125.
6. Курлович Б.С. Бобовые растения – семейство Leguminosae (Fabaceae) // Тезисы докладов научной конференции, посвященной 10-летию Международной академии «Информация, связь, управление в технике, природе обществе». СПб., 2004. С. 26–27.
7. ФС.2.5.0011.15. «Донника трава» [Электронный ресурс]. URL: <https://e-ecolog.ru/docs/4DShKblxN0kByoeNoxTOU>.
8. European Medicines Agency. Assessment report on *Melilotus officinalis* (L.) Lam., herba. London, 2008. Pp. 1–38; 2017. Pp. 1–33.
9. Путырский И.Н., Прохоров В.Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. М., 2000. С. 121–122.
10. Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям: фитотерапия. М., 1988. С. 123–124.
11. Соколов С.Я. Фитотерапия и фитофармакология: руководство для врачей. М., 2000. 976 с.
12. Яковлев Г.П. Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения: учебное пособие. СПб., 2010. 863 с.
13. Киселева Т.Л., Карпееев А.А. Гомеопатия и фитотерапия в лечении сердечнососудистых болезней. М., 1997. Т. 2. 383 с.
14. Pastorino G., Marchetti C., Borghesi B., Cornara L., Ribulla S., Burlando B. Biological activities of the legume crops *Melilotus officinalis* and *Lespedeza capitata* for skin care and pharmaceutical applications // Ind. Crops Prod. 2017. Vol. 96. Pp. 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.047>.
15. Хамидов Г.Х. Медоносные растения Узбекистана и пути их рационального использования. Ташкент, 1987. 127 с.
16. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Вторичные метаболиты растений: распространение, история изучения, практическое применение // Вестник МГПУ «Естественные науки». 2019. №2 (34). С. 8–19. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.34.2.1>.
17. Ларикова Ю.С., Маликова Н.А. Вторичные метаболиты лекарственных растений. // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. 2022. №6. С. 138–141.
18. Королев В.А. Фармакогностическое изучение представителей рода донник: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Пермь, 1996. 26 с.
19. Грудко I.B. Фармакогностичне дослідження виді в роду *Melilotus* L. флори України: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Харків, 2013. 20 с.

20. Харлампович Т.А. Фитохимическое изучение и стандартизация донника лекарственного травы, произрастающей на территории Алтайского края: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2014. 21 с.
21. Муллажонова М.Т. Фармакогностическое изучение донника лекарственного, произрастающего в Узбекистане: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Ташкент, 2007. 23 с.
22. Усманова Н.К. Химический состав биологически активных компонентов растений родов *Melilotus* и *Arachis* флоры Узбекистана: автореф. дисс. ... доктора философии (PhD) по химическим наукам. Ферганы, 2024. 44 с.
23. Al-Snafi A.E. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Melilotus officinalis*. – A Review // IOSR Journal of Pharmacy. 2020. Vol. 10, no. 1. Pp. 26–36.
24. Dombrowicz E., Swiatek L., Gurun R., Zadernowski R. Phenolic acids in herb *Melilotus officinalis*. // Pharmazie. 1991. Vol. 46, no. 2. Pp. 156–157.
25. Liu Y.T., Gong P.H., Xiao F.Q., Shao S., Zhao D.Q., Yan M.M., Yang X.W. Chemical constituents and antioxidant, anti-inflammatory and anti-tumor activities of *Melilotus officinalis* (Linn.) Pall. // Molecules. 2018. Vol. 23, no. 2. 271. <https://doi.org/10.3390/molecules23020271>.
26. Anwer M.S., Mohtasheem M., Azhar I., Hasan M., Bano H. Chemical constituents from *Melilotus officinalis* // J. Basic App. Sci. 2008. Vol. 4, no. 2. Pp. 89–94.
27. Hirakawa T., Okawa M., Kinjo J., Nohara T. A New Oleanene Glucuronide Obtained from the Aerial Parts of *Melilotus officinalis* // Chem. Pharm. Bull. 2000. Vol. 48, no. 2. Pp. 286–287. <https://doi.org/10.1248/cpb.48.286>.
28. Федосеева Л.М., Харлампович Т.А. Изучение некоторых водорастворимых соединений донника лекарственного травы (*Melilotus officinalis* L.) // Химия растительного сырья. 2013. №2. С. 153–157.
29. Ilhan M., Ali Z., Khan I.A., Kupeli Akkol E. A new isoflavane-4-ol derivative from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. // Nat. Prod. Res. 2019. Vol. 33, no. 13. Pp. 1856–1861. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1477152>.
30. Ilhan M., Ali Z., Khan I.A., Tastan H., Kupeli Akkol E. The regression of endometriosis with glycosylated flavonoids isolated from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. in an endometriosis rat model // Taiwanese Journal of Obstetrics & Gynecology. 2020. Vol. 59. Pp. 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.01.008>.
31. Kang S.S., Won S.W. Melilotogenin, a new saponogenin from *Melilotus officinalis* // Journal of Natural Products. 1988. Vol. 51. Pp. 335–338. <https://doi.org/10.1021/np50056a027>.
32. Udayama M., Kinjo J., Yoshida N., Nohara T. A new oleanene glucuronide having a branched-chain sugar from *Melilotus officinalis* // Chem. Pharm. Bull. 1998. Vol. 46, no. 3. Pp. 526–527. <https://doi.org/10.1248/cpb.46.526>.
33. Kang S.S., Lim C.H., Lee S.Y. Soyasapogenols B and E from *Melilotus officinalis* // Arch Pharm Res. 1987. Vol. 10. Pp. 9–13. <https://doi.org/10.1007/BF02855614>.
34. Gupta A.K., Grasdalen H.A. D-galacto-D-mannan from *Melilotus officinalis* seed // Carbohydr Res. 1988. Vol. 173. Pp. 159–168.
35. Yang J., Wang L.L., Zhang T.J. Research progress on chemical constituents in plants of *Melilotus* Linn. and their pharmacological activities // Chin. Tradit. Herb. Drugs. 2014. Vol. 45. Pp. 447–454. <https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2014.03.027>.
36. Usmanova N.K., Khurramov A.R., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. Constituents of the Medicinal Plant *Melilotus officinalis* // Chem. Nat. Compd. 2022. Vol. 58. Pp. 1129–1130. <https://doi.org/10.1007/s10600-022-03883-8>.
37. Усманова Н., Эрматов Р., Каримов А., Ботиров Э. Химические компоненты лекарственного растения *Melilotus officinalis* (L.) Pall. // Вестник НУУз. Естественные науки. 2022. № 3/1. С. 328–330.
38. Усманова Н.К., Ботиров Э.Х. Химические компоненты донника лекарственного – *Melilotus officinalis* (L.) Pall. // Научный вестник ФерГУ. 2022. №5. С. 246–250.
39. Usmanova N.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. Chemical components of *Melilotus officinalis* and *Melilotus albus* growing in Uzbekistan // Научный вестник ФерГУ. 2023. №1. Pp. 55–59.
40. Донник лекарственный (донник желтый, белый буркун, каменица, кропило, гунъба) – *Melilotus officinalis* L. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cnshb.ru/AKDiL/0019/base/RD/000091.shtml>.
41. Усманова Н.К., Юлдашева Н.К., Гусакова С.Д., Ботиров Э.Х. Исследование липидов и фенольных соединений *Melilotus officinalis* (L.) Pall, произрастающего в Узбекистане // Химия растительного сырья. 2023. №1. С. 199–206. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111377>.
42. Akramova A.S., Umarov A.U., Markman A.L. The oil the seeds of *Robinia pseudacacia* and *Melilotus officinalis* // Chem. Nat. Compd. 1999. Vol. 35. P. 265. <https://doi.org/10.1007/BF00568536>.
43. Усманова Н.К., Бобакулов Х.М., Каримов А.М., Сасмаков С.А., Ботиров Э.Х., Азимова Ш.С., Абдуллаев Н.Д. Компонентный состав и антимикробная активность эфирного масла *Melilotus officinalis* (L.) Pall, произрастающего в Узбекистане // Химия растительного сырья. 2022. №1. С. 161–168. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220110514>.
44. Ефремов А.А., Зыкова И.Д., Целуковская М.М. Компонентный состав донника лекарственного (желтого) // Химия растительного сырья. 2012. №3. С. 111–114.
45. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Сравнительный анализ составов эфирных масел *Melilotus albus medicus* *Melilotus officinalis* // Сибирский медицинский журнал. 2013. №5. С. 112–114.
46. Gudzenko A.V., Vinogradov B.A. Chemical Composition of the Essential Oil from *Melilotus officinalis* (L.) Pall // World Applied Sciences Journal. 2014. Vol. 29, no. 2. Pp. 171–172. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.29.02.1240>.
47. Ковалева А.М., Грудко И.В., Комиссаренко А.Н., Кошевой О.Н. Хромато-масс-спектрометрическое определение компонентов эфирного масла донника лекарственного // Вісник фармації. 2009. №4. С. 12–15.

48. Kovalev A.M., Grud'ko I.V., Aleksandrov A.N., Komissarenko A.N. GC/MS study of the chloroform fraction of *Melilotus officinalis* // Chem. Nat. Compd. 2009. Vol. 45, no. 4. Pp. 585–586. <https://doi.org/10.1007/s10600-009-9374-2>.
49. Мулюкин М.А., Ботиров Э.Х. Компонентный состав эфирного масла *Melilotus officinalis* (L.) Pall, произрастающего в ХМАО-Югре // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8 (74), №4. С. 282–289.
50. Quijano-Celis C.E., Pino J.A., Morales G. Chemical Composition of the Leaves Essential Oil of *Melilotus officinalis* (L.) Pallas from Colombia // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2010. Vol. 13, no. 3. Pp. 313–315. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2010.10643826>.
51. Al boudi H., Daood N., Mayla L.M. Study of the main components of the organic matter extracted from the leaves of Syrian *Melilotus officinalis* plant using GCMS and their effects on some of pathogenic microorganisms // Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies. Basic Sciences Series. 2018. Vol. 40, no. 5. Pp. 163–177.
52. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. Phytochemical studies of *Melilotus officinalis* // Bull. Chem. Soc. Ethiop. 2021. Vol. 35, no. 1. Pp. 141–150. <https://doi.org/10.4314/bcse.v35i1.12>.
53. Федосеева Л.М., Харлампович Т.А. Разработка методики количественного определения суммы кумаринов в доннике лекарственного травы (*Melilotus officinalis* L.) // Химия растительного сырья. 2012. №3. С. 135–141.
54. Бочкарёва И.И., Дьякова И.Н., Артемьева В.В. Водные лекарственные формы из травы донника как источники кумаринов // Новые технологии. 2016. №3. С. 90–94.
55. Ароян М.В., Генералова Ю.Э., Тернинко И.И., Каухова И.Е., Новикова Е.К. Определение индивидуального кумарина в сухом экстракте донника лекарственного травы // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2021. Т. 10, №4. С. 104–107. [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4\(1\)-104-107](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107).
56. Залузская А.М., Сыса А.Г., Белявский К.М. Характеристика содержания кумаринов в растительном сырье травы донника лекарственного // Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века: материалы 18-й международной научной конференции. Минск, 2018. Т. 2. С. 135–136.
57. Hroboňová K., Sádecká J., Čížmárik J. HPLC separation and determination of dicoumarol and other simple coumarins in sweet clover // Nova Biotechnol Chim. 2018. Vol. 17, no. 1. Pp. 95–102. <https://doi.org/10.2478/nbec-2018-0010>.
58. Hashim F.J., Hussain S.M., Shawkat M.S. Separation, Characterization and Anticoagulant Activity of Coumarin and its Derivatives Extracted from *Melilotus officinalis* // Biosci Biotech Res Asia. 2017. Vol. 14, no. 1. Pp. 13–23. <https://doi.org/10.13005/bbra/2412>.
59. Martino E., Ramaiolà I., Urbano M., Bracco F., Collina S. Microwave-assisted extraction of coumarin and related compounds from *Melilotus officinalis* (L.) Pallas as an alternative to Soxhlet and ultrasound-assisted extraction // J. Chromatogr. A. 2006. Vol. 1125(2). Pp. 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.05.032>.
60. Ruwizhi N., Aderibigbe B.A. Cinnamic Acid Derivatives and Their Biological Efficacy // Int. J. Mol. Sci. 2020. Vol. 21, no. 16. 5712. <https://doi.org/10.3390/ijms21165712>.
61. Sutiashvili M.G., Alaniya M.D. Flavonoids of *Melilotus officinalis* // Chem. Nat. Compd. 1999. Vol. 35. P. 584. <https://doi.org/10.1007/BF02323303>.
62. Kaur S., Sharma A., Bedi P.M.S. Bioactivity guided isolation, characterization and quantification of an anxiolytic constituent – kaempferol, from *Melilotus officinalis* aerial parts // Journal of Biologically Active Products from Nature. 2017. Vol. 7, no. 5. Pp. 379–390. <https://doi.org/10.1080/22311866.2017.1378923>.
63. Бубенчикова В.Н., Дроздова И.Л. Изучение состава фенольных соединений донника лекарственного методом ВЭЖХ // Химико-фармацевтический журнал. 2004. Т. 38, №4. С. 24–25. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2004-38-4-24-25>.
64. Бубенчикова В.Н., Королев В.А., Кочкарев В.И. Фитохимическое исследование некоторых представителей рода донник, буквица, копытень // Современные аспекты изучения лекарственных растений. М., 1995. Т. 34. С. 147–151.
65. Бубенчикова В.Н., Королев В.А., Бубенчиков Р.А., Кочкарев В.И. Определение суммы флавоноидов в траве донника лекарственного и чистца болотного // Актуальные проблемы фармацевтической химии: научные труды ВНИИФ. М., 1996. Т. 35. С. 175–179.
66. Бубенчикова В.Н., Королев В.А. Динамика накопления флавоноидов в траве донников лекарственного, ароматного и белого // Актуальные вопросы медицинской науки. Курск, 1997. С. 599–600.
67. Щемелинина Т.В., Сорокин А.А. Определение флавоноидов в траве донника лекарственного // Фармация. 2017. Т. 66, №1. С. 26–28.
68. Чемесова И.И., Чубарова С.Л., Саканян Е.И., Котовский Б.К., Чижиков Д.В. Спектрофотометрический метод количественной оценки содержания полифенолов в сухом экстракте из надземной части *Mellilotus officinalis* (L.) Pall. и в его лекарственной форме (таблетках) // Растительные ресурсы. 2000. Т. 36, №1. С. 86–91.
69. Sheikh N.A., Desai T.R. Phyto-physicochemical and high performance thin layer chromatography investigation of *Melilotus officinalis* Linn. // International Journal of Green Pharmacy. 2017. Vol. 11, no. 2. S285. <https://doi.org/10.22377/ijgp.v11i02.1036>.
70. Chun Ni T. Study on the Extraction Process of Total Flavonoids from *Melilotus officinalis* // Medicinal Plant. 2012. Vol. 3, no. 5. Pp. 23–25.
71. Horváth G., Csikós E., Andres E.V., Benesik T., Takátsy A., Gulyás-Fekete G., Turcsi E., Deli J., Szőke É., Kemény Á. Analyzing the Carotenoid Composition of Melilot (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) Extracts and the Effects of Isolated (All-E)-lutein-5,6-epoxide on Primary Sensory Neurons and Macrophages // Molecules. 2021. Vol. 26, no. 2. 503. <https://doi.org/10.3390/molecules26020503>.

72. Федосеева Л.М., Харлампович Т.А. Изучение липидного состава надземной части донника лекарственного (*Melilotus officinalis* L.), произрастающего в Алтайском крае // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 213–218.
73. Xue H., Jing Z., Nian-feng L. Study on the extracting technology of *Melilotus officinalis* and analysis of fatty acid by GC-MS // Shipin Yanjiu Yu Kaifa. 2014. Vol. 35, no. 4. Pp. 87–89. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6521.2014.04.023>.
74. Bakoglu A., Kılıç Ö., Kökten K. Seed fatty acid composition of some *Medicago* L. and *Melilotus* L. (Fabaceae) taxa from Turkey // Anal. Chem. Lett. 2016. Vol. 6, no. 2. Pp. 174–180. <https://doi.org/10.1080/22297928.2016.1188723>.
75. Khodakov G.V. Triterpene and steroidal glycosides from the genus *Melilotus* and their genins. – V. melilotosides A1, B1, and C1 from *Melilotus officinalis* roots // Chem. Nat. Compd. 2010. Vol. 46, no. 4. Pp. 572–575. <https://doi.org/10.1007/s10600-010-9678-2>.
76. Kang S.S., Lee Y.S., Lee E.B. Saponins and flavonoid glycosides from yellow sweetclover // Arch. Pharm. Res. 1988. Vol. 11. Pp. 197–202. <https://doi.org/10.1007/BF02861309>.
77. Kang S.S., Lee Y.-S., Lee E.-B. Isolation of azukisaponin V possessing leucocyte migration inhibitory activity from *Melilotus officinalis* Kor. // J. Pharmacogn. 1987. Vol. 18. Pp. 89–93.
78. Ходаков Г.В. Терпеновые и стероидные гликозиды некоторых представителей рода Донник (*Melilotus*), произрастающих в Крыму: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Одесса, 1995. 24 с.
79. Щемелинина Т.В., Сорокина А.А. Содержание аскорбиновой и органических кислот в траве донника лекарственного // Фармация. 2015. Т. 64, №2. С. 22–24.
80. Сычев И.А., Смирнов В.М., Подколзин Г.В. Действие полисахаридов донника желтого на систему кроветворения в норме и при патологии // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2007. Т. 1, №1. С. 50–58.
81. Зиновьева И.В., Заходяева Ю.А., Вошкин А.А. Межфазное распределение кофеина и кумарина в экстракционных системах с полиэтиленгликолем и сульфатом натрия // Теоретические основы химической технологии. 2019. Т. 53, №6. С. 647–651. <https://doi.org/10.1134/S0040357119060174>.
82. Patent 5550166 (US). Pinitol and derivatives thereof for treatment of metabolic disorders / R.E. Ostlund, W.R. Sherman. 1998.
83. López-Sánchez J.I., Moreno D.A., García-Viguera C. D-pinitol, a highly valuable product from carob pods: Health-promoting effects and metabolic pathways of this natural super-food ingredient and its derivatives // AIMS Agriculture and Food. 2018. Vol. 3(1). Pp. 41–63. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.1.41>.
84. Локтева О.М. Фармакологическая характеристика экстракта донника лекарственного: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб, 1999. 18 с.
85. Патент №2223110 (РФ). Противоишемический растительный препарат мелилотин и способ его получения / Б.К. Котовский, Е.И. Саканян, Е.Е. Лесновская, Л.В. Пастушенков, Н.Ю. Фролова, О.М. Локтева, С.Л. Петрова, Н.В. Марченко. 2004.
86. Аронян М.В. Разработка состава и технологии лекарственных средств донника лекарственного и касатика молочно-белого травы: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. СПб, 2021. 24 с.
87. Лесновская Е.Е., Саканян Е.И., Марченко А.Л. К вопросу создания комплексного фитопрепарата на основе цветков, плодов боярышника и травы донника // IX Российской национальный конгресс «Человек и лекарство». Тезисы докладов. М., 2002. С. 656–657.
88. Ложкин А.В. Разработка стандартного образца для стандартизации лекарственного растительного сырья «трава донника лекарственного», субстанции и препаратов на его основе: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. СПб, 2006. 28 с.
89. Chorepsima S., Tentolouris K., Dimitroulis D., Tentolouris N. *Melilotus*: Contribution to wound healing in the diabetic foot // J. Herb. Med. 2013. Vol. 3, no. 3. Pp. 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2013.04.005>.
90. Borhani G., Mazandarani M., Abbaspour H. Antioxidant, Antibacterial Activity, Ethnopharmacology, Phytochemical in Different Extracts of *Melilotus officinalis* L. as an Anti-infection and Anti-diabetic in Traditional Uses of Two Northern Provinces From Iran. // Crescent Journal of Medical and Biological Sciences. 2024. Vol. 11, no. 2. Pp. 83–91. <https://doi.org/10.34172/cjmb.2024.301>.
91. Anwer M.S., Shamin S., Ahmed S., Hasan M.M., Azhar I. Hypotensive activity of *Melilotus officinalis* (L.) Pallas. // European Journal of Medicine. Series B. 2015. Vol. 3, no. 2. Pp. 80–85. <https://doi.org/10.13187/ejm.s.b.2015.3.80>.
92. Hong N.D., Won D.H., Kim N.J. Pharmacological studies on *Melilotus officinalis* extract // Korean Journal of Pharmacognosy. 1983. Vol. 14, no. 2. Pp. 51–59.
93. Pourmorad F., Hosseiniimehr S., Shahabimajd N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants // Afr. J. Biotechnol. 2006. Vol. 5, no. 11. Pp. 1142–1145.
94. Miliauskas G., Venskutonis P., Van Beek T. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts // Food Chem. 2004. Vol. 85, no. 2. Pp. 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>.
95. Mladenović K.G., Muruzović M.Z., Stefanović O.D., Vasić S.M., Čomić L. Antimicrobial, antioxidant and antibiofilm activity of extracts of *Melilotus officinalis* (L.) pall. // The Journal of Animal and Plant Sciences. 2016. Vol. 26, no. 5. Pp. 1436–1444.
96. Karakas F.P., Yildirim A., Turker A. Biological screening of various medicinal plant extracts for antibacterial and antitumor activities // Turk. J. Biol. 2012. Vol. 36, no. 6. Pp. 641–652. <https://doi.org/10.3906/biy-1203-16>.

97. Nacsá-Farkas E., Pauliuc I., Krisch J., Vagvolgyi C. Anticandidal effect of the extracts from *Melilotus officinalis* and *Aristolochia clematitis* // Review on Agriculture and Rural Development. 2013. Vol. 2, no. 1. Pp. 473–477.
98. Nasser N.M., Al-Araji M., Al-Ani W.M.K. Antifungal activity of *Mellilotus officinalis* of Iraq // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2014. Vol. 6, no. 11. Pp. 611–617.
99. Pleșca-Manea L., Parvu A.E., Parvu M., Taămaș M., Buia R., Puia M. Effects of *Melilotus officinalis* on acute inflammation // Phytother Res. 2002. Vol. 16, no. 4. Pp. 316–319. <https://doi.org/10.1002/ptr.875>.
100. İlhan M., Ali Z., Khan I.A., Taştan H., Küpeli Akkol E. The regression of endometriosis with glycosylated flavonoids isolated from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. in an endometriosis rat model // Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology. 2020. Vol. 59, no. 2. Pp. 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.01.008>.
101. Zhao G.C., Yuan Y.L., Chai F.R., Ji F.J. Effect of *Melilotus officinalis* extract on the apoptosis of brain tissues by altering cerebral thrombosis and inflammatory mediators in acute cerebral ischemia // Biomed. Pharmacother. 2017. Vol. 89. Pp. 1346–1352. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.02.109>.
102. Alameer N. Z., Qaisar M.N., Uttra A.M., Ahsan H., Khan K.U., Khan I.U., Saleem M., Khadijai A.H., Sharif A., Younis W., Naz H. Evaluation of hepatoprotective activity of *Melilotus officinalis* L. against paracetamol and carbon tetrachloride induced hepatic injury in mice // Acta Pol. Pharm. 2017. Vol. 74, no. 3. Pp. 903–909.
103. Kaur S., Sharma A., Bedi P.M.S. Evaluation of anxiolytic effect of *Melilotus officinalis* extracts in mice // Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 2017. Vol. 10, no. 6. Pp. 396–399. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i6.17183>.
104. Bazazzadegan N., Dehghan Sh. M., Saliminejad K., Kamali K., Banan M., Khorram Khorshid H.R. The effects of *Melilotus officinalis* extract on expression of Daxx, NfkB and Vegf genes in the streptozotocin-induced rat model of sporadic Alzheimer's disease // Avicenna J. Med. Biotechnol. 2017. Vol. 9, no. 3. Pp. 133–137.
105. Safapour A.R., Kavyani F., Sepehrimanesh M., Ahmadi N., Hosseinabadi O.K., Tanideh N., Showraki N. Antioxidant and anti-Inflammatory effects of gel and aqueous extract of *Melilotus officinalis* L. in induced ulcerative colitis: A *Rattus norvegicus* model // Ann Colorectal Res. 2015. Vol. 3, no. 2. e29511. <https://doi.org/10.17795/acr-29511>.
106. Braga P.C., Sasso M.D., Lattuada N., Marabini L., Calo R., Antonacci R., Bertelli A., Falchi M., Verducci P. Antioxidant activity of *Melilotus officinalis* extract investigated by means of the radical scavenging activity, the chemiluminescence of human neutrophil bursts and lipoperoxidation assay // Journal of Medicinal Plants Research. 2013. Vol. 7, no. 7. Pp. 358–365. <https://doi.org/10.5897/JMPR012.547>.
107. Sheikh N.A., Desai T. Evaluation of hepatoprotective and antioxidant potential of *Melilotus officinalis* on iron dextran induced hepatotoxicity in Sprague Dawley rats // Conference: International conference on research and entrepreneurship. Gujarat, India, 2016. P. 819.
108. Tanideh N., Bahrani M., Khoshnood-Mansoorkhani M.J., Mehrabani D., Firoozi D., Koohi-Hosseinabadi O., Iraji A. Evaluating the effect of *Melilotus officinalis* L. aqueous extracts on healing of acetic acid-induced ulcerative colitis in male rats // Annals of Colorectal Research. 2016. Vol. 4, no. 4. e42856. <https://doi.org/10.17795/acr-42856>.
109. Tanideh N., Safa O., Kheradmand S., Zarshenas M.M., Mokhtari M., Seddighi A., Jamshidzadeh A., Yeganeh B.S., Omidi M., Daneshi S. Induced third-degree burn in rat: Healing by *Melilotus officinalis* extract as medicinal plant // Trends in Pharmaceutical Sciences. 2018. Vol. 4, no. 1. Pp. 33–40. <https://doi.org/10.1111/TIPS.V4I1.170>.
110. Mikhailova S.I., Andreeva V.Yu., Zinner N.S., Gulik E.S., Suchkova S.A., Belousov M.V. Toxic properties and allelopathic activity of *Melilotus officinalis* (L.) Pall. // Acta Biologica Sibirica. 2022. Vol. 8. Pp. 89–99. <https://doi.org/10.14258/abs.v8.e03>.
111. Wu C.X., Liu S.J., Zhao G.Q. Isolation and identification of the potential allelochemicals in the aqueous extract of yellow sweet clover (*Mellitus officinalis*) // Acta Pratacult. Sin. (Chin.). 2014. Vol. 23. Pp. 184–192. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05498>.
112. Wang Z.B., Qi C.H. Allelopathy Effect of Water Extracts of *Melilotus officinalis* on Three Kinds of Weeds // Seed. 2014. Vol. 33, no. 12. Pp. 40–43.
113. Wu C.X., Guo X.X., Li Z.H., Shen Y.X. Feasibility of using the Allelopathic potential of yellow sweet clover for weed control // Allelopathy Journal. 2010. Vol. 25. Pp. 173–183.
114. Wu C.X., Zhao G.Q., Liu D-L., Liu S.J., Guo X.X., Tang Q. Discovery and Weed Inhibition Effects of Coumarin as the Predominant Allelochemical of Yellow Sweetclover (*Melilotus officinalis*) // Int. J. Agric. Biol. 2016. Vol. 18, no. 1. Pp. 168–175. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0082>.
115. Radostits Q.M., Searcy G.P., Mitchell K.G. Moldy sweet clover poisoning in cattle // Can. Vet. J. 1980. Vol. 21, no. 5. Pp. 155–158.
116. Campbell H.A., Link K.P. Studies on the Hemorrhagic Sweet Clover Disease Iv. the Isolation and Crystallization of the Hemorrhagic Agent // Nutrition Reviews. 1974. Vol. 32, no. 8. Pp. 244–246. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1974.tb06329.x>.
117. Puschner B., Galey F.D., Holstege D.H., Palazoglu M. Sweet clover poisoning in dairy cattle in California // J. Am. Vet. Med. Assoc. 1998. Vol. 212, no. 6. Pp. 857–859.

Поступила в редакцию 17 августа 2024 г.

После переработки 17 января 2025 г.

Принята к публикации 2 июля 2025 г.

Botirov E.Kh.^{1}, Usmanova N.K.², Narbutaeva D.A.¹, Abdurakhmanov B.A.¹* CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF METABOLITES OF *MELILOTUS OFFICINALIS*

¹ Institute of Plant Chemistry named after academician S.Yu. Yunusov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, M. Ulugbek str., 77, Tashkent, 100170, Uzbekistan, botirov-nepi@mail.ru

² Namangan State University, Uychinskaya str., 316, Namangan, 160100, Uzbekistan

The review summarizes the data from scientific literature on the chemical composition, level of study, and biological activity of metabolites and extracts of *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (common sweet clover). In folk medicine, common sweet clover is used for angina, coronary thrombosis, thrombophlebitis, and for the prevention of heart attacks and ischemic strokes. The wide spectrum of pharmacological activity of *M. officinalis* is due to the content of a complex of biologically active substances. Analysis of literature data on the chemical composition of *M. officinalis* metabolites indicates its diversity. The article presents information on the composition of the metabolites of sweet clover, related to terpenoids, coumarins, hydroxybenzoic acids, derivatives of cinnamic and dihydrocinnamic acids, flavonoids and isoflavonoids, lipids, carbohydrates, carotenoids, triterpenoids, saponins, phytosterols, amino acids, vitamins, carboxylic acids and other classes of natural biologically active compounds. The results of the study of the pharmacological activity of the extraction preparations and some individual compounds of *M. officinalis* show the prospects for their further study in a number of areas, as well as their use for the creation of drugs and parapharmaceutical products on their basis. The goal and objective of this article is to summarize and systematize numerous literary data on secondary metabolites and biological activity of extracts and individual compounds isolated from *M. officinalis*. The information provided in the review can be used as reference literature by phytochemists, biologists and pharmacologists. The review can be used as reference literature by phytochemists, biologists and pharmacologists.

Keywords: *Melilotus officinalis*, chemical composition of metabolites, essential oil, coumarins, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, triterpenes, biological activity.

For citing: Botirov E.Kh., Usmanova N.K., Narbutaeva D.A., Abdurakhmanov B.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 3, pp. 23–42. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315700>.

References

1. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye. Semeystva Hydrangeaceae – Haloragaceae.* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use. Families Hydrangeaceae – Haloragaceae]. Leningrad, 1987, pp. 160–161. (in Russ.).
2. Khammatov Kh.Kh., Kharlamov I.A., Alimbayeva P.K., Karryev M.O., Khaivor I.Kh. *Osnovnyye lekarstvennyye rasteniya Sredney Azii.* [Main medicinal plants of Central Asia]. Tashkent, 1984, pp. 60–61. (in Russ.).
3. Kurkin V.A. *Farmakognziya.* [Pharmacognosy]. Samara, 2007, pp. 182–183. (in Russ.).
4. Sheikh N., Desai T., Patel R. *Pharmacognosy Journal*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 239–242. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.3.11>.
5. Akbar S. *Handbook of 200 Medicinal Plants.* Springer, Cham, 2020, pp. 1171–1175. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_125.
6. Kurlovich B.S. *Tezisy dokladov nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 10-letiyu Mezhdunarodnoy akademii «Informatsiya, svyaz', upravleniye v tekhnike, prirode obshchestve».* [Abstracts of reports of the scientific conference dedicated to the 10th anniversary of the International Academy "Information, Communication, Management in Technology, Nature and Society"]. St. Petersburg, 2004, pp. 26–27. (in Russ.).
7. FS.2.5.0011.15. "Donnika trava" [FS.2.5.0011.15. "Melilot grass"]. URL: <https://e-ecolog.ru/docs/4DShKblxN0kBByoeNoXTOU>. (in Russ.).
8. European Medicines Agency. *Assessment report on Melilotus officinalis (L.) Lam., herba.* London, 2008, pp. 1–38; 2017, pp. 1–33.
9. Putyrskiy I.N., Prokhorov V.N. *Universal'naya entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy.* [Universal encyclopedia of medicinal plants]. Moscow, 2000, pp. 121–122. (in Russ.).
10. Sokolov S.Ya., Zamotayev I.P. *Spravochnik po lekarstvennym rasteniyam: fitoterapiya.* [Handbook of medicinal plants: phytotherapy]. Moscow, 1988, pp. 123–124. (in Russ.).
11. Sokolov S.Ya. *Fitoterapiya i fitofarmakologiya: rukovodstvo dlya vrachey.* [Phytotherapy and phytopharmacology: a guide for doctors]. Moscow, 2000, 976 p. (in Russ.).
12. Yakovlev G.P. *Farmakognziya. Lekarstvennoye syr'ye rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya: uchebnoye posobiye.* [Pharmacognosy. Medicinal raw materials of plant and animal origin: a textbook]. St. Petersburg, 2010, 863 p. (in Russ.).
13. Kiseleva T.L., Karpeyev A.A. *Gomeopatiya i fitoterapiya v lechenii serdechnososudistykh bolezney.* [Homeopathy and phytotherapy in the treatment of cardiovascular diseases]. Moscow, 1997, vol. 2, p. 383. (in Russ.).
14. Pastorino G., Marchetti C., Borghesi B., Cornara L., Ribulla S., Burlando B. *Ind. Crops Prod.*, 2017, vol. 96, pp. 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.047>.
15. Khamidov G.Kh. *Medonosnyye rasteniya Uzbekistana i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya.* [Honey plants of Uzbekistan and ways of their rational use]. Tashkent, 1987, 127 p. (in Russ.).
16. Zagorskina N.V., Nazarenko L.V. *Vestnik MGPU «Yestestvennyye nauki»*, 2019, no. 2 (34), pp. 8–19. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.34.2.1>. (in Russ.).

* Corresponding author.

17. Larikova Yu.S., Malikova N.A. *Meditina. Sotsiologiya. Filosofiya. Prikladnyye issledovaniya*, 2022, no. 6, pp. 138–141. (in Russ.).
18. Korolev V.A. *Farmakognosticheskoye izuchenie predstaviteley roda donnik: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of representatives of the genus Melilotus: author's abstract. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Perm', 1996, 26 p. (in Russ.).
19. Hrud'ko I.V. *Farmakognostichne doslidzhennya vydi v rod Melilotus L. flory Ukrayiny: avtoref. dyss. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of species in the genus Melilotus L. of the flora of Ukraine: author's abstract of dissertation ... candidate of pharmaceutical sciences]. Kharkiv, 2013, 20 p. (in Ukr.).
20. Kharlampovich T.A. *Fitokhimicheskoye izuchenie i standartizatsiya donnika lekarstvennogo travy, proizrastayushchey na territorii Altayskogo kraja: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk.* [Phytochemical study and standardization of sweet clover, a herb growing in the Altai Territory: author's abstract. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Perm', 2014, 21 p. (in Russ.).
21. Mullazhonova M.T. *Farmakognosticheskoye izuchenie donnika lekarstvennogo, proizrastayushchego v Uzbekistane: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of sweet clover growing in Uzbekistan: author's abstract. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Tashkent, 2007, 23 p. (in Russ.).
22. Usmanova N.K. *Khimicheskiy sostav biologicheski aktivnykh komponentov rasteniy rodov Melilotus i Arachis flory Uzbekistana: avtoref. diss. ... doktora filosofii (PhD) po khimicheskim naukam.* [Chemical composition of biologically active components of plants of the genera Melilotus and Arachis of the flora of Uzbekistan: Abstract of the dissertation ... Doctor of Philosophy (PhD) in Chemical Sciences]. Fergana, 2024, 44 p. (in Russ.).
23. Al-Snafi A.E. *IOSR Journal of Pharmacy*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 26–36.
24. Dombrowicz E., Swiatek L., Gurun R., Zaderowski R. *Pharmazie*, 1991, vol. 46, no. 2, pp. 156–157.
25. Liu Y.T., Gong P.H., Xiao F.Q., Shao S., Zhao D.Q., Yan M.M., Yang X.W. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 2, 271. <https://doi.org/10.3390/molecules23020271>.
26. Anwer M.S., Mohtasheem M., Azhar I., Hasan M., Bano H. *J. Basic App. Sci.*, 2008, vol. 4, no. 2, pp. 89–94.
27. Hirakawa T., Okawa M., Kinjo J., Nohara T. *Chem. Pharm. Bull.*, 2000, vol. 48, no. 2, pp. 286–287. <https://doi.org/10.1248/cpb.48.286>.
28. Fedoseyeva L.M., Kharlampovich T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 2, pp. 153–157. (in Russ.).
29. Ilhan M., Ali Z., Khan I.A., Kupeli Akkol E. *Nat. Prod. Res.*, 2019, vol. 33, no. 13, pp. 1856–1861. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1477152>.
30. Ilhan M., Ali Z., Khan I.A., Tastan H., Kupeli Akkol E. *Taiwanese Journal of Obstetrics & Gynecology*, 2020, vol. 59, pp. 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.01.008>.
31. Kang S.S., Won S.W. *Journal of Natural Products*, 1988, vol. 51, pp. 335–338. <https://doi.org/10.1021/np50056a027>.
32. Udayama M., Kinjo J., Yoshida N., Nohara T. *Chem. Pharm. Bull.*, 1998, vol. 46, no. 3, pp. 526–527. <https://doi.org/10.1248/cpb.46.526>.
33. Kang S.S., Lim C.H., Lee S.Y. *Arch Pharm Res.*, 1987, vol. 10, pp. 9–13. <https://doi.org/10.1007/BF02855614>.
34. Gupta A.K., Grasdalen H.A. *Carbohydr Res.*, 1988, vol. 173, pp. 159–168.
35. Yang J., Wang L.L., Zhang T.J. *Chin. Tradit. Herb. Drugs*, 2014, vol. 45, pp. 447–454. <https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2014.03.027>.
36. Usmanova N.K., Khurramov A.R., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. *Chem. Nat. Compd.*, 2022, vol. 58, pp. 1129–1130. <https://doi.org/10.1007/s10600-022-03883-8>.
37. Usmanova N., Ermatov R., Karimov A., Botirov E. *Vestnik NUUz. Yestestvennyye nauki*, 2022, no. 3/1, pp. 328–330. (in Russ.).
38. Usmanova N.K., Botirov E.Kh. *Nauchnyy vestnik FerGU*, 2022, no. 5, pp. 246–250. (in Russ.).
39. Usmanova N.K., Bobakulov Kh.M., Botirov E.Kh. *Nauchnyy vestnik FerGU*, 2023, no. 1, pp. 55–59.
40. *Donnik lekarstvennyy (donnik zheltyy, belyy burkun, kamenitsa, kropilo, gun'ba) – Melilotus officinalis L.* [Melilotus officinalis L. (yellow sweet clover, white sweet clover, stone clover, aspergill, gunba)] URL: <https://www.cnsrb.ru/AKDIL/0019/base/RD/000091.shtml>. (in Russ.).
41. Usmanova N.K., Yuldasheva N.K., Gusakova S.D., Botirov E.Kh. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 199–206. <https://doi.org/10.14258/jeprm.20230111377>. (in Russ.).
42. Akramova A.S., Umarov A.U., Markman A.L. *Chem. Nat. Compd.*, 1999, vol. 35, p. 265. <https://doi.org/10.1007/BF00568536>.
43. Usmanova N.K., Bobakulov Kh.M., Karimov A.M., Sasmakov S.A., Botirov E.Kh., Azimova Sh.S., Abdullayev N.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 1, pp. 161–168. <https://doi.org/10.14258/jeprm.20220110514>. (in Russ.).
44. Yefremov A.A., Zyкова I.D., Tselukovskaya M.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 3, pp. 111–114. (in Russ.).
45. Zyкова I.D., Yefremov A.A. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2013, no. 5, pp. 112–114. (in Russ.).
46. Gudzenko A.V., Vinogradov B.A. *World Applied Sciences Journal*, 2014, vol. 29, no. 2, pp. 171–172. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.29.02.1240>.
47. Kovaleva A.M., Grud'ko I.V., Komissarenko A.N., Koshevoy O.N. *Vіsnik farmatsiї*, 2009, no. 4, pp. 12–15. (in Russ.).
48. Kovalev A.M., Grud'ko I.V., Aleksandrov A.N., Komissarenko A.N. *Chem. Nat. Compd.*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 585–586. <https://doi.org/10.1007/s10600-009-9374-2>.
49. Mulyukin M.A., Botirov E.Kh. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, 2022, vol. 8 (74), no. 4, pp. 282–289. (in Russ.).

50. Quijano-Celis C.E., Pino J.A., Morales G. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2010, vol. 13, no. 3, pp. 313–315. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2010.10643826>.
51. Al boudi H., Daood N., Mayla L.M. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies. Basic Sciences Series*, 2018, vol. 40, no. 5, pp. 163–177.
52. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 2021, vol. 35, no. 1, pp. 141–150. <https://doi.org/10.4314/bcse.v35i1.12>.
53. Fedoseyeva L.M., Kharlampovich T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 3, pp. 135–141. (in Russ.).
54. Bochkareva I.I., D'yakova I.N., Artem'yeva V.V. *Novyye tekhnologii*, 2016, no. 3, pp. 90–94. (in Russ.).
55. Aroyan M.V., Generalova Yu.E., Terninko I.I., Kaukhova I.Ye., Novikova Ye.K. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2021, vol. 10, no. 4, pp. 104–107. [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4\(1\)-104-107](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107). (in Russ.).
56. Zalutskaya A.M., Sysa A.G., Belyavskiy K.M. *Sakharovskiye chteniya 2018 goda: ekologicheskiye problemy XXI veka: materialy 18-y mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. [Sakharov readings 2018: environmental problems of the 21st century. Proceedings of the 18th international scientific conference]. Minsk, 2018, vol. 2, pp. 135–136. (in Russ.).
57. Hroboňová K., Sádecká J., Čižmárik J. *Nova Biotechnol Chim.*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 95–102. <https://doi.org/10.2478/nbec-2018-0010>.
58. Hashim F.J., Hussain S.M., Shawkat M.S. *Biosci Biotech Res Asia*, 2017, vol. 14, no. 1, pp. 13–23. <https://doi.org/10.13005/bbra/2412>.
59. Martino E., Ramaiolà I., Urbano M., Bracco F., Collina S. *J. Chromatogr. A*, 2006, vol. 1125(2), pp. 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.05.032>.
60. Ruwizhi N., Aderibigbe B.A. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 16, 5712. <https://doi.org/10.3390/ijms21165712>.
61. Sutiashvili M.G., Alaniya M.D. *Chem. Nat. Compd.*, 1999, vol. 35, p. 584. <https://doi.org/10.1007/BF02323303>.
62. Kaur S., Sharma A., Bedi P.M.S. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 2017, vol. 7, no. 5, pp. 379–390. <https://doi.org/10.1080/22311866.2017.1378923>.
63. Bubenchikova V.N., Drozdova I.L. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2004, vol. 38, no. 4, pp. 24–25. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2004-38-4-24-25>.
64. Bubenchikova V.N., Korolev V.A., Kochkarev V.I. *Sovremennyye aspekty izucheniya lekarstvennykh rasteniy*. [Modern aspects of the study of medicinal plants]. Moscow, 1995, vol. 34, pp. 147–151. (in Russ.).
65. Bubenchikova V.N., Korolev V.A., Bubenchikov R.A., Kochkarev V.I. *Aktual'nyye problemy farmatsevticheskoy khimii: nauchnyye trudy VNIIF*. [Actual problems of pharmaceutical chemistry: scientific works of the All-Russian Research Institute of Pharmaceuticals]. Moscow, 1996, vol. 35, pp. 175–179. (in Russ.).
66. Bubenchikova V.N., Korolev V.A. *Aktual'nyye voprosy meditsinskoy nauki*. [Current issues of medical science]. Kursk, 1997, pp. 599–600. (in Russ.).
67. Shchemelinina T.V., Sorokin A.A. *Farmatsiya*, 2017, vol. 66, no. 1, pp. 26–28. (in Russ.).
68. Chemesova I.I., Chubarova S.L., Sakanyan Ye.I., Kotovskiy B.K., Chizhikov D.V. *Rastitel'nyye resursy*, 2000, vol. 36, no. 1, pp. 86–91. (in Russ.).
69. Sheikh N.A., Desai T.R. *International Journal of Green Pharmacy*, 2017, vol. 11, no. 2, S285. <https://doi.org/10.22377/ijgp.v11i02.1036>.
70. Chun Ni T. *Medicinal Plant*, 2012, vol. 3, no. 5, pp. 23–25.
71. Horváth G., Csikós E., Andres E.V., Bencsik T., Takátsy A., Gulyás-Fekete G., Turcsí E., Deli J., Szőke É., Kemény Á. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 2, 503. <https://doi.org/10.3390/molecules26020503>.
72. Fedoseyeva L.M., Kharlampovich T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 213–218. (in Russ.).
73. Xue H., Jing Z., Nian-feng L. *Shipin Yanjiu Yu Kaifa*, 2014, vol. 35, no. 4, pp. 87–89. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6521.2014.04.023>.
74. Bakoglu A., Kılıç Ö., Kökten K. *Anal. Chem. Lett.*, 2016, vol. 6, no. 2, pp. 174–180. <https://doi.org/10.1080/22297928.2016.1188723>.
75. Khodakov G.V. *Chem. Nat. Compd.*, 2010, vol. 46, no. 4, pp. 572–575. <https://doi.org/10.1007/s10600-010-9678-2>.
76. Kang S.S., Lee Y.S., Lee E.B. *Arch. Pharm. Res.*, 1988, vol. 11, pp. 197–202. <https://doi.org/10.1007/BF02861309>.
77. Kang S.S., Lee Y.-S., Lee E.-B. *J. Pharmacogn.*, 1987, vol. 18, pp. 89–93.
78. Khodakov G.V. *Terpenovyye i steroidnyye glikozidy nekotorykh predstaviteley roda Donnik (Melilotus), proizrastayushchikh v Krymu: avtoref. diss. ... kand. khim. nauk*. [Terpene and steroid glycosides of some representatives of the genus Melilotus growing in Crimea: author's abstract. diss. ... candidate of chemical sciences]. Odessa, 1995, 24 p. (in Russ.).
79. Shchemelinina T.V., Sorokina A.A. *Farmatsiya*, 2015, vol. 64, no. 2, pp. 22–24. (in Russ.).
80. Sychev I.A., Smirnov V.M., Podkolzin G.V. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2007, vol. 1, no. 1, pp. 50–58. (in Russ.).
81. Zinov'yeva I.V., Zakhodyayeva Yu.A., Voshkin A.A. *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii*, 2019, vol. 53, no. 6, pp. 647–651. <https://doi.org/10.1134/S0040357119060174>. (in Russ.).
82. Patent 5550166 (US). 1998.
83. López-Sánchez J.I., Moreno D.A., García-Viguera C. *AIMS Agriculture and Food*, 2018, vol. 3(1), pp. 41–63. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.1.41>.

84. Lokteva O.M. *Farmakologicheskaya kharakteristika ekstrakta donnika lekarstvennogo: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk.* [Pharmacological characteristics of the extract of sweet clover: author's abstract. diss. ... candidate of biological sciences]. St. Petersburg, 1999, 18 p. (in Russ.).
85. Patent 2223110 (RU). 2004. (in Russ.).
86. Aroyan M.V. *Razrabotka sostava i tekhnologii lekarstvennykh sredstv donnika lekarstvennogo i kasatika molochnobelogo travy: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Development of the composition and technology of medicinal products of sweet clover and milky white iris herb: abstract of dis. ... candidate of pharmaceutical sciences]. St. Petersburg, 2021, 24 p. (in Russ.).
87. Lesnovskaya Ye.Ye., Sakanyan Ye.I., Marchenko A.L. *IX Rossiyskiy natsional'nyy kongress «Chelovek i lekarstvo. Tezisy dokladov.* [IX Russian National Congress "Man and Medicine". Abstracts of reports]. Moscow, 2002, pp. 656–657. (in Russ.).
88. Lozhkin A.V. *Razrabotka standartnogo obraztsa dlya standartizatsii lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya "trava donnika lekarstvennogo", substansii i preparatov na yego osnove: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk.* [Development of a standard sample for standardization of medicinal plant raw materials "melilotus officinalis herb", substances and preparations based on it: author's abstract. diss. ... candidate of pharm. sciences]. St. Petersburg, 2006, 28 p. (in Russ.).
89. Chorepsima S., Tentolouris K., Dimitroulis D., Tentolouris N. *J. Herb. Med.*, 2013, vol. 3, no. 3, pp. 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2013.04.005>.
90. Borhani G., Mazandarani M., Abbaspour H. *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, 2024, vol. 11, no. 2, pp. 83–91. <https://doi.org/10.34172/cjmb.2024.301>.
91. Anwer M.S., Shamin S., Ahmed S., Hasan M.M., Azhar I. *European Journal of Medicine. Series B*, 2015, vol. 3, no. 2, pp. 80–85. <https://doi.org/10.13187/ejm.s.b.2015.3.80>.
92. Hong N.D., Won D.H., Kim N.J. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 1983, vol. 14, no. 2, pp. 51–59.
93. Pourmorad F., HosseiniMehr S., Shahabimajd N. *Afr. J. Biotechnol.*, 2006, vol. 5, no. 11, pp. 1142–1145.
94. Miliauskas G., Venskutonis P., Van Beek T. *Food Chem.*, 2004, vol. 85, no. 2, pp. 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>.
95. Mladenović K.G., Muruzović M.Z., Stefanović O.D., Vasić S.M., Čomić L. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 2016, vol. 26, no. 5, pp. 1436–1444.
96. Karakas F.P., Yıldırım A., Turker A. *Turk. J. Biol.*, 2012, vol. 36, no. 6, pp. 641–652. <https://doi.org/10.3906/biy-1203-16>.
97. Nacsá-Farkas E., Pauliuc I., Krisch J., Vagvolgyi C. *Review on Agriculture and Rural Development*, 2013, vol. 2, no. 1, pp. 473–477.
98. Nasser N.M., Al-Araji M., Al-Ani W.M.K. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014, vol. 6, no. 11, pp. 611–617.
99. Pleșca-Manea L., Parvu A.E., Parvu M., Taşmaş M., Buia R., Puia M. *Phytother Res.*, 2002, vol. 16, no. 4, pp. 316–319. <https://doi.org/10.1002/ptr.875>.
100. İlhan M., Ali Z., Khan I.A., Taştan H., Küpeli Akkol E. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*, 2020, vol. 59, no. 2, pp. 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.01.008>.
101. Zhao G.C., Yuan Y.L., Chai F.R., Ji F.J. *Biomed. Pharmacother.*, 2017, vol. 89, pp. 1346–1352. <https://doi.org/10.1016/j.bioph.2017.02.109>.
102. Alameer N. Z., Qaisar M.N., Uttra A.M., Ahsan H., Khan K.U., Khan I.U., Saleem M., Khadijai A.H., Sharif A., Younis W., Naz H. *Acta Pol. Pharm.*, 2017, vol. 74, no. 3, pp. 903–909.
103. Kaur S., Sharma A., Bedi P.M.S. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 2017, vol. 10, no. 6, pp. 396–399. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i6.17183>.
104. Bazazzadegan N., Dehghan Sh. M., Saliminejad K., Kamali K., Banan M., Khorram Khorshid H.R. *Avicenna J. Med. Biotechnol.*, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 133–137.
105. Safapour A.R., Kaviyani F., Sepehrimanesh M., Ahmadi N., Hosseinabadi O.K., Tanideh N., Showraki N. *Ann Colorectal Res.*, 2015, vol. 3, no. 2, e29511. <https://doi.org/10.17795/acr-29511>.
106. Braga P.C., Sasso M.D., Lattuada N., Marabini L., Calo R., Antonacci R., Bertelli A., Falchi M., Verducci P. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2013, vol. 7, no. 7, pp. 358–365. <https://doi.org/10.5897/JMPR012.547>.
107. Sheikh N.A., Desai T. *Conference: International conference on research and entrepreneurship*. Gujarat, India, 2016, p. 819.
108. Tanideh N., Bahrani M., Khoshnood-Mansoorkhani M.J., Mehrabani D., Firooz D., Koohi-Hosseinabadi O., Iraji A. *Annals of Colorectal Research*, 2016, vol. 4, no. 4, e42856. <https://doi.org/10.17795/acr-42856>.
109. Tanideh N., Safa O., Kheradmand S., Zarshenas M.M., Mokhtari M., Seddighi A., Jamshidzadeh A., Yeganeh B.S., Omidi M., Daneshi S. *Trends in Pharmaceutical Sciences*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 33–40. <https://doi.org/10.1111/TIPS.V4I1.170>.
110. Mikhailova S.I., Andreeva V.Yu., Zinner N.S., Gulik E.S., Suchkova S.A., Belousov M.V. *Acta Biologica Sibirica*, 2022, vol. 8, pp. 89–99. <https://doi.org/10.14258/abs.v8.e03>.
111. Wu C.X., Liu S.J., Zhao G.Q. *Acta Pratacult. Sin. (Chin.)*, 2014, vol. 23, pp. 184–192. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05498>.
112. Wang Z.B., Qi C.H. *Seed*, 2014, vol. 33, no. 12, pp. 40–43.
113. Wu C.X., Guo X.X., Li Z.H., Shen Y.X. *Allelopathy Journal*, 2010, vol. 25, pp. 173–183.

114. Wu C.X., Zhao G.Q., Liu D-L., Liu S.J., Gun X.X., Tang Q. *Int. J. Agric. Biol.*, 2016, vol. 18, no. 1, pp. 168–175. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0082>.
115. Radostits Q.M., Searcy G.P., Mitchall K.G. *Can. Vet. J.*, 1980, vol. 21, no. 5, pp. 155–158.
116. Campbell H.A., Link K.P. *Nutrition Reviews*, 1974, vol. 32, no. 8, pp. 244–246. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1974.tb06329.x>.
117. Puschner B., Galey F.D., Holstege D.H., Palazoglu M. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1998, vol. 212, no. 6, pp. 857–859.

Received August 17, 2024

Revised January 17, 2025

Accepted July 2, 2025

Сведения об авторах

Ботиров Эркин Хожиакбарович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией химии терпеноидов и фенольных соединений, botirov-nepi@mail.ru

Усманова Наргиза Кудиратуллаевна – преподаватель кафедры органической химии, nargiza_unq@mail.ru

Нарбутаева Дилдора Абдуスマтовна – PhD, старший научный сотрудник лаборатории фармакологии и токсикологии, narbutaeva83@list.ru

Абдурахманов Бахтияр Алимжонович – PhD, старший научный сотрудник экспериментально-технологической лаборатории, bahti86.86@mail.ru

Information about authors

Botirov Erkin Khozhaykbarovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Chemistry of Terpenoids and Phenolic Compounds, botirov-nepi@mail.ru

Usmanova Nargiza Kudiratullaevna – Lecturer of the Department of Organic Chemistry, nargiza_unq@mail.ru

Narbutaeva Dildora Abdusmatovna – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Pharmacology and Toxicology, narbutaeva83@list.ru

Abdurakhmanov Bakhtiyor Alimzhonovich – PhD, Senior Researcher of the Experimental and Technological Laboratory, bahti86.86@mail.ru