

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

# ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КАШТАНА КОНСКОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) ЦВЕТКОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Дунилин, О.В. Тринеева\*, А.С. Чистякова, А.А. Гудкова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,  
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., 1

**РЕЗЮМЕ.** Изучение химических элементов лекарственного растительного сырья (ЛРС) позволяет решать важные проблемы современной медицины, связанные с дефицитом нутриентов в питании человека. Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.) широко известен своим специфическим (венотропным) действием на организм человека. Анализ литературных данных показал, что на данный момент элементный комплекс цветков конского каштана изучен недостаточно.

**Цель исследования** – изучение элементного состава цветков каштана конского, произрастающего в Воронежской области.

**Материалы и методы.** Объект исследования – высушенные цветки конского каштана, собранные в Воронежской области в период цветения (май 2021 г.), а также почва с места произрастания растения. Минеральный состав исследуемых объектов изучали методом хромато-масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой. Зольность общую и золу, нерастворимую в 10%-ной соляной кислоте, определяли по методике Государственной фармакопеи РФ, XIV изд.

**Результаты.** Исследуемые образцы цветков соответствовали требованиям нормативной документации по общей зольности сырья. В цветках конского каштана содержание элементов находилось в пределах 0,001–15114,44 мг/кг. Среди макроэлементов преобладают кальций (15114,44 мкг/г) и калий (13020,18 мкг/г); в меньшей степени цветки содержат натрий (195,24 мкг/г). Микроэлементы составляют всего 1,16% всего минерального комплекса. Содержание токсичных нормируемых элементов в исследованных образцах ЛРС находилось в пределах допустимого содержания и не превышало в сумме 1,532 мг/кг. Установлено, что цветки конского каштана обладают достаточно высокой способностью к накоплению макроэлементов. Среди токсичных нормируемых элементов в цветках в наибольшей степени накапливается свинец (коэффициент накопления 0,08), однако все они относятся к элементам слабого захвата. Цветки каштана не являются концентраторами токсичных и потенциально токсичных элементов.

**Выводы.** Полученные данные являются актуальными с позиции дальнейших перспектив исследования цветков каштана конского, как нового источника ЛРС для внедрения его в Государственную фармакопею РФ и получения на его основе отечественных безопасных и эффективных ЛРП и БАД венотонизирующего, антиоксидантного и противовоспалительного действия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** цветки каштана конского; элементный состав; хромато-масс-спектропия с индуктивно связанной плазмой.

## ВВЕДЕНИЕ

Альтернативными источниками, способными восполнить баланс необходимых для организма веществ, являются лекарственные растения. Отмечается, что макро- и микроэлементы обладают определенным физиологическим действием при лечении и профилактике заболеваний и содержатся в растительных объектах в биологических концентрациях, что позволяет им легко усваиваться в

организме человека. Изучение элементов лекарственного растительного сырья (ЛРС) позволяет решать важные задачи современной медицины, связанные с дефицитом нутриентов в питании человека (Мирович и др., 2021).

Однако лекарственные растения помимо биоактивных элементов могут содержать и разнообразные соединения антропогенного проис-

\* Адрес для переписки:  
Тринеева Ольга Валерьевна  
E-mail: trineevaov@mail.ru

хождения, например, токсичные и условно токсичные тяжелые металлы, а также мышьяк. Имеются нормы их содержания (свинца, кадмия, мышьяка и ртути) в ЛРС и лекарственных растительных препаратах (ЛРП) (ОФС.1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах») (ГФ РФ XIV, 2018). Наряду с ЛРП, в медицинской практике применяются биологически активные добавки (БАД). Безопасность их использования регламентирована СанПиН 2.3.2.1078-01 (Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01, 2002), где также нормируется содержание тех же токсичных элементов.

Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.) – растение рода Конский каштан (*Aesculus* L.), семейства Конскокаштановые (*Hippocastanaceae* A. Rich.) широко известен своим специфическим (венотропным) воздействием на организм человека. Он повсеместно распространен на территории Российской Федерации. Из литературных источников известно, что фармакологическая активность сырья каштана конского (семян и плодов) связана с содержанием кумаринового гликозида эскулина (эскулозида) и его агликона эскулетина (эсцинола), оксикумаринового гликозида фраксина и его агликона фраксетина, а также тритерпенового сапонинового гликозида  $\beta$ -амиринового ряда – эсцина (до 13%) (Kapusta et. al., 2007; Яцок и др., 2009; Белов, 2020; Курченко и др., 2021). Официальным сырьем каштана являются семена, однако в народной медицине используются и другие части растения, в том числе и цветки. Основной действующей (венотонизирующей) фракцией цветков являются флавоноиды, среди которых идентифицированы производные кемпферола (3-О- $\alpha$ -арабинофуранозид, 3-О- $\beta$ -глюкопиранозид, 3-О- $\alpha$ -рамнопиранозид, 3-О- $\alpha$ -рамнопиранозил(1 $\rightarrow$ 6)-О- $\beta$ -глюкопиранозид) и кверцетина (3-О- $\alpha$ -арабинофуранозид, 3-О- $\beta$ -глюкопиранозид, 3-О- $\alpha$ -рамнопиранозил(1 $\rightarrow$ 6)-О- $\beta$ -глюкопиранозид (Dudek-Makuch et. al., 2011, 2013). В Европе начала девятнадцатого века порошки из коры и плодов применялись против малярии, лихорадок и дизентерии. Настой из цветков использовали при расширении вен, заболеваниях желудочно-кишечного тракта, болезнях печени и простуде (Позняк, 2010; Дунилин, Чистякова, 2021).

Повышенная антропогенная нагрузка в Воронежской области обусловлена наличием большого количества автомобильных магистралей с

высокой транспортной проходимостью, производственных предприятий, разработкой никелевых месторождений и др., что отрицательно сказывается на экологической обстановке (Дьякова, 2022). В связи с этим изучение накопления элементных токсикантов в лекарственных растениях является важной задачей. Анализ литературных данных показал, что на данный момент элементный комплекс цветков каштана конского изучен недостаточно. Кроме того, включение данного сырья в Государственную фармакопею Российской Федерации (ГФ РФ) с целью получения ЛРП на его основе требует оценки безопасности с точки зрения способности к накоплению экотоксикантов, в том числе нормируемых токсичных элементов.

Цель исследования – изучение элементного состава цветков каштана конского обыкновенного, произрастающего в Воронежской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования выступали цветки каштана конского, заготовленные в Воронежской области (центральный район г. Воронежа: 51,68° северной широты и 39,21 восточной долготы) в период цветения (май 2021 г.). Сырье высушивали естественным образом, рассыпав в сухом, проветриваемом месте тонким слоем. Хранение растительного сырья проводили в картонных коробках в сухих помещениях не более двух лет (ГФ РФ XIV, 2018).

Минеральный состав исследуемых объектов изучали методом хромато-масс-спектрологии с индуктивно связанной плазмой с использованием системы «ELAN-DRC». Перед проведением эксперимента, образцы цветков каштана конского подвергали измельчению до размера частиц сырья 0,5–1 мм. Точные навески образцов сырья помещали в патрон из фторопласта и добавляли смесь плавиковой и азотной кислот и далее подвергали кислотному разложению с помощью систем микроволновой пробоподготовки. Пробу трехкратно промывали деионизированной водой. Аликвоту отбирали автоматическим дозатором (1,0 мл), доводили до 10 мл азотной кислотой и использовали для определения элементного состава. Правильность определения контролировали с помощью метода добавок. Для получения рабочих стандартных растворов смешивали несколько опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии (Perkin-

Elmer) (Сливкин, Тринеева, 2016; Овсиенко и др., 2022; Галенко и др., 2022).

Золу общую и золу, нерастворимую в 10%-ной кислоте хлористоводородной, определяли по методикам ОФС ГФ XIV изд. (ГФ РФ XIV, 2018). Все результаты эксперимента статистически обрабатывали по требованиям ОФС ГФ XIV изд. (ГФ РФ XIV, 2018) с применением пакета программного обеспечения «Statistica 12.0» и «Microsoft EXCEL» 2016 г.

Исследовали также почву с места произрастания растения. Отбор почвы проводили в момент заготовки растительного сырья, образцы высушивали до постоянной массы, просеивали через сито с диаметром отверстий 0,5 мм (Рудая и др., 2018.) Для оценки способности цветков данного растения к концентрированию минеральных компонентов рассчитывали коэффициенты биологического накопления.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель общей зольности сырья может быть использован для предварительной оценки общей суммы минеральных компонентов (табл. 1). Содержание золы, нерастворимой в HCl наиболее тесно коррелирует с накоплением тяжелых металлов в растении, так как известно, что хлориды тяжелых металлов (ртуть (II), свинец, серебро, медь и др.) характеризуются очень малой растворимостью в воде. На данное сырье отсутствует нормативная документация (НД), регламентирующая требования к зольности, поэтому для сравнения приведены общие рекомендованные критерии для морфологической группы «цветки» разных видов, представленных в ГФ РФ XIV изд. (ГФ РФ XIV, 2018). Изучаемые образцы цветков соответствовали по данным показателям требованиям НД (табл. 1).

В результате проведенного исследования в изучаемых объектах установлено наличие 64 элементов (табл. 2). Необходимо отметить, что цветки каштана конского содержат достаточно большое количество макроэлементов – 98,83% всего элементного состава (рис. 1).

В цветках каштана конского содержание элементов составило 0,001–15114,44 мг/кг с общим количеством 36369,47 мг/кг. Среди макро-

элементов преобладают кальций (15114,44 мкг/г) и калий (13020,18 мкг/г), в меньшей степени в цветках содержится натрий (195,24 мкг/г). Микроэлементы составляют лишь 1,16% общего минерального комплекса. Преобладающим элементом в этой группе оказался кремний (129,0 мкг/г). В максимальных количествах среди микро- и ультрамикроэлементов обнаружены Al, Fe, Si, Sr, Zn и Mn. Значительная доля элементов определялась в следовых количествах. Концентрации эссенциальных элементов, таких как Fe, Mn, Zn, Cr, Cu, Co, Se составили 24,8; 40,4; 36,37; 3,07; 3,41; 0,16; 0,72 мг/кг соответственно. Содержание условно эссенциальных и потенциально токсичных (Vn, Ni, Sr, Ti, Sb) варьировало от 0,01 до 49,24 мг/кг (Дьякова, 2020). Проведенный анализ позволил составить последовательности уменьшения концентраций элементов в ЛРС и почве с места произрастания:

ЛРС – Ca>K>P>Mg>Na>Si>Al>Sr>Mn>Zn>Fe>Ba>Ti>Rb>Cu>Cr>Mo>Li>Se>Ni>V>Co;

Почва – Ca>K>P>Mg>Na>Si>Al>Sr>Mn>Zn>Fe>Ba>Ti>Rb>Cu>Cr>Mo>Li>Se>Ni>V>Co.

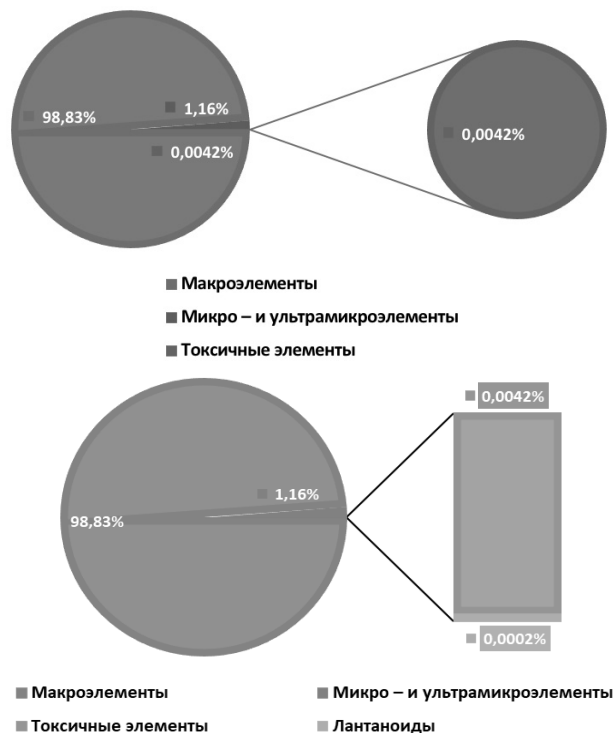


Рис. 1. Соотношение групп элементов в цветках каштана конского

Таблица 1. Результаты оценки золы общей и золы, не растворимой в HCl, цветков каштана конского

2	Показатель	Результат	Нормы по НД
1	Зола общая, %	6,80±0,65	Не более 9–12
2	Зола, нерастворимая в HCl, %	0,40±0,05	Не более 3–5

Таблица 2. Элементный состав цветков каштана конского

Элемент	Цветки каштана, мкг/г	Почва, мкг/г	Коэффициент накопления элемента в ЛРС
1	2	3	4
<i>Макроэлементы</i>			
Na	195,24	3600	0,05
Mg	1279,55	4500	0,28
P	6760,06	610	11,08
K	13020,18	9800	1,33
Ca	15114,44	14 200	1,06
Общее количество	36369,47	32710	–
<i>Микро- и ультрамикроэлементы</i>			
Si*	129	359000	0,0004
Al	123,19	31000	0,04
Fe *	24,8	17400	0,001
Sr	49,24	67	0,73
Mn*	40,4	390	0,1
Zn*	36,37	140	0,26
Ti	4,7	2200	0,002
Ba	6,01	260	0,23
Rb	3,6	53	0,07
Cr*	3,07	36	0,08
Cu *	3,41	21	0,16
Vn *	0,39	7,2	0,05
Li*	0,88	19	0,05
Mo*	1,08	1	1,08
Ni*	0,47	19,5	0,02
Se *	0,72	6,97	0,1
Zr	следы	84	0
Sn	следы	2,3	0
Co*	0,16	7	0,02
Sn	следы	следы	0
Y	0,02	12	0,002
Ga	0,02	9,4	0,002
Nb	0,01	5,9	0,002
Sb	0,01	0,47	0,02
Th	0,007	5,4	0,001
Cs	0,01	2,3	0,004
U	0,008	0,97	0,008
Ge	следы	1,3	0
Bi	0,001	0,21	0,005
Tl	0,004	0,28	0,14
Be	следы	0,91	0
Hf	следы	2,3	0
Ta	следы	0,39	0
W	следы	0,91	0
Au	следы	0,09	0
Общее количество	427,58	410626,8	–

Окончание табл. 2

1	2	3	4
<i>Токсичные элементы</i>			
Pb	1,44	18	0,08
Hg	0,004	0,09	0,04
As	0,08	следы	-
Cd	0,008	0,43	0,02
Общее количество	1,532	18,52	-
<i>Лантаноиды</i>			
La	0,02	19	0,001
Ce	следы	40,2	0
Pr	0,01	4,4	0,002
Nd	0,03	17	0,002
Sm	следы	3,3	0
Eu	следы	0,66	0
Gd	следы	3,2	0
Tb	следы	0,43	0
Dy	следы	2,3	0
Ho	следы	0,39	0
Er	следы	1,3	0
Tm	следы	0,19	0
Yb	следы	1,1	0
Lu	следы	0,15	0
Общее количество	0,06	93,62	-

П р и м е ч а н и е : \* – эссенциальные микроэлементы;  $p < 0,05$  – достоверность различий при сравнении между экспериментальными показателями.

Полученные данные показали незначительный переход элементов в цветки из почвы, что подтверждает литературные сведения о защите растениями своих репродуктивных органов – цветков от накопления в них экотоксикантов (Киреева и др. 2009; Серегин, 2009).

Содержание токсичных нормируемых элементов в изучаемом ЛРС было в пределах допустимого содержания (Pb – 6,0 мг/кг, Cd – 1,0 мг/кг, As – 0,5 мг/кг, Hg – 0,1 мг/кг) и не превышало суммарно 1,532 мг/кг. Содержание этих элементов в цветках убывало в ряду Pb>As>Cd>Hg.

Рассчитав коэффициенты накопления элементов в ЛРС и классифицируя их по Перельману (Перельман, 1975), установили, что цветки каштана конского имеют достаточно высокую способность к аккумуляции макроэлементов, в частности P (элемент энергичного накопления). Менее эффективно аккумулируется в цветках K, Ca и Mo (элементы сильного накопления). Na, Al, Rb, Cr, V, Li, Ni, Co, Sb относятся к элементам слабого захвата. Такие элементы как Mg, Sr, Mn, Zn, Ba, Se и Ta относятся к группе слабого

накопления и среднего захвата. Остальные обнаруженные минеральные компоненты принадлежат группе слабого накопления и очень слабого захвата (Гудкова и др., 2019). Среди токсичных нормируемых элементов в цветках в наибольшей степени накапливается свинец (коэффициент накопления 0,08), однако все они при этом относятся к элементам слабого захвата. Следовательно, при сборе цветков даже от дикорастущих растений, произрастающих в условиях урбобиоценозов, значительного содержания контролируемых элементов в сырье не обнаружится. Распределение элементов в цветках каштана конского по классификации А.И. Перельмана представлено на рис. 2.

В растительном сырье и почвах с места культивирования растения обнаружены элементы, содержащиеся в следовых количествах (Be, Hf, Ta, W, Au, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

Также в следовых количествах в почве выявлены такие элементы как Zr, Ag, Te и Pt, в цветках каштана эти элементы не найдены (Глу-

бокова, Тузилина, 2017). Доли наиболее важных элементов в минеральном комплексе цветков каштана представлены на рис. 3.

В табл. 3 приведены показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) некоторых элементов, установленные для ЛРС в соответствии с Государственной фармакопеей РФ. Сравнивая экспериментальные и литературные данные, можно сделать заключение о том, что все элементы не превышают установленных ПДК и находятся в количествах, значительно ниже порога их токсич-

ности (ГФ РФ XIV, 2018). Известно, что пищевая ценность лекарственных растений включает не только аккумуляция биологически активных соединений, но и наличие жизненно важных для организма человека химических элементов. Результаты оценки пищевой ценности поступления макро- и микроэлементов при использовании цветков каштана приведены в табл. 3. С этой точки зрения данное сырье можно считать источником таких эссенциальных элементов как К, Са, Р, Мп, Сг, Zn и Mg.

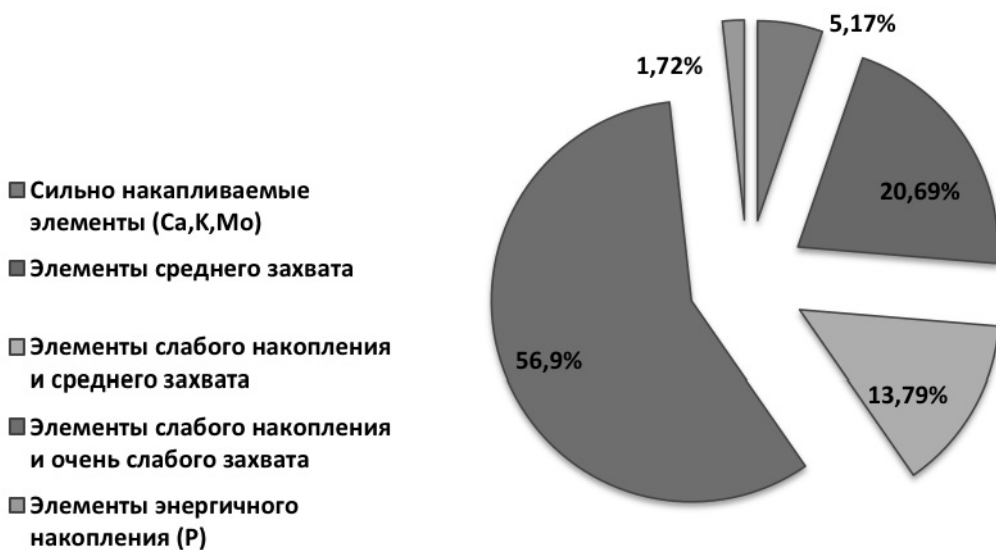


Рис. 2. Распределение элементов в цветках каштана конского по классификации А.И. Перельмана (по Кбп)

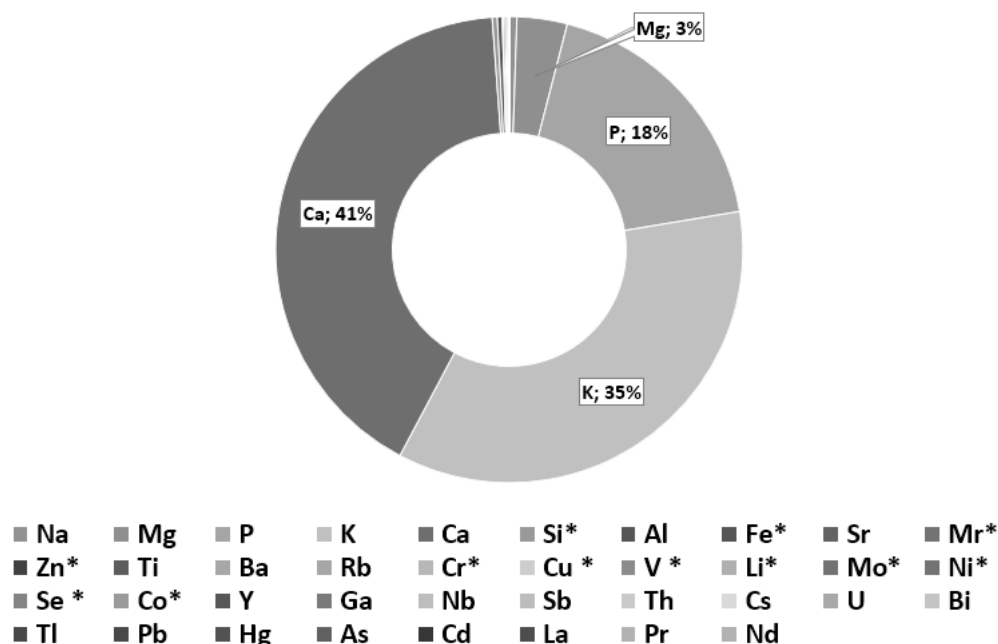


Рис. 3. Доли наиболее важных элементов в минеральном комплексе цветков каштана

Таблица 3. **Предельно допустимые концентрации некоторых макро- и микроэлементов**

Элемент	ПДК, мкг/г	Цветки каштана конского		Литературные данные (Сливкин, Тринеева, 2016)		
		мкг/г	% от суточной потребности в 100 г сырья	Оптимальная физиологическая потребность для взрослого человека в сутки, мг	Порог токсичности, мг/сутки	Всасываемость, %
Fe	–	24,8	14	15,0–20,0	200	10
Cu	–	3,41	15	2,0–2,5	200	50
Ni	–	0,47	6,7	0,6–0,8	20	–
Zn	–	36,37	32	10,0–12,0	600	50
Cr	–	3,07	614	0,05	5	10
Co	–	0,16	11	0,1–0,2	500	30
K	–	13020,18	52	2500	7 г	100
Na	–	195,24	1,6	1100–1300	15 г	–
Mg	–	1279,55	32	400	30 г	30
Ca	–	15114,44	150	800–1200	–	30
P	–	6760,06	84,5	800	–	80
Mn	–	40,4	73,45	5,0–6,0	40	10
Pb	6	1,44	–	–	1,0	–
Hg	0,1	0,004	–	–	10	–
As	0,5	0,08	–	–	0,03	–
Cd	1	0,008	–	–	0,4	–

Таблица 4. **Содержание элементов в цветках и др. органах каштана конского, заготовленных на различных территориях, % от общей суммы**

Элемент	Курская область (Яцок и др., 2017)		Италия (г. Модена) (Durante C. et. al., 2021)	Индия (Mishra M.L. et. al., 2018)	Экспериментальные данные, цветки
	Листья	Цветки	Семена		
<i>Макроэлементы</i>					
Na	0,3	1,0	0,45	–	0,53
K	25,0	25,0	57,35	–	35,38
Ca	10,0	6,0	2,214	1,13	41,07
P	3,0	3,0	32,4	–	18,37
Mg	8,0	3,0	0,33	–	3,48
<i>Микро- и ультрамикроэлементы</i>					
Al	0,60	0,40	0,13	–	0,35
Fe	0,30	0,70	3,63	1,17	0,07
Cu	0,03	0,02	0,157	0,08	0,01
Zn	0,03	0,01	0,077	0,97	0,099
Pb	0,0006	0,0006	–	–	0,0039
Mn	0,10	0,200	0,05	0,07	0,11
V	0,0002	0,0006	–	–	0,0011
Ba	0,040	0,060	–	–	0,016
Ni	0,005	0,004	0,18	–	0,0013
Sr	0,050	0,050	0,091	–	0,13
Cr	0,004	0,003	–	–	0,008
Zr	0,003	0,003	–	–	0
Ga	0,0002	0,0001	–	–	0,00005
Be	0,0006	0,0006	–	–	0

В последние годы установлено активное действие лантанидов на растения (Водяницкий и др., 2016). Долгие годы они рассматривались как биологически инертные элементы для живых организмов. Исследования ученых (Cotruvo J., 2019; He and Qiu, 2022) показали, что La и Ce вызывают окислительный стресс, расход энергии, повреждение ДНК и нарушение мембран растительной клетки, другие специфически встраиваются в бактериальную алкогольдегидрогеназу, нарушая метаболические процессы. Предположительно, лантаноиды не так токсичны, как другие тяжелые металлы, такие как Cd или As, но могут быть хронически токсичными для людей и вызывать долгосрочные побочные эффекты. Во многих растениях уменьшение накопления лантанидов идет в таком порядке: корни > листья > > стебли > цветки/плоды. Полученные данные показали, что на долю лантаноидов приходится всего лишь 0,0002% от комплекса микро- и ультрамикроэлементов цветков каштана.

Для сравнительной оценки полученных результатов содержания различных элементов в цветках и других органах каштана конского представлены данные (табл. 4), имеющиеся в доступных литературных источниках (Яцюк, Елецкая, 2017; Durante et. al., 2021).

В целом для цветков каштана, произрастающего на территории Центрального Черноземья, выявляются общие закономерности накопления отдельных элементов. В частности, наиболее накапливаемыми среди макроэлементов являются К и Са, среди микроэлементов – Al и Mn. Семена, как свидетельствуют данные литературы (Durante et. al., 2021), интенсивно накапливают

макроэлементы, кроме К и Са, Р, а среди микроэлементов – Fe, Ni, Cu и Al (табл. 4). Семена каштана индийского (Mishra et. al., 2018) концентрируют Fe и Zn (табл. 4). Для Центрально-Черноземного региона РФ, не установлено накопление токсичных элементов цветками каштана конского. Следовательно, целесообразным является дальнейшее всестороннее изучение фитохимического состава цветков с целью разработки и внедрения ЛРП на их основе.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать вывод о том, что цветки каштана обладают разнообразным макро- и микроэлементным составом. Анализ данных подтвердил, что цветки каштана не являются концентраторами токсичных и потенциально токсичных элементов, содержание нормируемых тяжелых металлов и As не превышает установленных нормативов. Исследуемое сырье обладает высокой способностью к аккумуляции из почвы различных макроэлементов (Р, К и Са). Более 55% идентифицированных микроэлементов в цветках относятся к элементам слабого накопления и очень слабого захвата.

Полученные данные являются актуальными с позиции дальнейших перспектив исследования цветков каштана конского как нового источника ЛРС, для внедрения его в Государственную фармакопею РФ и получения на его основе отечественных безопасных и эффективных ЛРП и БАД венотонизирующего, капилляроукрепляющего, антиоксидатного и противовоспалительного действия.

## ЛИТЕРАТУРА

- Белов П.В. Фармакогностическое исследование каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) как перспективного источника биологически активных веществ: Диссертация на соискание ученой степени кандидата фармацевтических. Самара, 2020. 164 с.
- Водяницкий Ю.Н., Рогова О.Б. Биогеохимия лантанидов в почвах. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016; 84: 101–118. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-101-118.
- Галенко М.С., Аляутдин Р.Н., Гравель И.В. Применение атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой для анализа тяжелых металлов и мышьяка в настойках. Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2022; 12(2): 173–182.
- Глубокова М.Н., Тузилина Н.В. Изучение аккумуляции ионов тяжелых металлов растениями. Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы: Сборник материалов, Самара, 07 октября 2017 года / ФГБОУ ВО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России; Под редакцией В.А. Куркина. – Самара: Самарский государственный медицинский университет. 2017: 24–28.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Том IV. Москва: Федеральная электронная медицинская библиотека Режим доступа: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4>.
- Гудкова А.А., Чистякова А.С., Сливкин А.И., Сорокина А.А. Сравнительное изучение минерального комплекса травы горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) и горца войлочного (*Persicaria tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell)). Микроэлементы в медицине. 2019; 20(1): 25–42. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42.



Дунилин А.Д., Чистякова А.С. Определение содержания экстрактивных веществ в цветках каштана конского обыкновенного, заготовленного в Воронежской области. Молодежь и наука: шаг к успеху: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 4 томах, Курск, 22–23 марта 2021 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 3. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021: 161–163.

Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбоэкосистемах Воронежской области. Труды КарНЦ РАН. 2020; 5.

Дьякова Н.А. Эколого-фармакогностическая оценка качества травы пустыrnика пятилопастного, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. Традиционная медицина. 2022; 4(70): 44–48.

Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Ерохина Н.И., Григориади А.С. Накопление бенз(а)пирена в системе «Почва растение» при загрязнении нефтью и внесении активного ила. Вестник ОГУ. 2009. 6.

Курченко В.П., Сушинская Н.В., Майорова К.И., Тарун Е.И., Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Фатыхова С.А., Шабуня П.С. Состав биологически активных веществ каштана конского (*Aesculus hippocastanum* L.). Экобиотех. 2021; 4(1): 33–39. DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-1-33-39.

Мирович В.М., Посохина А.А., Петухова С.А., Оленников Д.Н., Дударева Л.В. Компонентный состав фенольных соединений и терпеноидов растительного сбора ангиопротекторного. Химия растительного сырья. 2021. 4: 145–155. DOI: 10.14258/jcrpm.2021049412.

Мирович В.М., Соколова Я.В., Чебыкин Е.П. Исследование элементного состава надземных органов пустыrnика уменьшенного (*Leonurus deminutus* V.KRECZ.), произрастающего в Центральной Сибири. Человек и его здоровье. 2021; 4

Овсиенко С.Е., Кузьмина Н.Е., Щукин В.М., Блинкова Е.А. Оценка методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой степени перехода элементных контаминантов из сопряженных почв в семена тыквы. Химико-фармацевтический журнал. 2022; 56(10): 39–43.

Позняк С.С. Накопление тяжелых металлов в растительности овощных агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова. Вестник МДПУ імя І.П. Шамякіна. 2010; 3: 28.

Рудая М.А., Тринеева О.В., Сливкин А.И. Исследование элементного состава плодов Облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) различных сортов. Микроэлементы в медицине. 2018; 19(3): 49–59. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59.

СанПин 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Введ. 2002-09-01. Режим доступа: <https://docplan.ru/Data2/1/4293855/4293855259.htm>.

Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: автореф. диссертации доктора биологических наук. Москва, 2009. 54 с.

Сливкин А.И., Тринеева О.В. Исследования элементного состава лекарственного растительного сырья методом масс-спектрометрии (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016; 1: 152–156.

Яцюк В.Я., Елецкая О.А. Элементный состав некоторых видов сырья *Aesculus hippocastanum* L. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2017; 26(275): 158–167.

Яцюк В.Я., Сошникова О.В., Брыжа Л.Н. 2009. Исследование биологически активных веществ каштана конского. Актуальные проблемы регионоведения. Курск. 227–228.

Cotruvo J. The Chemistry of Lanthanides in Biology: Recent Discoveries, Emerging Principles, and Technological Applications. ACS Cent. Sci. 2019; 5(9): 1496–1506. DOI: 10.1021/acscentsci.9b00642.

Dudek-Makuch M., Matlawska I. Coumarins in Horse Chestnut flowers. Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research. 2013; 3(70): 517–522.

Dudek-Makuch M., Matlawska I. Flavonoids from the flowers of *Aesculus hippocastanum* L. Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research. 2011; 3(68): 403–408.

Durante C., Cocchi M., Lancellotti L., Maletti L., Marchetti A., Roncaglia F., Sighinolfi S., Tassi L. Analytical Concentrations of Some Elements in Seeds and Crude Extracts from *Aesculus hippocastanum*, by ICP-OES Technique. Agronomy. 2021; 11(1): 47. DOI.org/10.3390/agronomy11010047.

He E., Qiu H. Lanthanum and cerium disrupt similar biological pathways and interact synergistically in *Triticum aestivum* as revealed by metabolomic profiling and quantitative modeling. Journal of Hazardous Materials. 2022; 426: 127831. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127831.

Kapusta I., Janda B., Szajwaj B., Stochmal A., Sonia P., Pizza C., Franceschi F., Franz C., Oleszek W. Flavonoids in Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum*) seeds and powdered waste water by products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007; 55(21): 8485–8490.

Mishra M.L., Sood S., Sood A., Singh B., Gulati A., Shukla U.N. Phyto-nutritional and mineral composition of Indian Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seeds. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018; 7(1): 2159–2162. DOI: 10.1021/jf071709t.

## ELEMENTAL COMPOSITION OF HORSE CHESTNUT (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) FLOWERS GROWING IN VORONEZH REGION

A.D. Dunilin, O.V. Trineeva, A.S. Chistyakova, A.A. Gudkova

Voronezh State University,  
Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394006, Russian Federation

**ABSTRACT.** The study of elements of medicinal plant raw materials (MPRM) allows solving important problems of modern medicine associated with nutrient deficiency in human nutrition. Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) is widely known for its specific (venotropic) effect on the human body. An analysis of the literature data showed that at the moment the elemental complex of horse chestnut flowers has not been studied enough.

**The aim of the study** was study of the elemental composition of flowers of horse chestnut, growing in the Voronezh region.

**Materials and methods.** The objects in the work were dried horse chestnut flowers harvested in the Voronezh region during the flowering period (May 2021), as well as soil from the place where the plant grows. The mineral composition of the studied objects was studied by the method of chromato-mass spectroscopy with inductively coupled plasma. Total ash and ash insoluble in 10% hydrochloric acid were determined according to the methods of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV ed.

**Results.** The studied samples of flowers corresponded to the requirements of regulatory documentation in terms of the total ash content of raw materials. In horse chestnut flowers, the content of elements was in the range of 0.001 - 15114.44 mg/kg. Among the macronutrients, calcium (15114.44  $\mu\text{g/g}$ ) and potassium (13020.18  $\mu\text{g/g}$ ) predominate; in a smaller steppe, flowers contain sodium (195.24  $\mu\text{g/g}$ ). Trace elements make up only 1.16% of the total mineral complex. The content of toxic normalized elements in the studied MMR was within the permissible content and did not exceed a total of 1.532 mg/kg. Calculating the coefficients of accumulation of elements in the MPRM, it was found that horse chestnut flowers have a fairly high ability to accumulate macroelements. Among the toxic normalized elements in flowers, lead accumulates to the greatest extent (accumulation coefficient 0.08), however, all of them are classified as weak capture elements. Chestnut flowers are not concentrators of toxic and potentially toxic elements.

**Conclusions.** The data obtained are relevant from the standpoint of further prospects for the study of horse chestnut flowers, as a new source of medicinal products for its introduction into the State Pharmacopoeia of the Russian Federation and obtaining domestic safe and effective medicinal products and dietary supplements with venotonic, antioxidant and anti-inflammatory effects on its basis.

**KEYWORDS:** horse chestnut flowers; elemental composition; inductively coupled plasma chromato-mass spectroscopy.

### REFERENCES

- Belov P.V. Pharmacognostic study of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) as a promising source of biologically active substances: Dissertation for the degree of Candidate of Pharmaceutical Sciences. Samara. 2020. 164 p. (In Russ.).
- Vodyanitskiy Yu.N., Rogova O.B. Biogeochemistry of lanthanides in soils. Byulleten Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin. 2016; 84: 101-118. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-84-101-118. (in Russ.).
- Galenko M.S., Alyautdin R.N., Gravel I.V. Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry for the Analysis of Heavy Metals and Arsenic in Tinctures. Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya. Regulyatornye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennykh sredstv = Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation. 2022; 12(2): 173-182. (In Russ.) <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2022-12-2-173-182>.
- Glubokova M.N., Tuzilina N.V. Studying the accumulation of heavy metal ions by plants. Pharmaceutical Botany: modernity and prospects: Collection of materials, Samara, October 07, 2017 / Samara State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Edited by V.A. Kurkin. Samara: Samara State Medical University, 2017: 24-28. (In Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. XIV izd. Rezhim dostupa: <https://docs.ruclm.ru/feml/pharma/v14/vol4> (In Russ.).
- Gudkova A.A., Chistyakova A.S., Slivkin A.I., Sorokina A.A. Comparative study of the mineral complex of the herb of the mountaineer pochechuyny (*Polygonum persicaria* L.) and the felt mountaineer (*Persicaria tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell)). Mikroelementy v meditsine = Trace elements in medicine. 2019; 20(1): 25-42. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42 (In Russ.).
- Dunilin, A.D., Chistyakova A.S. Determination of the content of extractive substances in the flowers of horse chestnut harvested in the Voronezh region. Youth and science: a step to success: A collection of scientific articles of the 5<sup>th</sup> All-Russian Scientific Conference of promising developments of young scientists. In 4 vol., Kursk, March 22-23, 2021 / Editor M.S. Razumov. Volume 3. – Kursk: Southwest State University. 2021: 161-163. (In Russ.).

Dyakova N.A. Accumulation of heavy metals and arsenic by heart-shaped linden flowers growing in agro- and urban-eco-systems of the Voronezh region. Proceedings of KarSC RAS. 2020; 5. (In Russ.) <https://cyberleninka.ru/article/n/nakoplenietyazhelyh-metallov-i-myshyaka-tsvetkami-lipy-serdtsevidnoy-proizrastayushey-v-agro-i-urboeko-sistemah-voronezhskoy-oblasti>.

Dyakova N.A. Ecological and pharmacognostic assessment of the quality of motherwort herb five-lobe growing in various urbo- and agrobiocenoses of the Voronezh region. Traditsionnaya meditsina = Traditional Medicine. 2022; 4(70): 44–48. (In Russ.).

Kireeva N.A., Novoselova E.I., Erokhina N.I., Grigoriadi A.S. Accumulation of benz(a)pyrene in the "Soil plant" system during oil pollution and the introduction of activated sludge. Vestnik OGU = Bulletin of OSU. 2009. 6. (In Russ.).

Kurchenko V.P., Sushinskaya N.V., Mayorova K.I., Tarun E.I., Bondaruk A.M., Tsygankov V.G., Fatyhova S.A., Shabunya P.S. Composition of biologically active substances of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). Ecobiotech. 2021; 4(1): 33–39. DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-1-33-39. (In Russ.).

Mirovich V.M., Posokhina A.A., Petukhova S.A., Olennikov D.N., Dudareva L.V. Component composition of phenolic compounds and terpenoids of plant collection of angioprotective. Himiya rastitelnogo sirya = Chemistry of plant raw materials. 2021. 4: 145–155. DOI: 10.14258/jcprm.2021049412. (In Russ.).

Mirovich V.M., Sokolova Y.V., Chebykin E.P. Study of the elemental composition of the aboveground organs of the reduced motherwort (*Leonurus deminutus* V.KREZ.), growing in Central Siberia. Chelovek i ego zdorov'e = Humans and their health. 2021; 4 (In Russ.) <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-elementnogo-sostava-nadzemnyh-organov-pustyrnika-umenshennogo-leonurus-deminutus-v-kresz-proizrastayuschego-v>.

Ovsienko S.E., Kuzmina N.E., Shchukin V.M., Blinkova E.A. Evaluation by inductively coupled plasma mass spectrometry of the degree of transition of elemental contaminants from conjugated soils to pumpkin seeds. Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal = Pharmaceutical Chemistry Journal. 2022; 56(10): 39–43 (In Russ.).

Poznyak S.S. Accumulation of heavy metals in the plant life of vegetable agrophytocenoses in the conditions of technogenic pollution of the soil cover. Vestnik MSPU named after I.P. Shamyakin. 2010; 3: 28. (In Russ.).

Rudaya M.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Investigation of the elemental composition of the fruits of buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) of various varieties. Mikroelementy v meditsine = Trace elements in medicine. 2018; 19(3): 49–59. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59 (In Russ.).

SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. Introduction. 2002-09-01. Rezhim dostupa: <https://docplan.ru/Data2/1/4293855/4293855259.htm> (In Russ.).

Seregin, I.V. Distribution of heavy metals in plants and their effect on growth: avtoref. dissertation Doctor of Biological Sciences. Moscow, 2009. 54 p. (In Russ.).

Slivkin A.I., Trineeva O.V. Studies of the elemental composition of medicinal plant raw materials by mass spectrometry (on the example of leaves of dioecious nettle and fruits of buckthorn). Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2016; 1: 152–156. (In Russ.).

Yatsyuk V.Ya., Yeletskaia O.A. Elemental composition of some raw materials *Aesculus hippocastanum* L. Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy. 2017; 26(275): 158–167 (In Russ.).

Yatsyuk V.Ya., Soshnikova O.V., Bryzha L.N. Research of biologically active substances of horse chestnut. Actual problems of regional studies. Kursk. 2009. 227–228. (In Russ.).

Cotruvo J. The Chemistry of Lanthanides in Biology: Recent Discoveries, Emerging Principles, and Technological Applications. ACS Cent. Sci. 2019; 5(9): 1496–1506. DOI: 10.1021/acscentsci.9b00642.

Dudek-Makuch M., Matlawska I. Coumarins in Horse Chestnut flowers. Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research. 2013; 3(70): 517–522.

Dudek-Makuch M., Matlawska I. Flavonoids from the flowers of *Aesculus hippocastanum* L. Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research. 2011; 3(68): 403–408.

Durante C, Cocchi M, Lancellotti L, Maletti L, Marchetti A, Roncaglia F, Sighinolfi S, Tassi L. Analytical Concentrations of Some Elements in Seeds and Crude Extracts from *Aesculus hippocastanum*, by ICP-OES Technique. Agronomy. 2021; 11(1): 47. DOI.org/10.3390/agronomy11010047.

He E., Qiu H. Lanthanum and cerium disrupt similar biological pathways and interact synergistically in *Triticum aestivum* as revealed by metabolomic profiling and quantitative modeling. Journal of Hazardous Materials. 2022; 426: 127831. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127831.

Kapusta I. Janda B., Szajwaj B., Stochmal A., Sonia P., Pizza C., Franceschi F., Franz C., Oleszek W. Flavonoids in Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum*) seeds and powdered waste water by products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007; 55(21): 8485–8490.

Mishra M.L., Sood S., Sood A., Singh B., Gulati A., Shukla U.N. Phyto-nutritional and mineral composition of Indian Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seeds. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018; 7(1): 2159–2162. DOI: 10.1021/jf071709t.