

УДК 615.322: 547.972+543.544

## ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧЕК ТОПОЛЯ КРАСНОНЕРВНОГО (*POPULUS RUBRINERVIS* HORT. ALB.)\*

© Е.А. Урбанчик, В.А. Куркин\*\*, В.М. Рыжов

Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская,  
89, Самара, 443099, Россия, v.a.kurkin@samsmu.ru

Род Тополь (*Populus* L.) (семейство Ивовых – *Salicaceae*) широко распространен в Европе и Азии и чаще для произрастания предпочитает теплый и умеренно холодный климат. Растения видов тополя имеют богатый химический состав и содержат в основном соединения фенольной природы: простые фенолы, фенолкарбоновые кислоты и их производные, фенилпропаноиды, в том числе гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, включая флаваноны (доминируют соединения пиноцембрин, пиностробин), флаванолы, флавоны, флавонолы, халконы и дигидрохалконы. Компонентный состав почек рода *Populus* L. очень сложный и является специфичным для каждого вида. Причем количество фенольных соединений зависит от географического региона произрастания, климата, времени отбора проб, а также от выбранного растворителя и метода экстракции. Благодаря своему богатому компонентному составу биологически активных соединений почки пяти видов рода Тополь включены в Государственную фармакопею Российской Федерации и применяются в качестве средства, обладающего антимикробным, противогрибковым и противовоспалительным действием.

Одним из перспективных видов рода Тополь является тополь красонервный (*Populus rubrinervis* Hort. Alb.), почки которого достигают размеров в длину до 14 мм. Ранее нами для водно-спиртовых извлечений почек тополя красонервного обнаружены антимикробные, противогрибковые и диуретические свойства. Кроме того, методом ТСХ в спиртовом извлечении почек данного растения обнаружен пиностробин, а также определено количественное содержание фенольных соединений в исследуемом сырье – 6.91%.

В настоящей работе приведены результаты исследований компонентного состава почек тополя красонервного (*Populus rubrinervis* Hort. Alb.). Методами циркуляционной экстракции хлороформом (аппарат Сокслета) и последующей адсорбционной колоночной хроматографии на силикагеле хлороформного извлечения из почек тополя красонервного впервые выделены восемь соединений: пиностробин (5-гидрокси-7-метоксифлаванон), пиноцембрин (5,7-дигидроксифлаванон), альпинон (3,5-дигидрокси-7-метоксифлаванон), пинобанксин (3,5,7-тригидроксифлаванон), рамноцитрин (3,5,4'-тригидрокси-7-метоксифлаванон), 2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон, 2',4',6'-тригидроксихалкон и коричная кислота. Полученные вещества были охарактеризованы с использованием УФ-, <sup>1</sup>H ЯМР-, <sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопий и масс-спектрометрии. Определено, что флавоноиды являются доминирующими фенольными компонентами сырья исследуемого растения.

**Ключевые слова:** тополь красонервный, *Populus rubrinervis* Hort. Alb., почки, колоночная хроматография, флавоноиды, фенилпропаноиды.

**Для цитирования:** Урбанчик Е.А., Куркин В.А., Рыжов В.М. Изучение компонентного состава почек тополя красонервного (*Populus rubrinervis* Hort. Alb.) // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 169–179. <https://doi.org/10.14258/jcpr.20260217362>.

### Введение

Род *Populus* L. относится к семейству Ивовых (*Salicaceae*), порядку *Salicales* (*Salicinales*), надпорядку *Dillenianae*, подклассу *Dilleniidae*, классу *Magnoliatae* (*Dicotyledones*), отделу *Magnoliophyta* (*Angiospermae*) [1]. Он широко распространен в областях северного полушария – Европе и Азии и включает более 35 видов деревьев [1, 2]. Данное растение предпочитает теплый и умеренно холодный климат, но некоторые виды найдены в зоне тундры и высокогорья. Род представлен двудомными, как правило, крупными быстрорастущими деревьями, реже кустарниками [1].

Благодаря своему богатому химическому составу сырье на основе представителей рода Тополь нашло свое широкое применение в медицинской и фармацевтической отрасли [2]. Как отмечают ученые, органы

\* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcpr.20260217362s

\*\* Автор, с которым следует вести переписку.

тополей, такие как почки, кора, листья, содержат противовоспалительные салицилатподобные фенольные гликозиды [3]. Также в литературных источниках сообщается о выраженной антимикробной активности биологически активных компонентов, присутствующих в почках, листьях, побегах тополя черного [4]. По этой причине сырье тополя используется в народной и научной медицине для лечения подагры, при лечении дерматита, ревматизма, инфекций верхних дыхательных путей и старения кожи, а также экстракт почек тополя использовался при лечении ротоглоточной полости, мочевыводящих путей, пищеварительного/выделительного тракта и бактериальных инфекций [3–5]. Однако при этом следует обратить внимание на то обстоятельство, что виды рода Тополь не так широко включены в мировые фармакопеи. Листья тополя (*Populi folium*) включены в национальную часть Польской фармакопеи [6]. В случае почек только некоторые виды, такие как *Populus nigra* L., *Populus balsamifera* L., *Populus canadensis* Marsh., *Populus laurifolia* Ledeb. и *Populus suaveolens* Fisch., являются растительными источниками *gemmae Populi* в Государственной фармакопее Российской Федерации [7]. Однако монография *Populi gemmae* отсутствует в Европейской фармакопее 11 издания и USP-NF 2023 [3].

По литературным данным известно, что почки тополя содержат в основном соединения фенольной природы: простые фенолы (салицин, саликортин, салициловый спирт); фенолкарбоновые кислоты (*n*-гидроксibenзойная, ванилиновая и галловая кислоты), фенилпропаноиды, включая коричные кислоты и их производные (коричная, *n*-кумаровая, кофейная, хлорогеновая, эллаговая, розмариновая, феруловая, изоферуловая кислоты), флавоноиды – флаваноны (пиноцембрин, пиностробин), флавоны (апигенин, хризин, тектохризин), флавонолы (галангин, кемпферол, кверцетин), флаванолы (пинобанксин), халконы, дигидрохалконы и катехины [2, 4, 8–14]. Имеются сведения о содержании фенольных гетерозидов, таких как популозид (бензойный эфир саликозида) и саликозид [2, 4, 8–14]. Кроме того, почки видов рода Тополь содержат эфирное масло, в состав которого входят монотерпеноиды (цинеол) и сесквитерпеноиды (кадинен, бисаболен, куркумен, гумулен,  $\beta$ -эвдесмол,  $\gamma$ -селинем,  $\alpha$ -элемен,  $\gamma$ -кадинен) [2, 4, 8–14].

Компонентный состав почек рода *Populus* очень сложный, но является специфичным для каждого вида [3, 4]. По этим причинам сравнительный анализ состава почечных экссудатов может быть полезен для хемотаксономических целей [3, 4].

Полученные ранее научные результаты подтверждают предыдущие утверждения исследователей о том, что количество фенольных соединений варьируется в зависимости от географического региона произрастания растений представителей рода Тополь, климата и времени отбора проб, причем выбранный растворитель и метод экстракции играют значительную роль в этих изменениях [4, 12]. Немаловажным аспектом является то обстоятельство, что сравнение общего количества фенольных соединений и флавоноидов в растительном сырье затруднено, поскольку не существует универсальных методик определения фенольных соединений, в том числе флавоноидов. В настоящее время в исследованиях используются различные стандартные образцы – галловая, кофейная, *n*-кумаровая кислоты для определения суммы фенольных соединений, а рутин, кверцетин, пиностробин для анализа флавоноидов [9, 12, 15].

Следует отметить, что наличие того или иного класса соединений в составе почек видов тополя определяет фармакологическую активность и использование данного вида сырья с медицинской точки зрения. Фенилпропаноиды оказывают антиретровирусную, антигипертензивную, противовоспалительную и инсулиносенсибилизирующую активность, а также данные вещества, обладая окислительным эффектом, снижают риск хронических заболеваний: сердечно-сосудистых, рака и остеопороза, одновременно подавляя окисление липопротеинов низкой плотности и оказывая антивозрастное действие [2]. Флавоноиды обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антибактериальными, противогрибковыми, анальгезирующими, спазмолитическими, гепатопротекторными, антимуtagenными, противораковыми и антиканцерогенными свойствами [2, 4, 9–12, 16, 17]. Флавоноиды ингибируют такие ферменты, как альдозоредуктаза, ксантиноксидаза, фосфодиэстераза,  $\text{Ca}^{2+}$  АТФаза, липоксигеназа и циклооксигеназа при нейродегенеративных заболеваниях, таких как болезнь Паркинсона [2, 18, 19]. Флавоноиды также предотвращают повреждение, вызванные свободными радикалами, включая прямое улавливание свободных радикалов [2, 20, 21]. Пиностробин, являясь активным агликоновым соединением, обладает такими важными фармакологическими свойствами, как ингибирование вирусной протеазы. Данное биологически активное соединение вмешивается в способность к самообновлению раковых стволоподобных клеток, что указывает на антипролиферативный потенциал раковых клеток, эффективно ингибирует пролиферацию эндотелиальных клеток, которая играет роль в патогенезе атеросклероза и рестеноза стента. Гепатопротекторный эффект пиностробина может быть обусловлен потенциальным ингибированием прогрессирования цирроза печени,

предотвращением окисления гепатоцитов, улучшением ферментов супероксиддисмутазы и каталазы, восстановлением биомаркеров печени, снижением клеточного воспаления и модуляцией воспалительных цитокинов [16, 22]. Дополнительно были проведены исследования пиностробина и его способности вмешиваться в транспортную функцию CFTR и пролиферацию клеток, в результате чего было определена способность вещества ингибировать CFTR-опосредованную секрецию хлорида и задерживать увеличение почечной кисты, что рассматривается как новая терапевтическая стратегия при поликистозной болезни почек [22]. Фенольные гликозиды уменьшают ожирение и признаки метаболического синдрома, а также снижают вес абдоминального жирового тела и количество триглицеридов в печени, а также улучшают содержание лептина, инсулинемии, гликемии и адипонектина, обладают противовоспалительной, антиоксидантной, противораковой, антиметастатической, фотопротекторной, антимеланогенезной, нейропротекторной, противовирусной, противомаларийной, противотуберкулезной, антибактериальной, противогрибковой и противопаразитарной активностью [2, 4]. Для соединений терпенового ряда отмечают наличие противораковой активности, а также противомикробных, противогрибковых, противовирусных, противовоспалительных и антиоксидантных свойств [2, 12]. Так, монотерпены подавляют рост опухолей, ингибируя путь NF- $\kappa$ B и вызывая апоптоз. Наиболее ярким эффектом дитерпенов является их противораковый эффект, в дополнение к их воздействию на окислительный стресс, вызывая апоптоз и остановку клеток, а также ингибируя ангиогенез, что предотвращает рост опухоли. Кроме того, дитерпены оказывают положительное влияние на сердечно-сосудистую систему и обладают противовоспалительными эффектами [2].

Виды тополя являются одними из перспективных быстрорастущих пород умеренной зоны, которые имеют ценное общехозяйственное значение для преодоления дефицита древесины в разных странах [1]. Помимо этого, представители данного рода являются наиболее распространенными объектами для озеленения населенных пунктов благодаря своему быстрому росту, большой листовой массе, тем самым они эффективно защищают воздух от пыли и вредоносных газов, а также данные растения считаются фактически основной породой в защитном лесоразведении, поскольку они способны произрастать на разных типах почв [1, 21]. Одним из недостатков тополя является образование у женских экземпляров пушистых семян, что может ограничить его практическое применение для озеленения. Среди большого числа видов и гибридов тополей особый интерес имеют формы тополя только с мужским типом соцветия, одним из таких перспективных является тополь красонервный (*Populus rubrinervis* Hort. Alb.) [23].

Тополь красонервный представляет собой межсекционный гибрид подрода настоящих тополей (*Eurpopulus* Dode) – т. канадского и т. волосистоплодного [18, 19, 23]. Данный вид представляет собой крупные деревья с сильным стволом и широкой раскидистой кроной высотой до 21 м. Кора коричнево-серая, толстая, глубоко-бороздчатая. Побеги угловатые сверху, цилиндрической формы, имеют крупные белые чечевички и четко выступающие пробковые наросты, крупные почки до 14 мм, коричневого цвета, прямые, возможно на верхушке наличие капель смолы [23]. Листовая пластинка т. красонервного крупная, в длину достигает до 24 см, на длинных побегах могут быть до 34 см, при этом ширина листа до 21 см, овальной формы, характерно красное жилкование, верхушка листа остро оттянута, основание округлое или сердцевидное, край листа зубчатый, железистый [23]. Красноватый оттенок листьям придают жилки пурпурно-красного цвета, который сохраняется с весны по осень. Цвет черешков может быть пурпурным, малиновым или зеленоватым, в длину до 9 см [23]. Тополь красонервный отличается быстрым ростом, устойчив к суровым зимам и загазованности крупных городов, декоративен, быстро размножается одревесневшими отростками, дает корневое потомство [23]. Его огромная крона остается на растении до ноября и часто опадает зеленой, что немаловажно для города [21]. Однако в настоящее время в литературных источниках содержится крайне мало информации относительно химического состава тополя красонервного. Ранее коллективом авторов были сделаны предпосылки обоснования фитохимического состава почек тополя красонервного [24, 25]. С помощью методов тонкослойной хроматографии (ТСХ) и УФ-спектрофотометрии нами было установлено наличие в исследуемых образцах почек тополя красонервного фенольных соединений, в том числе флавоноида пиностробина [24, 25], который является доминирующим соединением в почках фармакопейных видов тополя на территории РФ [7, 26]. На наш взгляд, необходимо более глубокое изучение компонентного состава почек тополя красонервного с помощью современных методов, таких как колонная хроматография для полного представления о составе данного перспективного вида и его дальнейшего использования.

Таким образом, цель настоящей работы – изучение химического состава почек тополя красонервного.

### Экспериментальная часть

Объектом исследования явились почки тополя красной, заготовленные в марте 2023 г. на территории Ботанического сада Самарского университета. Сушку сырья производили естественным путем без нагревания в соответствии с требованиями ГФ РФ XIV издания статьи «Почки» (ОФС.1.5.1.0009.15).

В целях препаративного выделения веществ 100 г почек тополя красной подвергали исчерпывающей циркуляционной экстракции хлороформом в аппарате Сокслета. В ходе экстракции насчитано 30 полных циклов, при этом окончание экстрагирования определяли по отсутствию окрашивания экстрагента в рабочей колбе Сокслета. Полученный липофильный хлороформный экстракт почек т. красной упаривали в ротационном испарителе под вакуумом при температуре 45 °С до получения густого остатка, который смешивали 70 г силикагеля КСК 50/100 (Россия) и высушивали.

Высушенный порошок (экстракт + силикагель) наносили на слой силикагеля КСК 50/100 с диаметром 8 см, высотой 5 см, сформированный в хроматографической колонке в виде взвеси в *n*-гексане. Хроматографическую колонку элюировали *n*-гексаном и смесями *n*-гексан-хлороформ различных соотношениях (80 : 20; 70 : 30; 60 : 40; 50 : 50; 40 : 60; 20 : 80) и хлороформ-этиловый спирт соотношениях 99 : 1; 97 : 3; 95 : 5; 93 : 7; 90 : 10; 85 : 15; 80 : 20; 75 : 25; 70 : 30, 60 : 40. Полученные фракции собирали в предварительно промаркированные колбы и упаривали на роторной вакуумной установке до объема 10 мл. Концентрированные фракции переносили в пенициллиновые флаконы и подвергали дальнейшему изучению.

Контроль за разделением веществ осуществляли с помощью ТСХ-анализа на пластинках «Сорбфил ПТСХ-АФ-А-УФ» в системе хлороформ-этанол (9 : 1).

Из фракций «*n*-гексан-хлороформ» в соотношении 60 : 40 получено соединение **1** (выход 0.50% от массы воздушно-сухого сырья). Из хлороформных фракций получены соединения **2** и **3** (выход 0.30 и 0.02% соответственно). Из фракций «хлороформ-этиловый спирт» в соотношении 99 : 1 получено соединение **4** (выход 0.03%). Из фракций «хлороформ-этиловый спирт» в соотношении 97 : 3 получено соединение **5** (выход 0.05%).

Фракции, полученные элюированием смесью хлороформ-спирт соотношении 95 : 5, подвергали ре-хроматографии на полиамиде (MN Polyamid SC 6, Германия) с использованием в качестве элюента воды, а также смеси спирта и воды в различных соотношениях. При элюировании смесями «этиловый спирт-вода» соотношениях 20 : 80, 70 : 30, а также спирта получены вещества **6**, **7** и **8** с выходом 0.01, 0.02 и 0.10%.

Изучение химического строения выделенных соединений проводили на основании данных УФ-, <sup>1</sup>H-ЯМР-, <sup>13</sup>C-ЯМР-спектроскопии масс-спектрометрии. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H получали на приборе «JNM-ECX 400» (399.78 МГц), спектры ЯМР <sup>13</sup>C – на приборе «JNM-ECX 400» (100.52 МГц). Масс-спектры высокого разрешения для соединений **1**, **4–6** были зарегистрированы на приборе Bruker maXis impact методом электрораспылительной ионизации (ESI), а для соединений **2**, **3**, **7** и **8** – на хромато-масс-спектрометре жидкостном «EXPEC L-Chrom MS WR» с тройным квадруполем, оснащенный источником электрораспылительной ионизации. При этом сбор данных проводили в режиме полного сканирования MS2 (отрицательном и положительном) от 100 до 900 *m/z*. Напряжение пробоотборного конуса 50 В. Время выдержки 0.225 мс. Газ-носитель – азот. Напряжение распыления ионов – 4.5 (ESI-)/5.1 (ESI+) кВ, температура газа десольватации – 250 °С, расход газа десольватации – 10 л/мин, расход распыляющего газа – 1.5 л/мин. Напряжение перегородки – 400 В.

Регистрацию спектров проводили с помощью спектрофотометра «Specord 40» (Analytik Jena AG, Германия) в диапазоне длин волн 190–500 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм.

### Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований из почек тополя красной выделены восемь соединений: пиностробин (5-гидрокси-7-метоксифлаванон), пиноцембрин (5,7-дигидроксифлаванон), альпинин (3,5-дигидрокси-7-метоксифлаванон), пинобанксин (3,5,7-тригидроксифлаванон), рамноцитрин (3,5,4'-тригидрокси-7-метоксифлаванон), 2',6'-дигидрокси-4'-метоксифлаванон, 2',4',6'-тригидроксифлаванон и коричневая кислота (рис. 1).

**Пиностробин** (5-гидрокси-7-метоксифлаванон) (**1**). Блестящие пластинчатые кристаллы белого цвета состава C<sub>16</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>, т. пл. 123–125 °С (хлф-гексан); УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 217, 289, 325 (пл.).

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (399.78 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 12.06 (1H, с, 5-OH), 7.37–7.54 (5H, м, 5H-Ar), 6.11 (1H, д, J = 2.0, H-8), 6.07 (1H, д, J = 2.0, H-6), 5.58 (1H, дд, J = 4.0 и J = 12.0, H-2ax), 5.04 (1H, д, J = 12.0, H-2), 3.73 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ), 3.20 (1H, дд, J = 12.0 и J = 17.0, H-3ax), 2.79 (1H, дд, J = 4.0 и J = 17.0, H-3eq).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  269.0887  $[\text{M-H}]^-$ ,  $m/z$  271.0964  $[\text{M+H}]^+$ ,  $m/z$  293.0783  $[\text{M+Na}]^+$ .

**Пиноцембрин** (5,7-дигидроксифлаванон) (**2**). Кристаллы белого цвета состава  $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_4$ , т. пл. 192–194 °С (из смеси хлороформ-*n*-гексан); УФ-спектр (EtOH,  $\lambda_{\text{max}}$ , нм): 290, 326 (пл.).

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (399.78 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 12.10 (1H, с, 5-OH), 10.79 (1H, с, 7-OH), 7.35–7.49 (5H, м, 5H-Ar), 5.94 (1H, д, J = 2.5, H-8), 5.90 (1H, д, J = 2.5, H-6), 5.54 (дд, J = 4.0 и 12.0, H-2ax), 3.22 (1H, дд, J = 12.0 и 17.0, H-3ax), 2.76 (1H, дд, J = 4 и 17 Гц, H-3eq).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  254.98 $[\text{M-H}]^-$ .

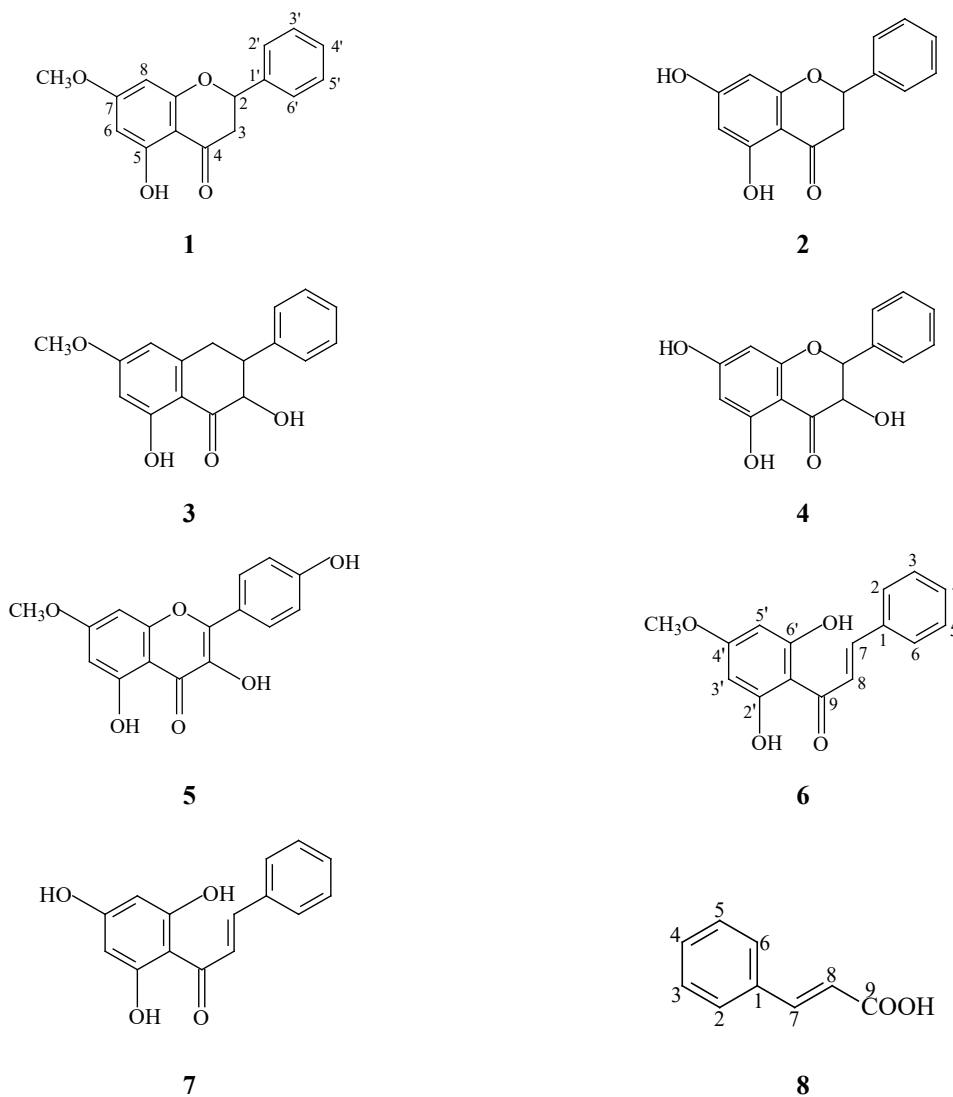


Рис. 1. Структурные формулы соединений, выделенных из почек тополя краснонервного: 1 – пиностробин; 2 – пиноцембрин; 3 – альпинон; 4 – пинобанксин; 5 – рамноцитрин; 6 – 2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон; 7 – 2',4',6'-тригидроксихалкон; 8 – коричная кислота

**Альпинон** (3,5-дигидрокси-7-метоксифлаванон) (**3**). Бесцветные кристаллы состава  $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_5$ , т.пл. 175–177 °С (хлф-спирт); УФ-спектр (EtOH,  $\lambda_{\text{max}}$ , нм): 217, 290, 326 (пл.).

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (399.78 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 12.25 (1H, с, 5-OH), 10.62 (1H, уш.с, 3-OH), 7.36–7.54 (5H, м, 5H-Ar), 6.06 (1H, д, J = 2.0, H-8), 5.92 (1H, д, J = 2.0, H-6), 5.04 (1H, д, J = 12.0, H-2), 4.32 (1H, дд, J = 2.0 и J = 12.0, H-3), 3.73 (3H, с,  $\text{OCH}_3$ ).

Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100.52 МГц,  $\text{DMSO-d}_6$ ,  $\delta_{\text{с}}$ , м.д.): 190.19 (C-4), 168.16 (C-7), 165.31 (C-5), 162.65 (C-9), 134.74 (C-1'), 130.74 (C-4'), 129.41 (C-3' и C-5'), 128.72 (C-2' и C-6'), 103.93 (C-10), 96.00 (C-8), 93.96 (C-6), 82.89 (C-2), 73.08 (C-3), 56.08 (C-7).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  284.77 [M-H]<sup>-</sup>.

**Пинобанксин** (3,5,7-тригидроксифлаванон) (**4**). Бесцветные кристаллы состава C<sub>15</sub>H<sub>12</sub>O<sub>5</sub>, т.пл. 172–174 °С (хлф-спирт); УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 217, 290, 327 (пл.).

Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (399.78 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ, м.д., J/Гц): 12.06 (1H, с, 5-OH), 10.62 (1H, уш.с, 3-OH), 7.21–7.66 (5H, м, 5H-Ar), 6.11 (1H, д, J = 2.0, H-8), 6.06 (1H, д, J = 2.0, H-6), 5.53 (1H, д, J = 12.0, H-2), 4.89 (1H, дд, J = 2.0 и J = 12.0, H-3).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  271.0973[M-H]<sup>-</sup>.

**Рамноцитрин** (3,5,4'-тригидрокси-7-метоксифлавонон) (**5**). Кристаллическое вещество желтого цвета состава C<sub>16</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, т. пл. 220–222 °С (хлф-спирт); УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 269, 368; + NaOAc 269, 375; + NaOAc + H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 269, 376; + AlCl<sub>3</sub> 280 423; + AlCl<sub>3</sub> + HCl 281, 423; + NaOMe 253, 270, 434.

Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (399.78 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ, м.д., J/Гц): 12.40 (1H, с, 5-OH группы), 10.84 (1H, с, 4'-OH группы), 9.47 (1H, с, 3-OH группы), 8.09 (2H, д, J = 9.0, H-2' и H-6'), 7.07 (2H, д, J = 9.0, H-3' и H-5'), 6.41 (1H, д, J = 2.0, H-8), 6.17 (1H, д, J = 2.0, H-6), 3.81 (3H, с, OCH<sub>3</sub>).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  299.0559 [M-H]<sup>-</sup>,  $m/z$  301.0706 [M+H]<sup>+</sup>,  $m/z$  323.0526 [M+Na]<sup>+</sup>.

**2',6'-дигидрокси-4'-метоксихалкон** (**6**). Игольчатые кристаллы ярко-оранжевого цвета состава C<sub>16</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>, т. пл. 148–150 °С (хлф-этанол); УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 269, 341; + NaOAc 269, 348; + AlCl<sub>3</sub> 310, 368.

Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (399.78 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ, м.д., J/Гц): 12.44 (1H, с, 2'-OH группы), 7.65 (1H, д, J = 16.0, H-7), 6.50–7.37 (5H, м, 5H-Ar), 6.54 (1H, д, J = 16.0, H-8), 6.16 (1H, д, J = 2.0, H-5'), 5.92 (1H, д, J = 2.0, H-3'), 3.79 (3H, с, OCH<sub>3</sub>).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  269.0454 [M-H]<sup>-</sup>,  $m/z$  270.9777 [M+H]<sup>+</sup>.

**2',4',6'-тригидроксиалкон** (**7**). Аморфное вещество ярко-оранжевого цвета состава C<sub>15</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>; УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 260, 360; + NaOAc 268, 375; + AlCl<sub>3</sub> 270, 423.

Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (399.78 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ, м.д., J/Гц): 13.68 (1H, с, 2'-OH группы), 10.73 (1H, с, 4'-OH группы), 7.60 (1H, д, J = 16.0, H-7), 6.60–7.40 (5H, м, 5H-Ar), 6.49 (1H, д, J = 16.0, H-8), 6.15 (1H, д, J = 2.0, H-5'), 5.90 (1H, д, J = 2.0, H-3').

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  255.00 [M-H]<sup>-</sup>.

**Коричная кислота** (**8**). Кристаллическое вещество белого цвета состава C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>, т. пл. 131–133 °С (водный спирт); УФ-спектр (EtOH, λ<sub>max</sub>, нм): 216, 275.

<sup>1</sup>H-ЯМР-спектр (399.78 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ, м.д., J/Гц): 7.55 (1H, д, J = 16.0, H-7), 6.49 (1H, д, J = 16.0, H-8), 7.37–7.64 (5H, м, 5H-Ar).

Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100.52 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>, δ<sub>C</sub>, м.д.): 169.32 (C-9), 144.66 (C-7), 119.73 (C-8), 134.77 (C-1), 130.74 (C-4), 129.41 (C-3 и C-5), 128.69 (C-2 и C-6).

Масс-спектр: HR-ESI-MS  $m/z$  146.83 [M-H]<sup>-</sup>.

Исследование методом ТСХ показало, что в хлороформном и спиртовом извлечениях из почек тополя красонервного преобладающими флавоноидами являются флаваноны пиностробин (**1**) и пиноцембрин (**2**) (рис. 1 и 2 электронного приложения). На наш взгляд, именно данные флавоноиды, имеющие максимумы поглощения в УФ-спектрах при 289 и 290 нм соответственно во многом определяют характер кривой поглощения УФ-спектра спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красонервного, полученного в аппарате Соклета (рис. 2).

Кроме того, флаванонолы альпинон (**3**) и пинобанксин (**4**) также имеют максимум поглощения в УФ-спектрах при 290 нм и, следовательно, вносят вклад в кривую поглощения в кривую поглощения УФ-спектра спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красонервного (рис. 2). В УФ-спектре спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красонервного в присутствии спиртового раствора AlCl<sub>3</sub> наблюдается батохромный сдвиг, свидетельствующий о наличии флавоноидов (рис. 2). В УФ-спектре спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красонервного (дифференциальный вариант) обнаружены максимум поглощения при 310 нм, характерный для флаванонов и флаванонолов, а также максимум поглощения в области 400 нм (рис. 3), характерный для флавонов и флаванонолов [9, 26–29]. Факт выделения флаванонов (**1** и **2**) и флаванонолов (**3** и **4**), а также рамноцитрина (**5**), являющегося флаваноном, подтверждает данный вывод.

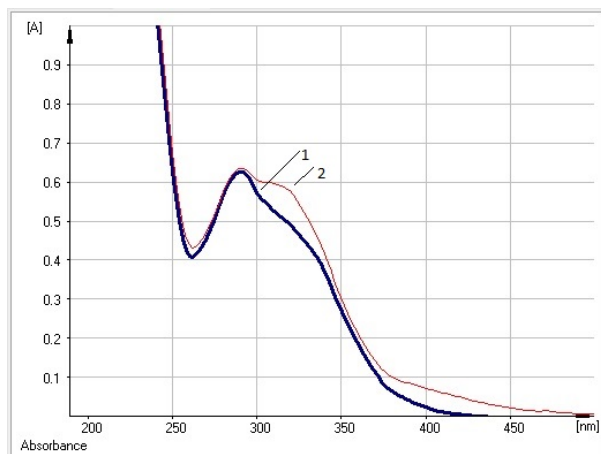


Рис. 2. Электронные спектры спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красной, полученного в аппарате Сокслета.

Обозначения: 1 – исходный испытуемый раствор;  
2 – испытуемый раствор в присутствии  $AlCl_3$

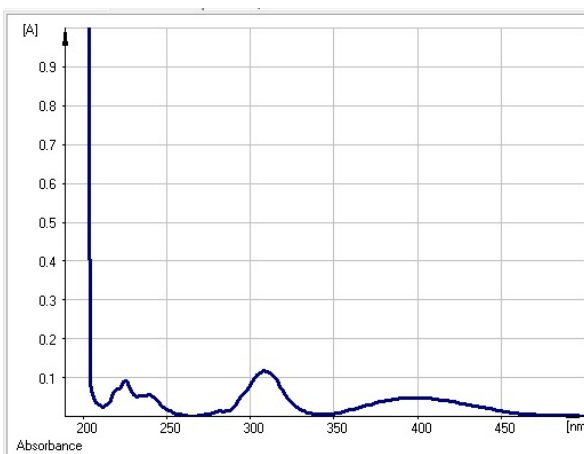


Рис. 3. Электронный спектр спиртового раствора упаренного хлороформного извлечения из почек тополя красной, полученного в аппарате Сокслета (дифференциальный вариант)

## Выводы

1. Таким образом, соединения **1-8**, идентифицированные нами на основании данных УФ-,  $^1H$ -ЯМР-,  $^{13}C$ -ЯМР- и масс-спектров как пиностробин (5-гидрокси-7-метоксифлаванон), пиноцембрин (5,7-дигидроксифлаванон), альпинон (3,5-дигидрокси-7-метоксифлаванон), пинобанксин (3,5,7-тригидроксифлаванон), рамноцитрин (3,5,4'-тригидрокси-7-метоксифлаванон), 2',6'-дигидрокси-4'-метоксифлаванон, 2',4',6'-тригидрокси-4'-метоксифлаванон и коричная кислота, впервые выделены из почек тополя красной.

2. При этом следует отметить, что флавоноиды почек тополя красной, как и других видов рода Тополь [26–29], в большинстве случаев имеют незамещенное кольцо В, что является характерным хемотаксономическим признаком. Видимо, не случайно, что именно коричная кислота (**8**), содержащая незамещенное бензольное кольцо, выделена из почек исследуемого растения. Среди выделенных нами флавоноидов единственным исключением является рамноцитрин (**5**), имеющий ОН-группу при С-4'.

3. На наш взгляд, почки тополя красной являются перспективным видом сырья в плане применения в медицинской практике.

### Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260217362s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

### Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Самарского государственного медицинского 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 предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

## Список литературы

1. Царев А.П. Биолого-структурные особенности и палеоисхождение рода *Populus* L. (Обзор) // Лесной вестник. 2019. Т. 23, №2. С. 121–126. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2019-2-121-126>.
2. Movahedi A., Almasi Zadeh Yaghuti A., Wei H., Rutland P., Sun W., Mousavi M., Li D., Zhuge Q. Plant Secondary Metabolites with an Overview of *Populus* // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22, no. 13. 6890. <https://doi.org/10.3390/ijms22136890>.
3. Okńczyc P., Widelski J., Nowak K., Radwan S., Włodarczyk M., Kuś P.M., Susniak K., Korona-Główniak I. Phytochemical Profiles and Antimicrobial Activity of Selected *Populus* spp. Bud Extracts // Molecules. 2024. Vol. 29, no. 2. 437. <https://doi.org/10.3390/molecules29020437>.
4. Stanciu G., Aonofriesei F., Lupsor S., Oancea E., Mititelu M. Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Antibacterial Activity of Black Poplar Buds' Hydroalcoholic Macerates from Dobrogea Area // Molecules. 2023. Vol. 28, no. 13. 4920. <https://doi.org/10.3390/molecules28134920>.
5. Pobłocka-Olech L., Inkielewicz-Stepniak I., Krauze-Baranowska M. Anti-inflammatory and antioxidative effects of the buds from different species of *Populus* in human gingival fibroblast cells: role of bioflavonones // Phytomedicine. 2019. Vol. 56. Pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.08.015>.
6. *Populi folium* Monograph. In Farmakopea Polska, 12th ed. Warszawa, Poland, 2022. 4683 p.
7. ФС.2.5.0042.15. Тополя почки // Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. Т. 4. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/topolya-pochki-populi-gemmae/>.
8. Stanciauskaite M., Marksa M., Babickaite L., Majiene D., Ramanauskiene K. Comparison of Ethanolic and Aqueous *Populus balsamifera* L. Bud Extracts by Different Extraction Methods: Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities // Pharmaceuticals. 2021. Vol. 14, no. 10. 1018. <https://doi.org/10.3390/ph14101018>.
9. Браславский В.Б., Куркин В.А. Исследование электронных спектров флавоноидов тополя и прополиса // Медицинский альманах. 2011. №2 (15). С. 140–144.
10. Kis B., Avram S., Pavel I.Z., Lombrea A., Buda V., Dehelean C.A., Soica C., Yerer M.B., Bojin F., Folescu R., Danciu C. Recent Advances Regarding the Phytochemical and Therapeutic Uses of *Populus nigra* L. Buds // Plants. 2020. Vol. 9, no. 11. 1464. <https://doi.org/10.3390/plants9111464>.
11. Kis B., Pavel I.Z., Avram S., Moaca E.A., Herrero San Juan M., Schwiebs A., Radeke H.H., Muntean D., Diaconeasa Z., Minda D., Oprean C., Bojin F., Dehelean C.A., Soica C., Danciu C. Antimicrobial activity, in vitro anticancer effect (MCF-7 breast cancer cell line), antiangiogenic and immunomodulatory potentials of *Populus nigra* L. buds extract // BMC Complementary Medicine and Therapies. 2022. Vol. 22, no. 1. 74. <https://doi.org/10.1186/s12906-022-03526-z>.
12. Stanciauskaite M., Marksa M., Liaudanskas M., Ivanauskas L., Ivaskiene M., Ramanauskiene K. Extracts of Poplar Buds (*Populus balsamifera* L., *Populus nigra* L.) and Lithuanian Propolis: Comparison of Their Composition and Biological Activities // Plants. 2021. Vol. 10, no. 5. 828. <https://doi.org/10.3390/plants10050828>.
13. Bélanger A., Grenier A., Simard F., Gendreau I., Pichette A., Legault J., Pouliot R. Dihydrochalcone Derivatives from *Populus balsamifera* L. Buds for the Treatment of Psoriasis // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 21, no. 1. 256. <https://doi.org/10.3390/ijms21010256>.
14. Pobłocka-Olech L., Migas P., Krauze-Baranowska M. TLC determination of some flavanones in the buds of different genus *Populus* species and hybrids // Acta Pharmaceutica. 2018. Vol. 68, no. 2. Pp. 199–210. <https://doi.org/10.2478/acph-2018-0018>.
15. Куркин В.А., Куркина А.В., Косенко А.А. Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в почках *Populus alba* L. // Химия растительного сырья. 2024. №2. С. 168–175. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240212904>.
16. Shareef S.H., Al-Medhtiy M.H., Al Rashdi A.S., Aziz P.Y., Abdulla M.A. Hepatoprotective effect of pinostrobin against thioacetamide-induced liver cirrhosis in rats // Saudi Journal of Biological Sciences. 2023. Vol. 30, no. 1. 103506. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103506>.
17. Patel N.K., Jaiswal G., Bhutani K.K. A review on biological sources, chemistry and pharmacological activities of pinostrobin // Natural Product Research. 2016. Vol. 30, no. 18. Pp. 2017–2027. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1107556>.
18. Царев А.П. Сортоведение тополя. Воронеж, 1986. 152 с.
19. Степанов С.А. Склеренхима *Populus nerrubens* Alb.: полиморфизм клеток // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2018. Т. 16, №2. С. 39–65.
20. Kongsui R., Promsrisuk T., Klimaschewski L., Sriraksa N., Jittiwat J., Thongrong S. Pinostrobin mitigates neurodegeneration through an up-regulation of antioxidants and GDNF in a rat model of Parkinson's disease // F1000Research. 2023. Vol. 12. 846. <https://doi.org/10.12688/f1000research.134891.2>.
21. Shen X., Liu Y., Luo X., Yang Z. Advances in Biosynthesis, Pharmacology, and Pharmacokinetics of Pinocembrin, a Promising Natural Small-Molecule Drug // Molecules. 2019. Vol. 24, no. 12. 2323. <https://doi.org/10.3390/molecules24122323>.
22. Tonum K., Chabang N., Fongsupa S., Chantawarin S., Jiarpinitnun C., Tuchinda P., Soodvilai S. Pinostrobin inhibits renal CFTR-mediated Cl<sup>-</sup> secretion and retards cyst growth in cell-derived cyst and polycystic kidney disease rats // Journal of Pharmacological Sciences. 2022. Vol. 148, no. 4. Pp. 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2022.02.003>.

23. Хлебников, В.Ф., Онуфриенко Н.Е., Смурова Н.В., Смурова Н.В. Перспективная форма тополя красной для озеленения населенных пунктов // Биоразнообразие и факторы, влияющие на экосистемы бассейна Днестра. Тирасполь, 2018. С. 220–222.
24. Urbanchik E.A., Kurkin V.A., Zaitceva E.N., Ryzhov V.M., Dubishchev A.V., Tsbina A.S., Altareva A.I., Sirotkina Yu.D. Phytochemical and pharmacological study of biologically active compounds and dry extracts of *Populus rubrinervis* Hort. Alb. buds of various polarities // Pharmacy and Pharmacology. 2023. Vol. 11, no. 4. Pp. 301–311. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-4-301-311>.
25. Урбанчик Е.А., Куркин В.А., Агапов А.И. Фармакогностическое изучение некоторых видов рода Тополь (*Populus* L.), произрастающих в Самарской области // Аспирантский вестник Поволжья. 2021. №5–6. С. 92–97. <https://doi.org/10.55531/2072-2354.2021.21.3.92-97>.
26. Браславский В.Б. Ива, тополь и прополис в медицине и фармации: монография. Самара, 2012. 116 с.
27. Куркина А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография. Самара, 2012. 290 с.
28. Kurkin V.A., Sentsov M.F., Zapesochnaya G.G., Braslavskii V.B., Tolkachev V.O. Flavonoids of the buds of *Populus laurifolia* // Chemistry of Natural Compounds. 1994. Vol. 30, no. 6. Pp. 778–779.
29. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Braslavskii V.B. Flavonoids of the buds of *Populus balsamifera* // Chemistry of Natural Compounds. 1990. Vol. 26, no. 2. Pp. 224–225.

Поступила в редакцию 23 мая 2025 г.

После переработки 3 июля 2025 г.

Принята к публикации 21 мая 2026 г.

Urbanchik E.A., Kurkin V.A. \*, Ryzhov V.M. STUDY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF THE BUDS OF THE RED-NERVED POPLAR (*POPULUS RUBRINERVIS* HORT. ALB.)

Samara State Medical University, st. Chapayevskaya, 89, Samara, 443099, Russia, v.a.kurkin@samsmu.ru

The genus *Populus* L. (*Salicaceae* family) is widespread in Europe and Asia and prefers a warm and moderately cold climate more often for growing. Poplar plants have a rich chemical composition and contain mainly compounds of a phenolic nature: simple phenols, phenolic carboxylic acids and their derivatives, phenylpropanoids, including hydroxycinnamic acids, flavonoids, including flavanones (dominated by compounds pinocembrin, pinostrobin), flavanols, flavones, flavonols, chalcones and dihydrochalcones. The component composition of the buds of the genus *Populus* L. it is very complex and is specific to each species. Moreover, the amount of phenolic compounds depends on the geographical region of growth, climate, sampling time, as well as on the chosen solvent and extraction method. Due to their rich component composition of biologically active compounds, the kidneys of five species of the genus *Populus* L. are included in the State Pharmacopoeia of the Russian Federation and are used as a remedy with antimicrobial, antifungal and anti-inflammatory effects. One of the promising species of the genus *Populus* L. is the red-nerved poplar (*Populus rubrinervis* Hort. Alb.), whose buds reach a length of up to 14 mm. Previously, we found antimicrobial, antifungal and diuretic properties for water-alcohol extracts of the buds of the *Populus rubrinervis*. In addition, the TLC method detected pinostrobin in the alcoholic extraction of the buds of this plant, and also determined the quantitative content of phenolic compounds in the studied raw materials – 6.91%. Eight compounds were isolated for the first time by methods of circulating chloroform extraction (Soxlet apparatus) and subsequent adsorption column chromatography on silica gel of chloroform extraction from the buds of *Populus rubrinervis*: pinostrobin (5-hydroxy-7-methoxyflavanone), pinocembrin (5,7-dihydroxyflavanone), alpinone (3,5-dihydroxy-7-methoxyflavanone), pinobanksin (3,5,7-trihydroxyflavanone), rhamnocitrin (3,5,4'-trihydroxy-7-methoxyflavone), 2',6'-dihydroxy-4'-methoxychalcone, 2',4',6'-trihydroxychalcone and cinnamic acid. The obtained compounds were characterized using UV, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR spectroscopy and mass spectrometry. It was determined, that the flavonoids are the dominant phenolic components of the raw materials of the studied plant.

**Keywords:** red-nerved poplar, *Populus rubrinervis* Hort. Alb., bus, column chromatography, flavonoids, phenylpropanoids.

**For citing:** Urbanchik E.A., Kurkin V.A., Ryzhov V.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 169–179. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217362>.

\* Corresponding author.

## References

1. Tsarev A.P. *Lesnoy vestnik*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 121–126. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2019-2-121-126>. (in Russ.).
2. Movahedi A., Almasi Zadeh Yaghuti A., Wei H., Rutland P., Sun W., Mousavi M., Li D., Zhuge Q. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, vol. 22, no. 13, 6890. <https://doi.org/10.3390/ijms22136890>.
3. Okińczyc P., Widelski J., Nowak K., Radwan S., Włodarczyk M., Kuś P.M., Susniak K., Korona-Główniak I. *Molecules*, 2024, vol. 29, no. 2, 437. <https://doi.org/10.3390/molecules29020437>.
4. Stanciu G., Aonofriesei F., Lupsor S., Oancea E., Mititelu M. *Molecules*, 2023, vol. 28, no. 13, 4920. <https://doi.org/10.3390/molecules28134920>.
5. Pobłocka-Olech L., Inkielewicz-Stepniak I., Krauze-Baranowska M. *Phytomedicine*, 2019, vol. 56, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.08.015>.
6. *Populi folium Monograph*. In *Farmakopea Polska, 12th ed.* Warszawa, Poland, 2022, 4683 p.
7. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 4. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-5/topolya-pochki-populi-gemmae/>. (in Russ.).
8. Stanciauskaite M., Marksa M., Babickaite L., Majiene D., Ramanauskiene K. *Pharmaceuticals*, 2021, vol. 14, no. 10, 1018. <https://doi.org/10.3390/ph14101018>.
9. Braslavskiy V.B., Kurkin V.A. *Meditinskiiy al'manakh*, 2011, no. 2 (15), pp. 140–144. (in Russ.).
10. Kis B., Avram S., Pavel I.Z., Lombrea A., Buda V., Dehelean C.A., Soica C., Yerer M.B., Bojin F., Folescu R., Danciu C. *Plants*, 2020, vol. 9, no. 11, 1464. <https://doi.org/10.3390/plants9111464>.
11. Kis B., Pavel I.Z., Avram S., Moaca E.A., Herrero San Juan M., Schwiebs A., Radeke H.H., Muntean D., Diaconeasa Z., Minda D., Oprean C., Bojin F., Dehelean C.A., Soica C., Danciu C. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 2022, vol. 22, no. 1, 74. <https://doi.org/10.1186/s12906-022-03526-z>.
12. Stanciauskaite M., Marksa M., Liaudanskas M., Ivanauskas L., Ivaskiene M., Ramanauskiene K. *Plants*, 2021, vol. 10, no. 5, 828. <https://doi.org/10.3390/plants10050828>.
13. Bélanger A., Grenier A., Simard F., Gendreau I., Pichette A., Legault J., Pouliot R. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, vol. 21, no. 1, 256. <https://doi.org/10.3390/ijms21010256>.
14. Pobłocka-Olech L., Migas P., Krauze-Baranowska M. *Acta Pharmaceutica*, 2018, vol. 68, no. 2, pp. 199–210. <https://doi.org/10.2478/acph-2018-0018>.
15. Kurkin V.A., Kurkina A.V., Kosenko A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 2, pp. 168–175. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240212904>. (in Russ.).
16. Shareef S.H., Al-Medhtiy M.H., Al Rashdi A.S., Aziz P.Y., Abdulla M.A. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2023, vol. 30, no. 1, 103506. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103506>.
17. Patel N.K., Jaiswal G., Bhutani K.K. *Natural Product Research*, 2016, vol. 30, no. 18, pp. 2017–2027. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1107556>.
18. Tsarev A.P. *Sortovedeniye topolya*. [Poplar variety science]. Voronezh, 1986, 152 p. (in Russ.).
19. Stepanov S.A. *Byulleten' Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, vol. 16, no. 2, pp. 39–65. (in Russ.).
20. Kongsui R., Promsrisuk T., Klimaschewski L., Sriraksa N., Jittiwat J., Thongrong S. *F1000Research*, 2023, vol. 12, 846. <https://doi.org/10.12688/f1000research.134891.2>.
21. Shen X., Liu Y., Luo X., Yang Z. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 12, 2323. <https://doi.org/10.3390/molecules24122323>.
22. Tonum K., Chabang N., Fongsupa S., Chantawarin S., Jiarpinitnun C., Tuchinda P., Soodvilai S. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2022, vol. 148, no. 4, pp. 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2022.02.003>.
23. Khlebnikov V.F., Onufriyenko N.Ye., Smurova N.V., Smurova N.V. *Bioraznoobrazniye i faktory, vliyayushchiye na ekosistemy basseyna Dnestra*. [Biodiversity and factors influencing the ecosystems of the Dniester basin]. Tiraspol', 2018, pp. 220–222. (in Russ.).
24. Urbanchik E.A., Kurkin V.A., Zaitceva E.N., Ryzhov V.M., Dubishchev A.V., Tsibina A.S., Altareva A.I., Sirotkina Yu.D. *Pharmacy and Pharmacology*, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 301–311. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-4-301-311>.
25. Urbanchik Ye.A., Kurkin V.A., Agapov A.I. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*, 2021, no. 5–6, pp. 92–97. <https://doi.org/10.55531/2072-2354.2021.21.3.92-97>. (in Russ.).
26. Braslavskiy V.B. *Iva, topol' i propolis v meditsine i farmatsii: monografiya*. [Willow, poplar and propolis in medicine and pharmacy: monograph]. Samara, 2012, 116 p. (in Russ.).
27. Kurkina A.V. *Flavonoidy farmakopeynykh rasteniy: monografiya*. [Flavonoids of pharmacopoeial plants: monograph]. Samara, 2012, 290 p. (in Russ.).
28. Kurkin V.A., Sentsov M.F., Zapesochnaya G.G., Braslavskii V.B., Tolkachev V.O. *Chemistry of Natural Compounds*, 1994, vol. 30, no. 6, pp. 778–779.
29. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Braslavskii V.B. *Chemistry of Natural Compounds*, 1990, vol. 26, no. 2, pp. 224–225.

Received May 23, 2025

Revised July 3, 2025

Accepted May 21, 2026

**Сведения об авторах**

*Урбанчик Елена Александровна* – доцент кафедры фармакологии имени заслуженного деятеля науки РФ профессора А.А. Лебедева, кандидат фармацевтических наук, e.a.urbanchik@samsmu.ru

*Куркин Владимир Александрович* – заведующий кафедрой фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии, доктор фармацевтических наук, профессор, v.a.kurkin@samsmu.ru, Kurkinvladimir@yandex.ru

*Рыжов Виталий Михайлович* – доцент кафедры фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии, кандидат фармацевтических наук, v.m.ryzhov@samsmu.ru

**Information about authors**

*Urbanchik Elena Aleksandrovna* – Associate Professor, Department of Pharmacology named after Honored Scientist of the Russian Federation, Professor A.A. Lebedev, Candidate of Pharmaceutical Sciences, e.a.urbanchik@samsmu.ru

*Kurkin Vladimir Aleksandrovich* – Head of the Department of Pharmacognosy with Botany and Fundamentals of Phytotherapy, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, v.a.kurkin@samsmu.ru, Kurkinvladimir@yandex.ru

*Ryzhov Vitaly Mikhailovich* – Associate Professor, Department of Pharmacognosy with Botany and Fundamentals of Phytotherapy, Candidate of Pharmaceutical Sciences, v.m.ryzhov@samsmu.ru