

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИСТЬЕВ КЛЁНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO* L.) И КЛЁНА ОСТРОЛИСТНОГО (*ACER PLATANOIDES* L.)

Ю.В. Лигостаева, К.В. Качкин, Н.И. Кацал

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России
Поступила в редакцию 17.12.2024 г.

Аннотация. Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) – широко распространенный в нашей стране агрессивный инвазивный вид деревьев североамериканского происхождения. Растение способно неконтролируемо размножаться и распространяться не только в городских условиях, но и заходить в природные фитоценозы.

В Европейской части России в аборигенных сообществах встречается другой представитель рода – клён остролистый (*Acer platanoides* L.), который также используется в регионах в качестве декоративного растения. Однако он не имеет потенциала к бесконтрольному распространению.

В связи с широким распространением *A. negundo* доступен большой объем фитомассы всех частей растения, что представляет интерес для исследования его в качестве источника биологически активных веществ, а также сравнение его с *A. platanoides*.

Целью работы стало проведение сравнительного фармакогностического исследования листьев клёна ясенелистного (*A. negundo*) и клёна остролистного (*A. platanoides*), собранных в окрестностях города Троицка Челябинской области в фазе плодоношения в августе 2022 года.

В статье приводится сравнительная характеристика макро- и микроскопических признаков, общего фитохимического анализа образцов двух исследуемых видов клёна. Для качественного анализа гидроксикоричных кислот использовался метод тонкослойной хроматографии. Количественное определение гидроксикоричных кислот, флавоноидов, хлорофиллов проводили методом спектрофотометрии; полисахаридов – методом гравиметрии; дубильных веществ – методом перманганатометрии; аскорбиновой кислоты – методом окислительно-восстановительного титрования.

Выявлено, что по макро- и микроскопическим признакам листья исследуемых видов имеют существенные различия. При анализе гидроксикоричных кислот методом тонкослойной хроматографии установлено, что в обоих образцах преобладает кислота хлорогеновая. Общий фитохимический анализ показал присутствие полисахаридов, флавоноидов, гидроксикоричных кислот, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты. Количественное содержание гидроксикоричных кислот (*A. negundo* – $1,47 \pm 0,07\%$, *A. platanoides* – $1,39 \pm 0,07\%$), дубильных веществ (*A. negundo* – $3,56 \pm 0,18\%$, *A. platanoides* $3,43 \pm 0,17\%$), аскорбиновой кислоты (*A. negundo* – $0,19 \pm 0,01\%$, *A. platanoides* – $0,18 \pm 0,01\%$) в образцах сопоставимо. В листьях *A. negundo* содержание полисахаридов ($3,18 \pm 0,16\%$) и флавоноидов ($1,88 \pm 0,09\%$) выше по сравнению с листьями *A. platanoides* (полисахариды – $0,38 \pm 0,02\%$, флавоноиды – $0,84 \pm 0,04\%$). В то же время содержание хлорофиллов ($0,67 \pm 0,03\%$) и каротиноидов ($1,21 \pm 0,06\%$) ниже, чем в *A. platanoides* ($1,54 \pm 0,08\%$ и $4,11 \pm 0,20\%$ соответственно).

По результатам проведенных исследований выявлено, что анализируемые виды клёна различаются по макро- и микроскопическим признакам и по количественному содержанию биологически активных веществ, что связано с очевидными различиями видов по внешнему строению, а также по естественным ареалам произрастания. В связи с широким распространением и большой доступной фитомассой *A. negundo* растение представляет интерес в качестве возможного источника комплекса биологически активных веществ.

Ключевые слова: клён ясенелистный, клён остролистый, *Acer negundo*, *Acer platanoides*, фармакогностическое исследование, каротиноиды, флавоноиды, хлорофиллы, полисахариды, гидроксикоричные кислоты.

Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) является широко распространённым в нашей стране агрес-

сивным инвазивным видом растений [1,2,3,4]. Его родиной считается Северная Америка. Первые попытки интродукции этого дерева в нашей стране были предприняты ещё в конце XVIII века [5]. Клен

ясенелистный привлекал внимание быстротой роста, неприхотливостью в уходе и способностью выдерживать антропогенное воздействие [6,7]. Однако изначально клён не смог успешно адаптироваться, потребовались специальные меры по интродукции. В результате успехов селекционеров растение адаптировалось к условиям нашей страны. Со временем стало ясно, что *A. negundo* может неконтролируемо размножаться и распространяться как в городах, так и в природных экосистемах, вытесняя местные виды растений [5,8]. Более того, в городской среде продолжительность жизни клёна составляет примерно 30 лет, его древесина отличается хрупкостью и склонностью к разрушению от воздействия ветра. Растение обладает низкой декоративной ценностью из-за искривлённых стволов [9]. Большое количество пыльцы, переносимой ветром, может вызывать аллергию у людей [2].

На территории европейской части России можно встретить другого представителя рода – клён остролистный (*Acer platanoides* L.). Он также используется в декоративных целях, однако не обладает потенциалом инвазивности [4,10].

В связи с широким распространением *A. negundo* имеется большое количество фитомассы, представляющей интерес для исследований как потенциального источника биологически активных соединений (БАС) [11], а также для сравнения с *A. platanoides*.

Цель данной работы заключается в проведении сравнительного фармакогностического исследования листьев клёна ясенелистного (*A. negundo*) и клёна остролистного (*A. platanoides*).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследования стали листья *A. negundo* (образец №1) и *A. platanoides* (образец №2), собранные в окрестностях города Троицк Челябинской области в фазе плодоношения в августе 2022 года.

Сушку растительного сырья проводили теневым способом в хорошо вентилируемом помещении, защищённом от прямого солнечного света.

Макроскопическое исследование проводилось путём визуального осмотра сухих листьев невооружённым глазом и с использованием ручной лупы (увеличение 10х). После этого листья помещали в горячую воду на 5-10 минут. Размеры измерялись линейкой, цвет определялся при естественном освещении, вкус – в водном извлечении [12].

Микроскопическое исследование включало изучение микродиагностических признаков ли-

стьев. Для этого листья подвергались кипячению в течение 3-5 минут в 5%-ном растворе гидроксида натрия, после чего они промывались водой для нейтрализации щелочи. Плоскостные препараты изучались под микроскопом "Микмед-1" при увеличении 600х. Фотоснимки микропрепаратов делали с помощью камеры мобильного телефона [12].

Качественный анализ БАС проводился согласно общепринятым методикам [13]. Определение количественного содержания гидроксикиричных кислот (в пересчёте на хлорогеновую кислоту) [14], флавоноидов (в пересчёте на рутин) [15], хлорофиллов (в пересчёте на хлорофилл а) [16] и каротиноидов (в пересчёте на β-каротин) выполнялось методом спектрофотометрии (прибор СФ-56) [17]. Сумму полисахаридов определяли гравиметрическим методом [18], сумму дубильных веществ – методом титриметрии (перманганатометрия) в пересчёте на танин [12]. Аскорбиновую кислоту определяли методом окислительно-восстановительного титрования [19].

Для анализа гидроксикиричных кислот использовали метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) [20]. В качестве сорбента применяли пластины Sorbfil (ПТСХ-П-В-УФ) производства ООО «ИМИД» (Россия). Хроматограмму оценивали в ультрафиолетовом свете (длины волн 254 и 365 нм) до и после обработки специальными реагентами (аммиак, 5%-ный раствор гидроксида натрия в спирте этиловом 95%) и сравнивали с факторами удержания (R_f) стандартных образцов. Используемый элюент состоял из смеси бутанола, уксусной кислоты и воды в соотношении 4:1:2. Экстракт получали с использованием 40%-ного раствора этилового спирта.

Статистическая обработка данных включала расчёт среднего значения (M) и стандартной ошибки ($\pm m$). Достоверность различий между результатами проверялась с помощью t -критерия Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Исследование было проведено на кафедре фармакогнозии и ботаники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Листья исследуемых образцов различаются по своим морфологическим характеристикам, что обусловлено их видовыми особенностями.

Листья *A. negundo* имеют длинные черешки, непарноперистые, состоят из 3-5 листочков длиной от 15 до 26 см и шириной от 13 до 19 см.

Листочки имеют яйцевидную или яйцевидно-ланцетную форму с крупными зубцами и острой верхушкой; основание у них клиновидное. Верхняя часть листа окрашена в зеленый цвет, нижняя имеет серо-зеленый оттенок. Запах листьев слабый, специфический. Водное извлечение обладает сладковато-горьким вкусом с легким вяжущим эффектом (рис. 1.1).

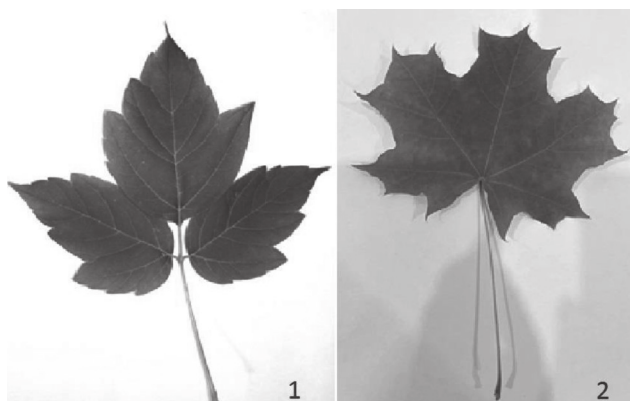


Рис. 1. Листья 1 – *A. negundo*, 2 – *A. platanoides*

Листья *A. platanoides* простые, округлой формы, с 5-7 лопастями, также имеют длинные черешки. Верхушка листа заостренная и вытянутая, основание выемчатое. Длина листа варьируется от 5 до 14 см, ширина – от 8 до 17 см. Верхняя сторона листа зеленая, блестящая, нижняя – серо-зеленого цвета. Запах слабый, специфический. Вкус водного извлечения сладковато-горький (рис. 1.2).

При изучении под микроскопом листа *A. negundo* выявлены следующие признаки:

- аномоцитный тип устьичного аппарата (рис. 2.1);
- многоугольная форма клеток верхней и нижней эпидермы (рис. 2.1);
- большое число простых и головчатых волосков, распределенных по всей поверхности листа (особенно вдоль жилок и краев листовой пластины) (рис. 2.2);

- желёзки, содержащие пигменты (рис. 2.3);
- призматические кристаллы и друзы, образующие кристаллоносную обкладку (в основном вдоль жилок листа) (рис. 2.4).

Микроскопическое исследование листа *A. platanoides* показало присутствие устьиц аномоцитного типа со складчатыми структурами кутикулы. Верхняя эпидерма состоит из многоугольных клеток, нижняя – из клеток с извилистыми стенками (рис. 3.1). По сравнению с *A. negundo*, у *A. platanoides* отсутствуют волоски, и реже встречаются желёзки (рис. 3.2) и кристаллы (рис. 3.3).

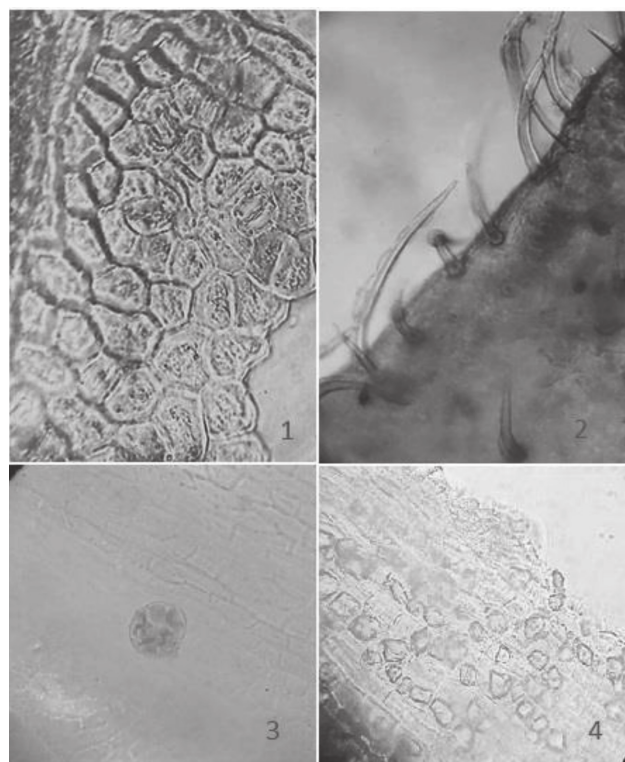


Рис. 2. Микроскопические признаки листа *A. negundo*: 1 – аномоцитный тип устьичного аппарата; 2 – простые одноклеточные и головчатые волоски; 3 – желёзка с пигментированным содержимым; 4 – кристаллоносная обкладка вдоль жилок

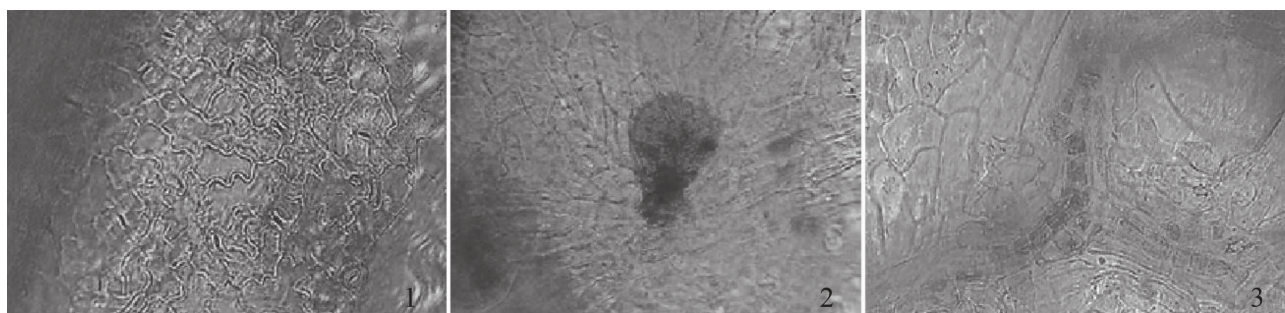


Рис. 3. Микроскопические признаки листа *A. platanoides*: 1 – аномоцитный тип устьичного аппарата со складчатой кутикулой; 2 – желёзка с окрашенным содержимым; 3 – кристаллоносная обкладка из призматических кристаллов вдоль жилок

В ходе общего фитохимического анализа двух образцов были выявлены полисахариды, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, дубильные вещества и аскорбиновая кислота.

По результатам ТСХ водно-спиртовых извлечений (используемый экстрагент – спирт этиловый 40%), полученных из листьев *A. negundo*, было обнаружено пять пятен, из листьев *A. platanoides* – три пятна (рис. 4). Исследования показали, что оба образца содержат хлорогеновую кислоту, являющуюся основным компонентом гидроксикоричных кислот. Это подтверждено визуально при оценке хроматограмм под ультрафиолетовым светом – наибольшее пятно с $R_f = 0,68$ демонстрирует наиболее яркое свечение, соответствующее хлорогеновой кислоте. Исходя из этого, для определения количества гидроксикоричных кислот в суммарных извлечениях использовали пересчет на содержание хлорогеновой кислоты. Количество гидроксикоричных кислот определяли методом спектрофотометрии при длине волны 326 нм. В результате исследования было установлено, что по содержанию гидроксикоричных кислот исследуемые образцы сопоставимы (*A. negundo* – $1,47 \pm 0,07\%$, *A. platanoides* – $1,39 \pm 0,07\%$).

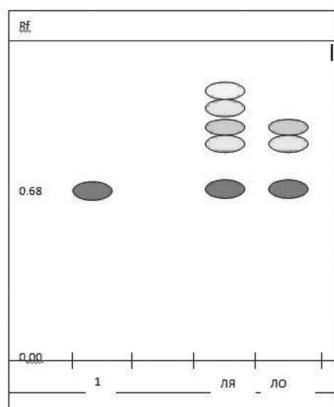


Рис. 4. Схема хроматограммы при исследовании гидроксикоричных кислот образцов методом тонкослойной хроматографии. Примечания. Условия хроматографии: пластинка Sorbfil (ПТСХ-П-В-УФ) (ООО «ИМИД», Россия), система растворителей: бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:2). Обозначения: ЛЯ – листья *A. negundo*; ЛО – листья *A. platanoides*; COBC 1 – кислота хлорогеновая.

Содержание флавоноидов в исследуемых образцах было определено с помощью метода дифференциальной спектрофотометрии при длине волны 410 нм в пересчете на рутин (рис. 5). Экстрагентом являлся спирт этиловый 70%. В образце листьев *A. negundo* суммарное количество

флавоноидов ($1,88 \pm 0,09\%$) вдвое больше по сравнению с листьями *A. platanoides* ($0,84 \pm 0,04\%$).

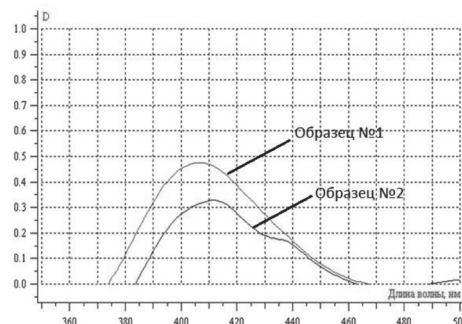


Рис. 5. Спектры поглощения продуктов взаимодействия суммы флавоноидов водно-спиртовых извлечений из образца №№1, 2 с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида

Для определения содержания хлорофиллов использовался метод спектрофотометрии при длине волны 666 нм в пересчете на хлорофилл а (рис.6). Экстрагент – спирт этиловый 96%. Установлено, что содержание хлорофиллов в листьях *A. platanoides* более чем в два раза превосходит аналогичный показатель для листьев *A. negundo*, составляя соответственно $1,54 \pm 0,08\%$ против $0,67 \pm 0,03\%$.

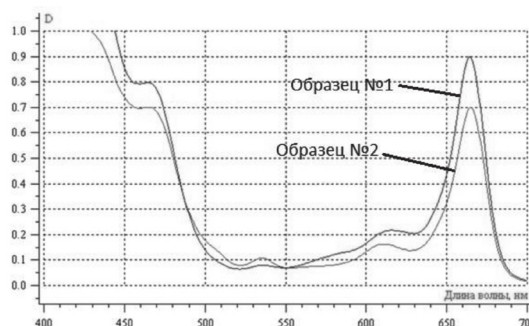


Рис. 6. Спектры поглощения спиртовых извлечений из образцов №№1, 2

Суммарное содержание каротиноидов определялось методом спектрофотометрии при длине волны 445 нм в пересчете на β -каротин. Экстрагент – спирт этиловый 96%. Показатель в образце листьев *A. platanoides* более чем втрое выше – $4,11 \pm 0,20\%$, по сравнению с показателем для листьев *A. negundo* – $1,21 \pm 0,06\%$.

Определение содержания водорастворимых полисахаридов в исследованных образцах было выполнено с использованием метода гравиметрического анализа. Установлено, что содержание полисахаридов в листьях *A. negundo* ($3,18 \pm 0,16\%$) превышает таковое в листьях *A. platanoides* ($0,38 \pm 0,02\%$) более чем в восемь раз.

Для определения содержания дубильных веществ в исследуемых образцах применялся метод перманганатометрического титрования. Экстрагентом являлась вода очищенная. Результаты показали, что количество дубильных веществ в обоих образцах схожее (*A. negundo* – $3,56 \pm 0,18\%$, *A. platanoides* – $3,43 \pm 0,17\%$).

Содержание аскорбиновой кислоты было определено методом окислительно-восстановительного титрования. Экстрагент – вода очищенная. Выявлено, что содержание аскорбиновой кислоты приблизительно одинаково в обоих образцах: $0,19 \pm 0,01\%$ в листьях *A. negundo* и $0,18 \pm 0,01\%$ в листьях *A. platanoides*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов сравнительного макроскопического исследования, листья *A. negundo* и *A. platanoides* отличаются друг от друга по морфологическим признакам, что объясняется их видовыми особенностями. Микроскопический анализ показал различия между исследуемыми образцами по форме клеток нижней эпидермы, числу кристаллов и железок, наличию трихом. Общий фитохимический анализ выявил соединения первичного (полисахариды, аскорбиновая кислота) и вторичного (флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, дубильные вещества) синтеза. С помощью метода ТСХ было определено, что в обоих образцах доминирует хлорогеновая кислота. Количественный анализ показал, что оба образца схожи по содержанию гидроксикоричных кислот (*A. negundo* – $1,47 \pm 0,07\%$, *A. platanoides* – $1,39 \pm 0,07\%$), дубильных веществ (*A. negundo* – $3,56 \pm 0,18\%$, *A. platanoides* – $3,43 \pm 0,17\%$) и аскорбиновой кислоты (*A. negundo* – $0,19 \pm 0,01\%$, *A. platanoides* – $0,18 \pm 0,01\%$). Однако листья *A. platanoides* содержат больше хлорофиллов ($1,54 \pm 0,08\%$) и каротиноидов ($4,11 \pm 0,20\%$) по сравнению с листьями *A. negundo* ($0,67 \pm 0,03\%$ и $1,21 \pm 0,06\%$ соответственно). В свою очередь, в листьях *A. negundo* выше содержание полисахаридов ($3,18 \pm 0,16\%$) и флавоноидов ($1,88 \pm 0,09\%$) по сравнению с листьями *A. platanoides* (полисахариды – $0,38 \pm 0,02\%$, флавоноиды – $0,84 \pm 0,04\%$).

Результаты проведенного исследования показали, что изучаемые виды клена различаются как по макро-, так и по микроскопическим признакам, а также по количественному содержанию БАС, что связано с видимыми различиями во внешнем строении растений и естественными ареалами их распространения. Благодаря широкой встречаемости и большому объему доступного расти-

тельного сырья, *A. negundo* может представлять интерес как потенциальный источник комплекса биологически активных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Ю.К., Галкина М.А., Котенко О.В., Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н., Курской А.Ю. // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». – 2022. – №2 (66). – С. 100-110.
2. Гусев А.П., Шпилевская Н.С., Веселкин Д.В. // Вестник ВДУ. – 2017. – №1(94). – С. 47-54.
3. Емельянов А.В., Фролова С.В. // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2011. – №2. – С. 40-43.
4. Royal Botanic Gardens Kew. Plants of the World Online. Режим доступа: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:781412-1> (дата обращения: 10.02.2024).
5. Агишев В.С. // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – №8(64). Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70744> (дата обращения: 10.02.2024).
6. Вавин В.С., Попов А.В. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – №7-1(26). – С. 71-72.
7. Hrázský, Z., 2005, “*Acer negundo* L. in the Czech Republic: Invaded habitats and potential distribution modeling”, Ms. [Masters Thesis, Department of Botany, Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice], 48 p.
8. Яхновец М.Н., Юрченко Е.О. // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2023. – №1. – С. 20-31.
9. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Костина М.В. Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.): морфология, биология и оценка инвазивности. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2022. – 218 с.
10. Букштынов А.Д. Клен. – Москва : Лесная пром-сть, 1982. – 86 с.
11. Петрова А.Б. // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. – 2013. – №3. – С. 18-24.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. – Москва, 2018. – Т. 2. Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата обращения: 26.12.2023).
13. Гринкевич Н. И. Химический анализ лекарственных растений. – Москва : Высшая школа, 1983. – 176 с.
14. Нестерова Н.В., Самылина И.А., Бобкова Н.В., Кузьменко А.Н., Краснюк И.И. (мл.), Евгра-

фов А.А. // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2019. – Т. 60. – №1. – С. 60-64.

15. Полупанова Ю.В., Качкин К.В. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2020. – Т. 19. – №2. – С. 163-170.

16. Ханина М.А., Лежнина М.Г., Родин А.П., Кадушкин А.А., Карганова В.В. // Известия ГГТУ. Медицина, фармация. – 2020. – №4. – С. 289-293.

17. Тринеева О.В., Сливкин А.И. // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – №2. – С. 145-151.

18. Казакова В.С., Новиков О.О., Фадеева Д.А., Шестопалова Н.Н., Малюткина А.Ю., Иванова Л.Л., Иванова В.Э. // Научный результат. Медицина и фармация. – 2016. – Т. 2. – №4. – С. 73-77.

19. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. – Москва, 2018. – Т. 4. Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата обращения: 26.12.2023).

20. Тернинко И.И., Нгуен Т.Х.И. // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2017. – №1 (18). – С. 120-124.

Новосибирский государственный медицинский университет

Лигостаева Юлия Валерьевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии и ботаники

E-mail: ligos.yuv@mail.ru

*Novosibirsk State Medical University
Ligostaeva Yulya V., PhD., Associate Professor of pharmacognosy and botany*

E-mail: ligos.yuv@mail.ru

**Качкин Константин Вячеславович, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармакогнозии и ботаники*

E-mail: kkachkin@gmail.com

**Kachkin Konstantin V., PhD., Associate Professor of pharmacognosy and botany*

E-mail: kkachkin@gmail.com

Кацал Наталья Ивановна, студентка фармацевтического факультета

E-mail: nkaczal@yandex.ru

Katsal Natalya I., student of the Faculty of Pharmacy

E-mail: nkaczal@yandex.ru

COMPARATIVE PHARMACOGNOSTIC STUDY OF LEAVES OF ACER NEGUNDO AND ACER PLATANOIDES ANNOTATION

Yu. V. Ligostaeva, K. V. Kachkin, N. I. Katsal

Novosibirsk State Medical University

Abstract. *Acer negundo* is a wide-spread in our country aggressive invasive tree species of North American origin. The plant is capable of uncontrollably propagating itself and spreading not only in urban environments, but also entering natural phytocenoses.

In the European part of Russia, another representative of the genus is found in indigenous communities, that is *acer platanoides*, which is also used in the regions as an ornamental plant. However, it does not have the potential to spread without control.

Due to the wide distribution of *acer negundo*, a large volume of phytomass of all parts of the plant is available, which is of interest for studying it as a source of biologically active substances, as well as comparing it with *acer platanoides*.

The purpose of the work was to conduct a comparative pharmacognostic study of leaves of *acer negundo* and *acer platanoides*, collected on the outskirts of the city of Troitsk, Chelyabinsk region, in the fruiting stage in August 2022.

A comparative description of macro- and microscopic characteristics, general phytochemical analysis of samples of the two studied maple species are provided in the article. The thin layer chromatography was used for the qualitative analysis of hydroxycinnamic acids. Quantitative determination of hydroxycinnamic acids, flavonoids, and chlorophylls was carried out by spectrophotometry; polysaccharides - by gravimetry; tannins - by permanganometry; ascorbic acid - by redox titration method.

It was revealed that the leaves of the studied species have significant differences in macro- and microscopic characteristics. During the analysis of hydroxycinnamic acids using thin layer chromatography, it was found out that chlorogenic acid predominates in both samples. General phytochemical analysis showed the presence of polysaccharides, flavonoids, hydroxycinnamic acids, tannins and ascorbic acid. The quantitative content of hydroxycinnamic acids (*A. negundo* – $1,47 \pm 0,07\%$, *A. platanoides* – $1,39 \pm 0,07\%$), tannins (*A. negundo* – $3,56 \pm 0,18\%$, *A. platanoides* $3,43 \pm 0,17\%$), ascorbic acid (*A. negundo* – $0,19 \pm 0,01\%$, *A. platanoides* – $0,18 \pm 0,01\%$) in the samples is comparable. In the leaves of *A. negundo*, the content of polysaccharides ($3,18 \pm 0,16\%$) and flavonoids ($1,88 \pm 0,09\%$) is higher in comparison with the leaves of *A. platanoides* (polysaccharides – $0,38 \pm 0,02\%$, flavonoids – $0,84 \pm 0,04\%$). At the same time, the content of chlorophylls ($0,67 \pm 0,03\%$) and carotenoids ($1,21 \pm 0,06\%$) is lower than in *A. platanoides* ($1,54 \pm 0,08\%$ and $4,11 \pm 0,20\%$, respectively).

In accordance with the results of the studies, it was revealed that the analyzed acer species differ in macro- and microscopic characteristics and in the quantitative content of biologically active substances, which is associated with obvious differences between the species in external structure, as well as in natural habitats. Due to the wide distribution and large available phytomass of acer negundo, the plant is of interest as a possible source of a complex of biologically active substances.

Keywords: *Acer negundo*, *Acer platanoides*, pharmacognostic study, carotenoids, flavonoids, chlorophylls, polysaccharides, hydroxycinnamic acids.

REFERENCES

1. Vinogradova Yu.K., Galkina M.A., Kotenko O.V., Toxtar' V.K., Zelenkova V.N., Kurskoj A.Yu. // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologiya i ekologiya». – 2022. – No. 2 (66). – P. 100-110.
2. Gusev A.P., Shpilevskaya N.S., Veselkin D.V. // Vestnik VDU. – 2017. – No. 1(94). – P. 47-54.
3. Emel'yanov A.V., Frolova S.V. // Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invazii. – 2011. – No. 2. – P. 40-43.
4. Royal Botanic Gardens Kew. Plants of the World Online. Available at: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:781412-1> (accessed 10 Feb 2024).
5. Agishev V.S., Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii. – 2016. – No. 8(64). Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70744> (accessed 10 Feb 2024).
6. Vavin V.S., Popov A.V. // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. – 2014. – No. 7-1(26). – P. 71-72.
7. Hrázský, Z., 2005, “Acer negundo L. in the Czech Republic: Invaded habitats and potential distribution modeling”, Ms. [Masters Thesis, Department of Botany, Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice], 48 p.
8. Yakhnovets M.N., Yurchenko E.O. // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya. – 2023. – No. 1. – P. 20-31.
9. Vinogradova Yu.K., Maierov S.R., Kostina M.V. Klen yasenelistnyi (*Acer negundo* L.): morfologiya, biologiya i otsenka invazivnosti. – Moscow : Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2022. – 218 p.
10. Bukshtynov A.D. Klen. – Moscow : Lesnaya prom-st', 1982. – 86 p.
11. Petrova A.B., Vestnik molodykh uchenykh i spetsialistov Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – No 3. – P. 18-24.
12. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. XIV izdaniya. – Moscow, 2018. – Vol. 2. Available at: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (accessed 10 Feb 2024).
13. Grinkevich N. I. Khimicheskii analiz lekarstvennykh rastenii. – Moscow : Vysshaya shkola, 1983. – 176 p.
14. Nesterova N.V., Samy'lina I.A., Bobkova N.V., Kuz'menko A.N., Krasnyuk I.I. (ml.), Evgrafov A.A. // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2. Khimiya. – 2019. – Vol. 60. – No. 1. – P. 60-64.
15. Polupanova Yu.V., Kachkin K.V. // Vestnik Smolenskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii. – 2020. – Vol. 19. – No. 2. – P. 163-170.
16. Khanina M.A., Lezhnina M.G., Rodin A.P., Kadushkin A.A., Karganova V.V. // Izvestiya GGTU. Meditsina, farmatsiya. – 2020. – No. 4. – P. 289-293.
17. Trineeva O.V., Slivkin A.I. // Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. – 2016. – No. 2. – P. 145-151.
18. Kazakova V.S., Novikov O.O., Fadeeva D.A., Shestopalova N.N., Malyutina A.Yu., Ivanova L.L., Ivanova V.E'. // Nauchnyi rezul'tat. Meditsina i farmatsiya. – 2016. – Vol. 2. – No. 4. – P. 73-77.
19. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. XIV izdaniya. – Moscow, 2018. – Vol. 4. Available at: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (accessed 10 Feb 2024).
20. Terninko I.I., Nguen T.Kh.I. // Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv. – 2017. – No. 1 (18). – P. 120-124.