

## БОТАНИКА

УДК 181.19:582.76

### **ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ И ЛИСТЬЕВ *ACER NEGUNDO* И *A. PLATANOIDES*\***

**А.Г. Куклина<sup>1</sup>, Н.С. Цыбулько<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений, Россия,  
Москва

Проведен фитохимический анализ цветков, плодов и листьев по содержанию биологически активных веществ на двух видах клена: инвазионном *Acer negundo* L. и аборигенном *A. platanoides* L. (Sapindaceae Juss). У 40 образцов, собранных в 5 популяциях Московского региона, найдены сумма флавоноидов, содержание аскорбиновой кислоты и суммы органических кислот по стандартным методикам Государственной фармакопеи РФ. В данном исследовании впервые обнаружено, что максимальное накопление флавоноидов (1,75–1,94 мг%) фиксируется в мужских цветках *A. negundo*. Содержание витамина С в цветках (до 53 мг%), плодах и листьях *A. negundo* на 25–30 % больше, чем в аналогичных органах у *A. platanoides*. По мере созревания плодов содержание флавоноидов, аскорбиновой кислоты и органических кислот (до 8 %) у инвазионного и аборигенного видов клена снижается почти в 1,5 раза. Листья мужских и женских особей *A. negundo* по насыщенности флавоноидами, витамином С и органическими кислотами не отличаются. Выявлено, что цветки *A. negundo* и *A. platanoides*, являются наиболее перспективным источником биологически активных веществ – флавоноидов, включая катехины, антоцианы, лейкоантоцианы и флавонолы, а также аскорбиновой кислоты. Сбор растительного сырья рекомендуется проводить в экологически чистых фитоценозах, поскольку известно о способности растений *A. negundo* аккумулировать из почвы и воздуха тяжелые металлы.

**Ключевые слова:** *Acer negundo*, *Acer platanoides*, лист, цветок, плоды, флавоноиды, витамин С, органические кислоты.

DOI: 10.26456/vtbio136

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН № 19-119080590035-9.

**Введение.** Поиск возможностей для использования чужеродных видов в различных социально-экономических аспектах можно рассматривать как одно из направлений, позволяющее частично ограничивать фитоинвазии (Виноградова и др., 2012, 2019). К середине XX столетия в европейской части России натурализовался клен ясенелистный – *Acer negundo* L. (Sapindaceae Juss., = Aceraceae Juss.). В настоящее время он стал инвазионным видом; в средней полосе России произрастает повсюду, включая Тверскую область, где часто встречается в густонаселенных районах, проникая в природоохраняемую зону. Этот вид не представляет ценности для лесоводства, его изредка высаживают для рекультивации земель и создания ветрозащитных полос (Виноградова и др., 2010, 2011). В целях ландшафтного строительства разводят в основном декоративные сорта ‘Flamingo’, ‘Aurata’, ‘Aureo-Variegata’, ‘Crispa’, не дающие массового самосева. Клен ясенелистный считается ранним пыльценосом; продуктивность нектара невысокая; женское дерево дает до 5 кг сахарного нектара. В Северной Америке *A. negundo*, подобно *A. saccharum* Marshall, относят к традиционным сахароносам, у него собирают сладкий сок (Виноградова и др., 2019).

Аборигенный вид - клен платановидный (*A. platanoides* L.), напротив, часто применяется в озеленении, ценится его твердая древесина, кормовые и медоносные качества; сок также пригоден для получения сахарного сиропа. Листья и плоды *A. platanoides* используют в народной медицине как диуретическое, противовоспалительное и антибактериальное средство (Пастушенков и др., 1990; Растительные ресурсы..., 1988, 2010). Известно, что в листьях *A. platanoides* содержатся углеводы: глюкоза и маннит (2,5–4%); кислоты органические: янтарная, уксусная, фталевая, и фенолкарбоновые: салициловая, галловая; дубильные вещества (таннины); витамины С, Е, каротиноиды, антоцианы, флавоноиды, альдегиды, липиды, каучук, аллантоин и сквален. Этот комплекс веществ обуславливает жаропонижающие, антисептические, противогрибковые, антиоксидантные и противоопухолевые свойства. Листья *A. platanoides* обладают антивирусной и фитонцидной активностью (Головкин и др., 2001), экстракты из листьев ингибируют развитие фитофагов и фитопатогенов (Irvine et al., 1978; Растительные ресурсы..., 2010). Между тем, сведения о наличии биологически активных веществ и лечебном применении *A. negundo* в отечественных источниках практически отсутствуют. Известно лишь, что в коре найдены биологически активный циклитол – квебрахит; а корни служат сырьем для получения гомеопатического препарата *Negundo* (Виноградова и др., 2019).

Согласно этнофармакологическому обзору, проведенному китайскими исследователями (Wu et al., 2016), в традиционной медицине находят применение около 40 видов рода *Acer* L., у которых идентифицировано более 300 веществ: флавоноиды, танины, гликозиды, алкалоиды, терпеноиды и пр. Экстракты и химические компоненты, выделенные у кленов, отличаются широким спектром фармакологических свойств. Кроме свойств, перечисленных для *A. platanoides*, у видов *A. maximowiczianum* Miq., *A. tegmentosum* Maxim. и др., проявляются гепатопротекторная противодиабетическая активность. Флавоноиды, содержащиеся в листьях *A. platanoides*, также как у *A. rubrum* L., *A. tataricum* L. и *A. ginnala* Maxim., ингибируют ВИЧ-инфекцию. Фитохимический анализ листьев *A. negundo* показывает наличие сложных липидов (acer-cerebroside), обладающих противоопухолевой активностью (Inoue et al., 1922; Kurchan et al., 1971). Сообщения о токсичности растений этого рода ограничены; они находятся в области ветеринарии, либо связаны с проблемами экологии в антропогенной среде (Морозова, 2010; Цандекова, 2019).

В задачу данного исследования входило выявить содержание отдельных биологически активных веществ в генеративных и вегетативных органах *A. negundo* в Москве и Московской области; а также провести сравнительный анализ содержания флавоноидов, витамина С и органических кислот с аборигенным видом *A. platanoides*.

**Материал и методика.** Растения *A. negundo* и *A. platanoides* изучали весной и летом 2018 года в пяти популяциях Московского региона (табл. 1), удаленных от транспортных магистралей. Листья (по 25–30 штук) у каждого образца срывали из нижнего яруса дерева 2–7 июня.

Ввиду того, что в химическом составе *A. negundo* выявлена половая дифференциация (Zhao, Cheng, 1998), для листьев этого вида фиксировали пол особей. Генеративные органы *A. negundo* исследовали в следующие сроки: мужские цветки – с 25 апреля по 2 мая; зеленые плоды – 4–9 мая; зрелые плоды – 4–9 июня. Цветки *A. platanoides* собирали 5–7 мая; зеленые плоды – 12–15 мая; зрелые плоды – 10–15 июня.

Биохимическое исследование 40 образцов проведено по стандартным методикам Государственной фармакопеи РФ XIV издания (Государственная фармакопея..., 2018). Сумма флавоноидов (%) определена в пересчете на кверцетин, в качестве стандарта взята методика для *Betula foliis* (фармакопейная статья 2.5.0005.15). Сумма органических веществ (%) и содержание аскорбиновой кислоты (мг%) определены методом титрования по стандартам для *Fructus rosae*

(фармакопейная статья 2.5.0106.18). Сведения обработаны в программе Microsoft Excel, допустимая ошибка измерений не превышает нормы ( $P \leq 5\%$ ).

Таблица 1

Характеристика образцов *A. negundo* и *A. platanoides*

№	Орган растения <i>A. negundo</i>	№	Орган растения <i>A. platanoides</i>	Место сбора образца	Координаты
1	Цветки ♂	21	Цветки	1 - Москва, р-н Останкино, ГБС РАН, дендрарий, посадки	55°49'58" с.ш. 37°35'44" в.д.
2	Зеленые плоды	22	Зеленые плоды		
3	Зрелые плоды	23	Зрелые плоды		
4	Листья ♀ особей	24	Листья		
5	Цветки ♂	25	Цветки	2 - Москва, Тверской район, ул. Самотечная, озеленение	55°46'38" с.ш. 37°37'05" в.д.
6	Зеленые плоды	26	Зеленые плоды		
7	Зрелые плоды	27	Зрелые плоды		
8	Листья ♂ особей	28	Листья		
9	Цветки ♂	29	Цветки	3 - Москва, р-н Новокосино, ул. Суздальская, озеленение	55°73'24" с.ш. 37°84'72" в.д.
10	Зеленые плоды	30	зеленые плоды		
11	Зрелые плоды	31	Зрелые плоды		
12	Листья ♀ особей	32	Листья		
13	Цветки ♂	33	Цветки	4 - Московская обл., Балашихинский р-н, Салтыковский лесопарк	55°44'11" с.ш. 37°54'19" в.д.
14	Зеленые плоды	34	Зеленые плоды		
15	Зрелые плоды	35	Зрелые плоды		
16	Листья ♂ особей	36	Листья		
17	Цветки ♂	37	Цветки	5 - Московская обл., Орехово-Зуевский р-н, с. Хотееичи, смешанный лес	55°30'14" с.ш. 38°46'54" в.д.
18	Зеленые плоды	38	Зеленые плоды		
19	Зрелые плоды	39	Зрелые плоды		
20	Листья ♂ особей	40	Листья		

### Результаты и обсуждение

**Сумма флавоноидов.** Поскольку сведений о содержании биологически активных веществ у *A. negundo* практически отсутствуют, нами впервые была определена сумма флавоноидов в генеративных органах и листьях (рис. 1) этого вида. В группу Р-активных соединений (полифенолов) входят флавоноиды (катехины, антоцианы, лейкоантоцианы, флавонолы); производные коричной кислоты (кофейная, феруловая, синаповая, хлорогеновая кислоты, кумарин и его гликозиды) и фенолкарбоновые кислоты (протокатеховая, галловая и др.). Всего насчитывается более 800 биофлавоноидов, которые обладают гипотензивным и капилляроукрепляющим, противовоспалительным и противоаллергическим действием, обеспечивают тканевое дыхание, являются мощными антиоксидантами, способствуют накоплению витамина С, стимулируют деятельность эндокринных желез.

В исследовании отмечено, что максимальное накопление флавоноидов (1,75–1,94 мг%) фиксируется в мужских цветках

*A. negundo*. По мере созревания плодов содержание флавоноидов у инвазионного вида снижается. Если в начале мая концентрация этих веществ доходит до 1,62 мг%, то через месяц она уменьшается почти в три раза, до 0,4–0,6 мг%. Насыщенность флавоноидами у *A. negundo* в начале июня в листьях мужских особей (0,9–1 мг%) не отличаются от женских растений (0,7–1 мг%).

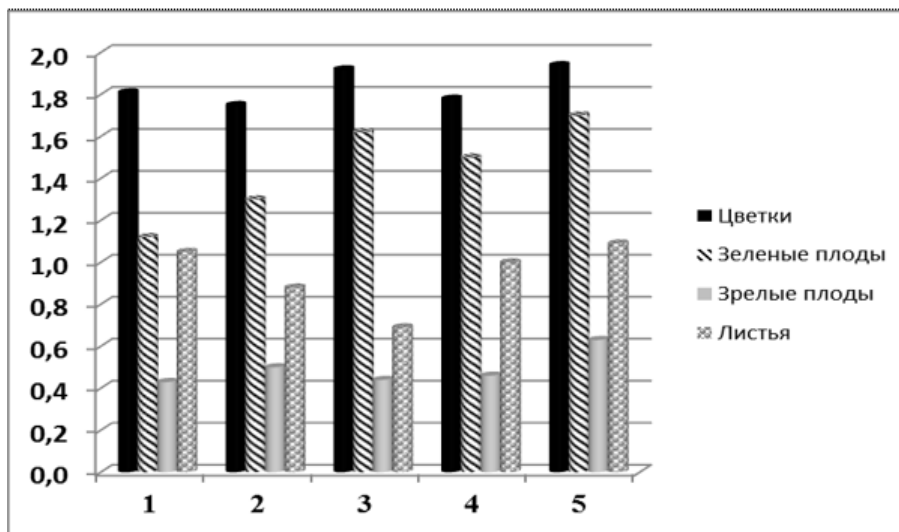


Рис. 1. Сумма флавоноидов в генеративных органах и листьях *A. negundo* (мг%) из пяти популяций Московского региона

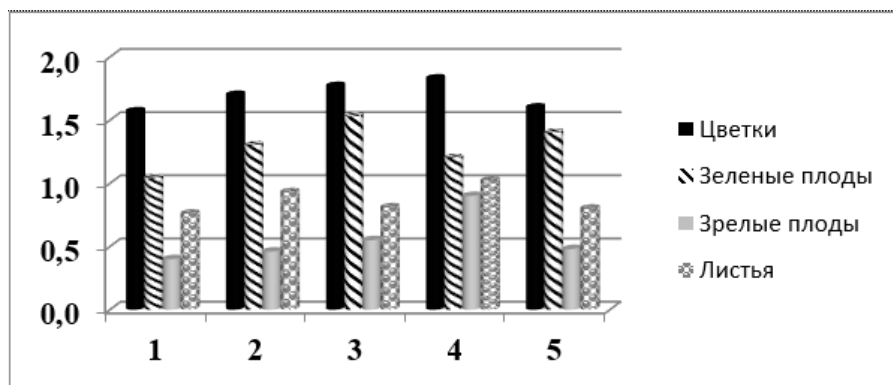


Рис. 2. Сумма флавоноидов в генеративных органах и листьях *A. platanoides* (мг%) из пяти популяций Московского региона

Сравнение инвазионного вида *A. negundo* с *A. platanoides* указывает на их сходство по количеству флавоноидов в цветках (1,57–1,83 мг%), плодах (1,04–1,53 мг%) и листьях (0,76–1,02 мг%), а также по динамике изменений, происходящей при созревании плодов (рис. 2).

**Аскорбиновая кислота.** Витамин С играет важную роль в обмене веществ. В изученных популяциях *A. negundo* наиболее обеспечены аскорбиновой кислотой: от 44,1 до 53,2 мг % мужские цветки, в сравнении с другими органами растений. Концентрация аскорбиновой кислоты у клена ясенелистного по мере созревания плодов снижается почти в 1,5 раза. В листьях женских (32–46 мг%) и мужских (35–45 мг%) особей инвазионного вида в начале июня содержание витамина С практически не различается (рис. 3).

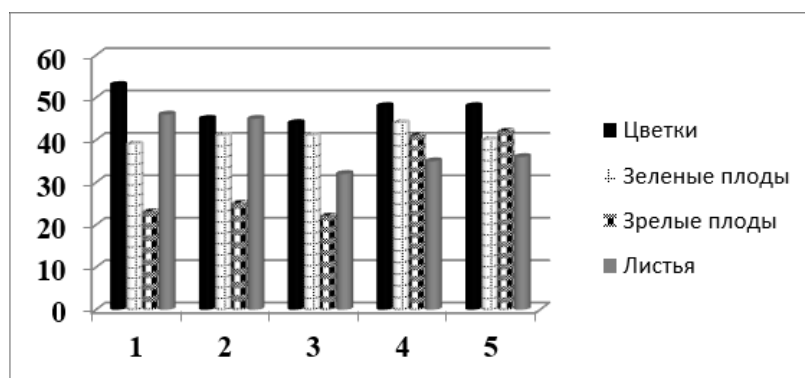


Рис. 3. Аскорбиновая кислота в генеративных органах и листьях *A. negundo* (мг%) из пяти популяций Московского региона

В процессе исследования выявлено, что в листьях и генеративных органах *A. platanoides* меньше аскорбиновой кислоты, чем у *A. negundo*. У *A. platanoides* максимальная концентрация этого витамина сосредоточена в цветках: 33–39 мг%; меньше в листьях и плодах: 19–31 мг% (рис. 4).

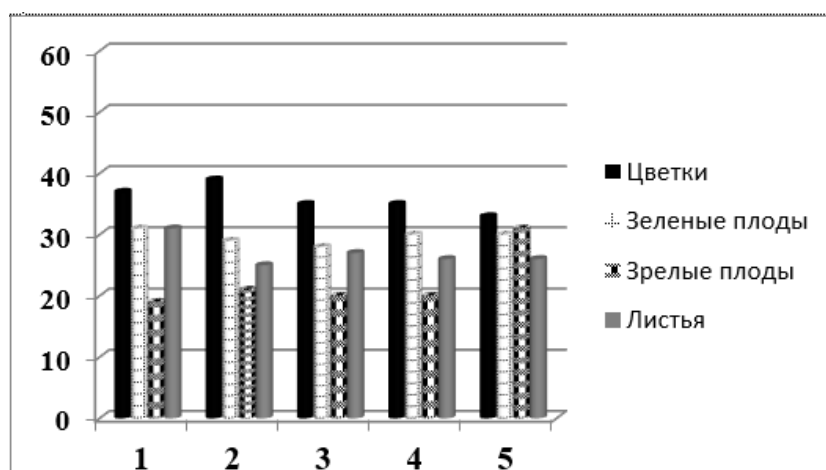


Рис. 4. Аскорбиновая кислота в генеративных органах и листьях *A. platanoides* (мг%) из пяти популяций Московского региона

Аскорбиновая кислота является активным участником окислительно-восстановительных реакций; влияет на кроветворение, обмен углеводов и холестерина; повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям и неблагоприятным внешним воздействиям (перегреву, охлаждению и кислородной недостаточности), увеличивает работоспособность человека. Отдельные части растений можно рассматривать как природный источник этого биологически активного вещества, при этом цветки и листья инвазионного вида *A. negundo* в содержании витамина С не уступают, более изученному, аборигенному виду клена.

**Сумма органических кислот.** В плодах и листьях дикорастущих видов растений присутствуют нелетучие органические кислоты: лимонная, яблочная, винная, щавелевая, янтарная, фталевая, содержание которых колеблется от 0,6 до 6,0%; в меньшем количестве есть летучие органические кислоты: уксусная, муравьиная, валериановая и капроновая (Виноградова и др., 2019). По сумме органических кислот, содержащихся в различных органах растения, два вида клена почти не отличаются. В цветках *A. negundo* выявлено 7,8–8,8 %, у *A. platanoides* – 8,1–8,7% органических кислот. Также в листьях *A. negundo* (6,7–8,0%) и *A. platanoides* (6,5–8,0%) насыщенность кислотами сходная (табл. 2). В плодах обоих видов сумма органических кислот колеблется от 6,0 до 9,2%, и уменьшается в процессе их созревания.

Таблица 2

Сумма органических кислот в генеративных органах и листьях *A. negundo* и *A. platanoides*, %

Место сбора образца	Москва			Московская область	
	Останкино	Тверской р-н	Новокосино	Балашихинский р-н	Орехово-Зуевский р-н
	1	2	3	4	5
<i>Acer negundo</i> (M±m)					
Цветки ♂	7,8±0,1	8,5±0,3	7,8±0,5	8,3±0,4	8,8±0,2
Плоды зеленые	9,1±0,3	9,2±0,1	8,1±0,1	8,4±0,3	8,7±0,1
Плоды зрелые	7,8±0,3	8,3±0,3	7,8±0,2	8,0±0,3	7,9±0,7
Листья	8,0±0,2	7,8±0,2	7,6±0,1	6,7±0,1	6,9±0,4
<i>Acer platanoides</i> (M±m)					
Цветки	8,7±0,1	8,1±0,9	8,5±0,4	8,6±0,2	8,4±0,3
Плоды зеленые	9,2±0,8	9,1±0,3	8,5±0,2	9,2±0,1	8,2±0,5
Плоды зрелые	6,0±0,5	6,4±0,1	6,5±0,1	5,4±0,5	6,3±0,4
Листья	6,5±0,2	6,5±0,2	7,5±0,2	6,7±0,1	8,0±0,1

**Заключение.** Содержание витамина С в цветках, плодах и листьях *A. negundo* на 25–30 % больше, чем в аналогичных органах у

*A. platanoides*. Листья мужских и женских особей *A. negundo* по насыщенности флавоноидами, витамином С и органическими кислотами практически не отличаются.

Наиболее перспективным источником биологически активных веществ: флавоноидов и аскорбиновой кислоты, являются цветки *A. negundo* и *A. platanoides*, в сравнении с плодами и листьями. Сбор растительного сырья с целью использования фармакологических качеств растений рекомендуется проводить в экологически чистых фитоценозах, поскольку известно о способности растений *A. negundo* аккумулировать из почвы и воздуха тяжелые металлы.

### Список литературы

- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. 2011. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды в экосистемах Тверского региона. М.: Товарищество научн. изданий КМК. 292 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с.
- Виноградова Ю.К., Куклина А.Г. 2012. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М.: ГЕОС. 186 с.
- Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Бриндза Я. 2019. Инвазионные виды растений для хозяйственного использования и здоровья. Нитра: Словацкий АУ. 163 с.
- Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова И.А., Шретер А.И. 2001. Биологически активные вещества растительного происхождения. М.: Наука. Т. 1. 350. с.; Т. 2. 764 с.
- Государственная фармакопея Российской Федерации IV издания. 2018. ФС: 2.5.0005.15; 2.5.0106.18. [Internet-resource] <https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/11/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xiv-izdaniya>
- Древесные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук. 2005. М.: Наука. 586 с.
- Морозова Н.А. 2010. Особенности зольного состава листьев клена ясенелистного в условиях г. Самары // Проблемы и перспективы изучения естественных и антропогенных экосистем Урала и прилегающих регионов. Стерлитамак. С. 163-166.
- Пастушенков Л.В., Пастушенков А.Л., Пастушенков В.Л. 1990. Лекарственные растения. Л.: Лениздат. 384 с.
- Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. 2010. СПб.; М.: Товарищество научн. изданий КМК. Т. 3. 601 с.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. 1988. Л.: Наука. Т. 4. 357 с.
- Цандекова О.Л. 2019. Особенности химического состава растительного опада *Acer negundo* L. (Sapindaceae) в условиях нарушенных пойменных фитоценозов // Химия растительного сырья. № 2. С. 197-203. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024611>.



- Inoue T., Sakurai N., Nagai S. 1922. Studies on the constituents of Aceraceae plants (X). Isolation of flavonoid glycosides and a cerebroside from the leaves of *Acer negundo* // Shoyakugaku Zasshi. V. 46. P. 261-264.
- Irvine J.A., Dix N.J., Warren R.C. 1978. Inhibitory substances in *Acer platanoides* leaves: seasonal activity and effects on growth of phylloplane fungi // Trans. Br. Mycol. Soc. V. 70. P. 363-371.
- Kupchan S.M., Takasugi M., Smmith R.M., Steyn P.S. 1971. Tumor inhibitors. LXII. Structures of acerotin and acerocin. Novel triterpene ester aglycones from the tumor inhibitory saponins of *Acer negundo* (maple) // J. Org. Chem. V. 36. P. 1972-1976.
- Wu B., Ying G., Jie Sh., Chynnian H., Haibo L., Yong P., Chunhong Zh., Piegen X. 2016. Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple) // J. of Ethnopharmacology. V. 189. P. 31-60. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.021>
- Zhao L., Cheng X. 1998. Comparative Analysis on Water Soluble Phenolic Substances in Male and Female Plant Leaves of *Acer negundo* L. // J. of Xinjiang Agricultural University. Is. 3. P. 229-232.

## **PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF GENERATIVE BODIES AND LEAVES IN *ACER NEGUNDO* AND *A. PLATANOIDES***

**A.G. Kuklina<sup>1</sup>, N.S. Tsybulko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

<sup>2</sup>All-Russian Scientific Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow

A phytochemical analysis of flowers, fruits, and leaves revealing the biologically active substances in two types of maple: invasive *Acer negundo* L. and native *A. platanoides* L. (Sapindaceae Juss) was carried out. In 40 samples collected in 5 populations of the Moscow Region, a sum of flavonoids, the presence of ascorbic acid, and organic acids were found according to the standard methods of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation. We discovered for the first time that the maximum accumulation of flavonoids (1.75-1.94 mg%) is in male flowers of *A. negundo*. The content of vitamin C in flowers (up to 53 mg%), fruits, and leaves of *A. negundo* is 25-30% higher than in similar organs in *A. platanoides*. As the fruit ripens, the content of flavonoids, vitamin C, and organic acids (up to 8%) in invasive and native species of maple decreases by almost 1.5 times. The leaves of male and female trees of *A. negundo* do not differ in saturation with flavonoids, vitamin C, and organic acids. Flowers of *A. negundo* and *A. platanoides* are the most promising source of biologically active substances - flavonoids, including catechins, anthocyanins, leucoanthocyanins, and flavonols, as well as ascorbic acid. The collection of plant substances is recommended in ecologically clean phytocenoses since *A. negundo* can accumulate heavy metals from soil and air.

**Keywords:** *Acer negundo*, *Acer platanoides*, leaf, flower, fruits, flavonoids, vitamin C, organic acids.

*Об авторах:*

КУКЛИНА Алла Георгиевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории природной флоры, ФГБУН Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: [alla\\_gbsad@mail.ru](mailto:alla_gbsad@mail.ru).

ЦЫБУЛЬКО Наталья Степановна – кандидат фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник отдела агробιοтехнологии, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, 117216, Москва, ул. Грина, д. 7, стр. 1, e-mail: [ostafevo11@yandex.ru](mailto:ostafevo11@yandex.ru).

Куклина А.Г. Фитохимический анализ генеративных органов и листьев *Acer negundo* и *A. platanoides* / А.Г. Куклина, Н.С. Цыбулько // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2020. № 1(57). С. 139-148.