

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 615.074

doi: 10.17308/sorpchrom.2025.25/12964

### **Исследование аминокислотного состава извлечений из цветков каштана конского различных регионов произрастания**

**Александр Денисович Дунилин, Ольга Валерьевна Тринеева**

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, Россия, trineevaov@mail.ru

**Аннотация.** Аминокислоты играют важную роль в организме, являясь структурными элементами многих органических соединений, выполняющих жизненно важные функции. Аминокислоты поступают в организм различными способами: некоторые аминокислоты могут быть синтезированы самим организмом, а другие поступают в организм через пищевые продукты животного и растительного происхождения. Аминокислоты участвуют в нервной регуляции, влияют на тонус сосудов и используются для лечения различных заболеваний. Изучение лекарственных растений как потенциальных источников легкоусваиваемых аминокислот, играющих важную роль в жизнедеятельности организмов, остается актуальной темой исследований. Целью работы являлось определение вариабельности аминокислотного состава цветков каштана конского различных регионов произрастания в рамках их комплексного фитохимического изучения. При помощи метода тонкослойной хроматографии (ТСХ) было установлено, что профиль свободных аминокислот цветков каштана конского идентичен для сырья, заготовленного в различных регионах произрастания. Наблюдалось 10 зон веществ АК природы, среди которых идентифицированы заменимые АК со значениями  $R_f$  равными: (0.10 – аргинин; 0.32 – пролин; 0.38 – глицин; 0.42 – глутаминовая кислота) и незаменимые АК со значением величин  $R_f$  (0.52 – метионин; 0.62 – лейцин; 0.74 – фенилаланин). А также 3 зоны, неидентифицированных АК со значениями  $R_f$  0.15; 0.26; 0.84. Методом дифференциальной спектрофотометрии было определено содержание суммы свободных аминокислот в пересчете на глутаминовую кислоту и вариабельность данного показателя в цветках каштана конского различных регионов произрастания (от 1.07 до 3.38%). Максимальное накопление данных БАВ отмечено было для цветков каштана, заготовленных в Воронежской области, минимальное – в сырье из Ставропольского края. Полученные результаты показали воспроизводимость состава аминокислот, как веществ первичного метаболизма, в сырье одного вида вне зависимости от совокупности факторов окружающей среды и условий культивирования. Данный показатель, в отличие от количественного содержания, определяется в первую очередь генотипом организма и мало зависит от эколого-географических факторов. Аминокислотный состав может служить дополнительным критерием качества изучаемого сырья, так как любые отклонения от установленных норм заготовки, хранения и сушки цветков, их обработки и экстракции могут сказываться на хроматографическом профиле и количественном содержании суммы. Полученные данные также свидетельствуют о перспективности использования цветков каштана конского и препаратов на их основе в качестве альтернативных источников незаменимых аминокислот.

**Ключевые слова:** цветки каштана конского, аминокислоты, дифференциальная спектрофотометрия, тонкослойная хроматография, эколого-географическая вариабельность состава

**Для цитирования:** Дунилин А.Д., Тринеева О.В. Исследование аминокислотного состава извлечений из цветков каштана конского различных регионов произрастания // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2025. Т. 25, № 2. С. 240-249. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2025.25/12964>

Original article

### **Investigation of the amino acid composition of extracts from horse chestnut flowers from various growing regions**

**Alexander D. Dunilin, Olga V. Trineeva**

Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, trineevaov@mail.ru

© Дунилин А. Д., Тринеева О. В., 2025

**Abstract.** Amino acids play an important role in the body, being the structural elements of many organic compounds that perform vital functions. Amino acids enter the body in various ways: some amino acids can be synthesized by the body itself, while others enter the body through food products of animal and vegetable origin. Amino acids are involved in nervous regulation, affect vascular tone and are used to treat various diseases. The study of medicinal plants as potential sources of easily digestible amino acids, which play an important role in the vital activity of organisms, remains an urgent research topic. The aim of the work was to determine the variability of the amino acid composition of horse chestnut flowers in various growing regions within the framework of their comprehensive phytochemical study. Using the thin-layer chromatography (TLC) method, it was found that the profile of free amino acids of horse chestnut flowers is identical for raw materials harvested in different growing regions. 10 zones of substances of AK nature were observed, among which interchangeable AK with Rf values equal to: (0.10 – arginine; 0.32 – proline; 0.38 – glycine; 0.42 – glutamic acid) and irreplaceable AK with Rf values (0.52 – methionine; 0.62 – leucine; 0.74 – phenylalanine) were identified. As well as 3 unidentified AC zones with Rf values = 0.15; 0.26; 0.84. The differential spectrophotometry method was used to determine the content of the sum of free amino acids in terms of glutamic acid and the variability of this indicator in horse chestnut flowers of various growing regions (from 1.07% to 3.38%). The maximum accumulation of these BAS was noted for chestnut flowers harvested in the Voronezh region, the minimum - in raw materials from the Stavropol Territory. The results obtained showed the reproducibility of the composition of amino acids, as substances of primary metabolism, in raw materials of the same type, regardless of the combination of environmental factors and cultivation conditions. This indicator, unlike the quantitative content, is determined primarily by the genotype of the organism and does not depend much on ecological and geographical factors. The amino acid composition can serve as an additional criterion for the quality of the studied raw materials, since any deviations from the established norms of harvesting, storage and drying of flowers, their processing and extraction can affect the chromatographic profile and the quantitative content of the amount. The obtained data also indicate the prospects of using horse chestnut flowers and preparations based on them as alternative sources of essential amino acids.

**Keywords:** horse chestnut flowers, amino acids, differential spectrophotometry, thin-layer chromatography, ecological and geographical variability of composition

**For citation:** Dunilin A.D., Trineeva O.V. Investigation of the amino acid composition of extracts from horse chestnut flowers from various growing regions. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2025. 25(2): 240-249. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2025.25/12964>

## Введение

На сегодняшний день комплексные исследования малоизученного лекарственного растительного сырья (ЛРС) являются актуальным направлением фармации, имеющим практическое значение и вызывающим научный интерес [1, 2]. Благодаря изучению фармакологических свойств, химического состава, разработке и модернизации методик анализа действующих веществ, входящих в состав ЛРС возможно создание новых эффективных лекарственных растительных препаратов (ЛРП), а также последующий контроль их качества. Многочисленные исследования перспективных источников ЛРС показывают, что аминокислоты (АК), являются широко распространенной группой биологически активных веществ (БАВ) в растительных объектах. В растении они находятся в свободном или связанном виде и их содержание может

достигать до 30% (в пересчете на белок) [3-5]. Объяснить данное явление можно тем, что АК служат составной частью метаболизма растительной клетки и служат основой для синтеза ряда вторичных метаболитов. В организме человека аминокислоты принимают участие в процессе нервной регуляции, влияют на тонус сосудов, применяются для лечения повреждений печени, язвенной болезни желудка, обладают седативным эффектом и другими биологическими свойствами [6-8]. Нельзя не отметить позитивное влияние АК на компонентный состав и терапевтическое действие растительного сырья. Они способны придавать различным молекулам органической и неорганической природы легкоусвояемую, низкотоксичную форму, пролонгировать терапевтический эффект, а также потенцировать фармакологическое действие основных растительных компонентов [9-12].

Исходя из этого актуальность исследования качественного и количественного состава АК в ЛРС несомненна. Для изучения аминокислотного состава растений применяют различные физико-химические методы, отличающиеся высокой чувствительностью, экспрессностью и информативностью. Наиболее распространенными являются методы плоскостной хроматографии (бумажная, тонкослойная), высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), капиллярного электрофореза и спектрофотометрии [14-17]. Тонкослойная хроматография обладает всеми преимуществами хроматографических методов и активно применяется для изучения компонентного состава ЛРС за счет своей дешевизны, селективности и простоте выполнения анализа. ВЭЖХ лежит в основе работы аминокислотного анализатора. Данные устройства позволяют определить содержание каждой аминокислоты в исследуемом объекте. При стандартизации сырья достаточно определить общее содержание аминокислот, поскольку их состав в растениях может варьироваться в зависимости от множества факторов [18]. Для определения суммы свободных АК целесообразно использовать спектральные методы анализа – спектрофотометрия в УФ- и видимой области. В настоящее время существуют высокочувствительные, специфичные и простые спектрофотометрические методики определения суммы свободных аминокислот в ЛРС.

Перспективным лекарственным растением, широко культивируемым в европейской части Российской Федерации, является Каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.). На данный момент согласно нормативной документации официальным ЛРС являются семена каштана конского. В научном поле существуют немногочисленные исследования аминокислотного состава семян, листьев и цветков каштана конского [19-22]. Для формирования представлений о

возможных объемах сырьевой базы с целью обеспечения фармацевтической промышленности исходным доступным отечественным сырьем для производства ЛРП требуется всестороннее исследование каждой группы БАВ в компонентном составе цветков каштана конского, принимая во внимание комплексный характер действия ЛРП на его основе, а также оценка возможности заготовки ЛРС с различных территорий РФ с целью корректного введения числового норматива для стандартизации сырья.

Цель работы – определение вариабельности аминокислотного состава цветков каштана конского различных регионов произрастания в рамках их комплексного фитохимического изучения.

### Экспериментальная часть

Объектом исследования служили высушенные воздушно-теневым методом цветки каштана конского обыкновенного, заготовленные на европейской части РФ (в Петрозаводском городском округе, Ленинградской, Московской, Воронежской, Волгоградской областях и Ставропольском крае) во время цветения в 2023-2024 годах. Районы для заготовки ЛРС выбраны исходя из особенностей естественных ареалов культивирования данного растения, с целью оценки влияния значительно отличающихся природных условий окружающей среды данных регионов на состав и количество АК в цветках каштана конского.

Извлечения из цветков каштана конского получали следующим образом: около 2.5 г измельченного сырья (точная навеска) с размером частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 0.5 мм, помещали в коническую колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, прибавляли 30 см<sup>3</sup> воды очищенной, учитывая коэффициент водопоглощения сырья. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане 30 минут, периодически встряхивая колбу для смыывания частиц сырья со стенок. После

колбу охлаждали до комнатной температуры и фильтровали полученное извлечение через несколько слоев марли, отжимая частицы сырья, в мерную колбу вместимостью 25 см<sup>3</sup>. При необходимости доводили объем до метки водой очищенной [23].

Для идентификации АК методом ТСХ полученные извлечения наносили на стартовую линию хроматографических пластинок марки «Sorbfil» ПТСХ-АФ-А размером 10×15 см (ЗАО «Сорбфил», Краснодарский край, Россия). В качестве подвижной фазы использовали ранее подобранную систему бутанол : уксусная кислота : вода (4:1:2) при высоте пробега элюента не менее 13 см. Проявитель 1,0% раствор нингидрина в спирте, оптимальный объем наносимой пробы водного извлечения из цветков каштана конского, установленный экспериментально составил 2 мкл. В качестве раствора сравнения использовали смесь 0,1% водных растворов стандартных образцов (СО) АК (ЗАО «Вектон», степень чистоты не менее 99%) (аргинин, пролин, глицин, глутаминовая кислота, валин, метионин, лейцин, фенилаланин), объемом – 5 мкл [6, 23, 24].

Для количественного определения суммы свободных АК в цветках каштана конского была использована известная унифицированная методика, с применением спектрофотометрии в аналитическом максимуме 568±2 нм, основанная на измерении оптической плотности продуктов реакции водного извлечения из ЛРС со спиртовым раствором нингидрина. Раствор глутаминовой кислоты (ЗАО «Вектон», степень чистоты не менее 99%) 0.025% использовали в качестве СО в расчетах содержания суммы свободных АК в сырье [25]. Раствором сравнения являлся раствор, состоящий из аналогичной аликвоты извлечения с добавкой аналогичных количеств 0.05% водного раствора аскорбиновой кислоты и фосфатного буферного раствора с pH 6.4.

Совокупные данные о характеристике природных условий в изучаемых регионах

заготовки цветков каштана конского за последние 30 лет (на примере Европейской части РФ) получены с использованием данных официальных сайтов [26-35].

### Обсуждение результатов

Первым этапом работы являлся предварительный скрининг свободных АК, извлекаемых водой, в цветках каштана конского различных регионов заготовки. Экспериментально был установлен оптимальный объем пробы извлечений из цветков каштана, наносимый на пластинку – 2 мкл. Данный объем проб позволил добиться селективности сорбции, воспроизводимости результатов исследования и качественного разделения зон на хроматографической пластинке. Для каждой хроматографической зоны были рассчитаны величины  $R_f$  в сравнении с СО: 0.1% водными растворами аргинина, глицина, глутаминовой кислоты, пролина, фенилаланина, метионина, валина и лейцина (таблица 1).

В результате анализа в водных извлечениях из цветков каштана конского вне зависимости от региона заготовки сырья обнаружилось 10 зон, которые по окраске пятен и величинам  $R_f$  в сравнении с СО были отнесены к группе АК (рис. 1).

Оценивая полученные результаты, следует отметить, что качественный состав АК изучаемого сырья из различных регионов оказался идентичен. На хроматограммах извлечений идентифицированы сопоставимые зоны заменимых АК со значениями  $R_f$  равными: (0.10 – аргинин; 0.32 – пролин; 0.38 – глицин; 0.42 – глутаминовая кислота) и незаменимых АК со значением величин  $R_f$  (0.52 – метионин; 0.62 – лейцин; 0.74 – фенилаланин). А также 3 зоны, неидентифицированных АК со значениями  $R_f$ =0.15; 0.26; 0.84.

Для количественного определения суммы свободных АК в цветках каштана конского была использована известная унифицированная методика, с применением дифференциальной спектрофотометрии в аналитическом максимуме

Таблица 1. Интерпретация хроматографической картины разделения зон свободных АК извлечений из цветков каштана конского (на примере сырья, заготовленного в Воронежской области)  
Table 1. Interpretation of the chromatographic pattern of separation of zones of free AK extracts from horse chestnut flowers (using the example of raw materials harvested in the Voronezh region)

№ зоны	Величина $R_f \pm 0,02$	Идентификация АК	Заменимость АК
1	0.10	аргинин	заменимая АК
2	0.15	Неидентифицированная АК	-
3	0.26	Неидентифицированная АК	-
4	0.32	Пролин	заменимая АК
5	0.38	Глицин	заменимая АК
6	0.42	Глутаминовая кислота	заменимая АК
7	0.52	Метионин	незаменимая АК
8	0.62	Лейцин	незаменимая АК
9	0.68	Фенилаланин	незаменимая АК
10	0.84	Неидентифицированная АК	-

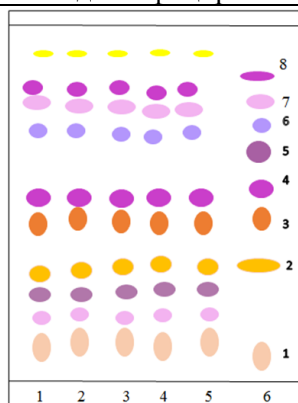


Рис. 1. ТСХ-схема разделения зон аминокислот водных извлечений из цветков каштана конского различных регионов произрастания после проявления 1% спиртовым раствором нингидрина: 1 – Воронежская область; 2 – Московская область; 3 – Ставропольский край; 4 – Ленинградская область; 5 – Волгоградская область; 6 – смесь 0.1%-ных водных растворов СО АК: 1 – аргинин; 2 – пролин; 3 – глицин; 4 – глутаминовая кислота; 5 – валин; 6 – метионин; 7 – лейцин; 8 – фенилаланин

Fig. 1. TLC-scheme of separation of amino acid zones of aqueous extracts from horse chestnut flowers of various growing regions after manifestation with 1% alcohol solution of ninhydrin: 1 – Voronezh region; 2 – Moscow region; 3 – Stavropol Territory; 4 – Leningrad region; 5 – Volgograd region; 6 – a mixture of 0.1% aqueous solutions with AK: 1 – arginine; 2 – proline; 3 – glycine; 4 – glutamic acid; 5 – valine; 6 – methionine; 7 – leucine; 8 – phenylalanine

568±2 нм, основанная на измерении оптической плотности продуктов реакции АК водного извлечения из ЛРС с 1% спиртовым раствором нингидрина (рис. 2). Параллельно был получен спектр поглощения продуктов реакции 0.025% раствора СО глутаминовой кислоты с аналогичным реагентом. На всех спектрах присутствовал максимум поглощения при длине волны 568±2 нм, что говорит о присутствии свободной глутаминовой кислоты

в исследуемых объектах, что также согласуется с данными ТСХ-анализа (табл. 1).

Содержание суммы свободных АК, в пересчете на глутаминовую кислоту в цветках каштана конского различных регионов произрастания представлен в табл. 2.

Расчет метрологических характеристик результатов определения (на примере цветков каштана конского, заготовленных на территории Воронежской об

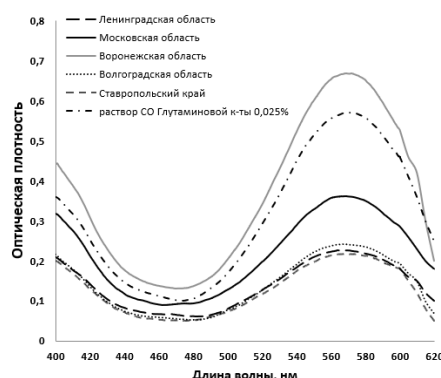


Рис. 2. Спектры поглощения продуктов реакции водных извлечений из цветков каштана конского различных регионов произрастания и СО глутаминовой кислоты со спиртовым раствором нингидрина

Fig. 2. Absorption spectra of the reaction products of aqueous extracts from horse chestnut flowers of various growing regions and CO-glutamic acid with an alcoholic solution of ninhydrin

Таблица 2. Результаты определения суммы свободных аминокислот (в пересчете на глутаминовую кислоту и абсолютно сухое сырье) в цветках каштана конского различных регионов произрастания

Table 2. The results of determining the amount of free amino acids (in terms of glutamic acid and absolutely dry raw materials) in horse chestnut flowers of various growing regions

№ п/п	Регион произрастания	Содержание, %
1	Ленинградская область	$1.18 \pm 0.05$
2	Московская область	$1.94 \pm 0.08$
3	Воронежская область	$3.38 \pm 0.14$
4	Волгоградская область	$1.19 \pm 0.05$
5	Ставропольский край	$1.07 \pm 0.04$

ласти) показал, что средняя относительная ошибка с доверительной вероятностью 95% составляет около 4.15%, т.е. находится в пределах случайной ошибки (таблица 3).

Было установлено, что количественное содержание суммы свободных аминокислот в цветках каштана конского варьирует в зависимости от региона произрастания (от 1.07 до 3.38%). Можно предположить, что числовые показатели содержания суммы свободных аминокислот могут зависеть от совокупности естественных и антропогенных факторов в месте произрастания производящего растения. Так, наибольшее содержание суммы свободных аминокислот в пересчете на глутаминовую кислоту наблюдалось в сырье, заготовленном в Воронежской области (3.38%), а минимум содержания обнаружен в цветках каштана, произрастающих в Ставропольском крае

(1.07%). Если проанализировать совокупность влияния климатических факторов на накопление данной группы БАВ в изучаемом сырье (рис. 3), можно сделать заключение об отсутствии прямой зависимости от какого-либо отдельно взятого показателя. Благоприятное оптимальное сочетание условий произрастания, способствующее наибольшему накоплению свободных АК в цветках каштана конского, приходится на зону Центрального Черноземья.

Для оценки влияния изменчивости такого обсуждаемого признака как накопление свободных АК в цветках, в зависимости от совокупности погодных условий, проводили определение показателя в сырье, заготовленном в разные годы в рамках одного региона произрастания (на примере Воронежской области 2022 года сбора).

Таблица 3. Метрологическая характеристика результатов количественного определения суммы свободных аминокислот в пересчете на глутаминовую кислоту в цветках каштана конского ( $P=95\%$ ;  $n=6$ )

Table 3. Metrological characteristics of the results of quantitative determination of the amount of free amino acids in terms of glutamic acid in horse chestnut flowers ( $P=95\%$ ;  $n=6$ )

$X_{\text{ср}}$	$S^2$	$S$	$S_{\text{хср}}$	$\Delta X$	$\Delta X_{\text{ср}}$	$\varepsilon, \%$	$\varepsilon_{\text{ср}}, \%$
3.3839	0.01792	0.13386	0.05465	0.34403	0.14045	10.17	4.15

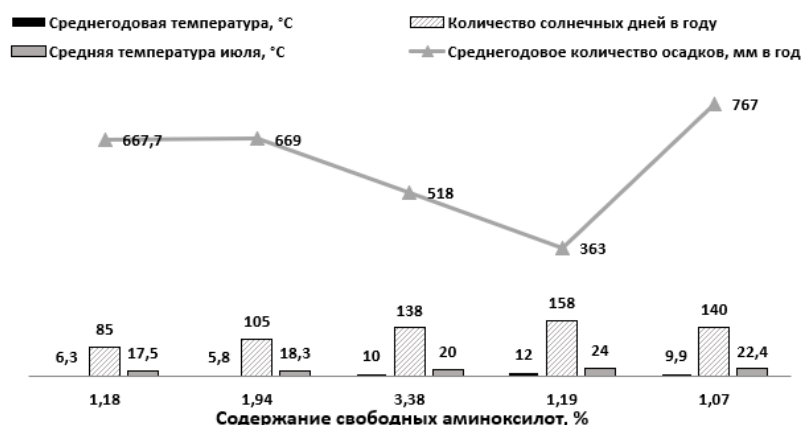


Рис. 3. Влияние климатических факторов на накопление свободных АК в цветках каштана конского различных регионов произрастания

Fig. 3. The influence of climatic factors on the accumulation of free AC in the flowers of horse chestnut in various growing regions

Полученные результаты показали, что содержание свободных АК в цветках каштана конского составило  $2.25 \pm 0.07\%$ .

### Закключение

Таким образом, исследован качественный состав свободных АК цветков каштана конского, заготовленных в различных регионах методом ТСХ. Наблюдалось 10 зон веществ АК природы, среди которых идентифицированы заменимые АК со значениями  $R_f$  равными: (0.10 – аргинин; 0.32 – пролин; 0.38 – глицин; 0.42 – глутаминовая кислота) и незаменимые АК со значением величин  $R_f$  (0.52 – метионин; 0.62 – лейцин; 0.74 – фенилаланин). А также 3 зоны, неидентифицированных АК со значениями  $R_f = 0.15$ ; 0.26; 0.84. Полученные результаты показали воспроизводимость состава аминокислот, как веществ первичного метаболизма, в сырье одного вида вне зависимости от совокупности факторов окружающей среды и условий культивирования. Данный показатель, в отличие от количественного

содержания, определяется в первую очередь генотипом организма и мало зависит от эколого-географических факторов. Результаты, характеризующие профиль АК методом ТСХ, могут использоваться в качестве экспрессного метода оценки доброкачественности ЛРС. Определено количественное содержание суммы свободных АК в пересчете на глутаминовую кислоту методом дифференциальной спектрофотометрии в аналитическом максимуме  $568 \pm 2$  нм. Согласно проведенным исследованиям, содержание суммы свободных АК в цветках каштана конского варьировало в зависимости от региона произрастания (от 1.07 до 3.38%). Максимум содержание суммы АК отмечено в цветках каштана, заготовленных в Воронежской области, минимум же, в свою очередь, в сырье из Ставропольского края. Благоприятное оптимальное сочетание условий произрастания, способствующее наибольшему накоплению свободных АК в цветках каштана конского, приходится на зону



Центрального Черноземья. Полученные данные также свидетельствуют о перспективности использования цветков каштана конского и препаратов на их основе в качестве альтернативных источников незаменимых аминокислот.

### Список литературы/References

1. Gudkova A.A., Shestakova G.Yu., Chistyakova A.S., Slivkin A.I., Aminokislotnyi sostav Polemonium coeruleum L, *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology, Pharmacy*, 2021; (3): 86-92. (In Russ.)
2. Selina I.I. Sravnitel'noe izuchenie aminokislotnogo sostava list'ev shelkovitsy chernoi (*Morus nigra* L.), shelkovitsy beloï (*Morus alba* L.) i shelkovitsy krasnoi (*Morus rubra* L.), *Fundamental research*, 2014; (3-4): 770-774. (In Russ.)
3. Trineeva O.V., Slivkin A.I., Dmitrieva A.V. Opredelenie aminokislot v plodakh oblepikhi krushinovidnoi razlichnykh sposobov konservatsii, *Development and registration of medicines*, 2014; 4(9): 136-142. (In Russ.)
4. Imachueva D.R., Serebryanaya F.K. Rezul'taty sravnitel'nogo aminokislotnogo analiza vidov roda kopechnik, proizrastayushchikh na territorii Severnogo Kavkaza, *Kursk scientific and practical bulletin of Man and his health*, 2020; (1): 82-88. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2020-1/10> (In Russ.)
5. Trineeva O.V., Slivkin A.I., Dmitrieva A.V. Opredelenie summy svobodnykh aminokislot v list'yakh krapivy dvudomnoi, *Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry*, 2015; (5): 19-25. (In Russ.)
6. Gudkova A.A., Chistyakova A.S., Sorokina A.A., et al. Izuchenie profilya aminokislot gortsa pochechuinogo travy (*Polygoni persicariae* herba), *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2018; (4): 195-200. (In Russ.)
7. Chistyakova A.S., Gudkova A.A., Sorokina A.A. Aminokislotnyi sostav

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

gortsev ryada *Amphibiae Kom, Pharmacy*, 2020; 69(6): 31-37. <https://doi.org/10.29296/25419218-2020-06-06> (In Russ.)

8. Nedil'ko O.V., Yanitskaya A.V. Izuchenie aminokislotnogo sostava nadzemnoi i podzemnoi chastei solodki goloi, *Chemistry of vegetable raw materials*, 2020; (1): 251-256. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014678> (In Russ.)

9. Kovaleva N.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Razrabotka i validatsiya metodiki opredeleniya aminokislot v list'yakh oblepikhi krushinovidnoi, *Biopharmaceutical Journal*, 2023; 15(1): 47-52. <https://doi.org/10.30906/2073-8099-2023-15-1-47-52> (In Russ.)

10. Normakhamatov N.S., Mulla-zhonova M.T., Toshtemirova Ch.T., Turaboev A.A. u. Izuchenie aminokislotnogo i vitaminного sostava list'ev shalfeya lekarstvennogo - *Salvia officinalis* L., kul'tiviruемого v Uzbekistane, *Universum: Medicine and Pharmacology*, 2024; 3-2(108): 40-47. <https://doi.org/10.32743/UniMed.2024.108.3.16988> (In Russ.)

11. Umarova G.N., Guseinova G.A., Lepekhina I.E. Kolichestvennoe opredelenie summy aminokislot v list'yakh *Stevia rebaudiana Bertoni*, Actual problems of science, production and chemical education: Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference, Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, November 28-30, 2022, Astrakhan, 2023. pp. 21-23. (In Russ.)

12. Yarygina T.I., Pecherskaya L.G., Reshetnikova M.D., Klyasheva O.N. Razrabotka metodiki opredeleniya summy svobodnykh aminokislot v trave khvoshcha



polevogo i trave khvoshcha bolotnogo, *Modern problems of science and education*, 2015; 1-2: 230. (In Russ.)

13. Velieva G.A., Khalilova R.N., Zukhairaeva A.S. Kolichestvennoe opredelenie summy aminokislot v list'yakh stevii (*Stevia rebaudiana bertonii*), *Innovative science*, 2015; 9(9): 27-30. (In Russ.)

14. Trineeva O.V., Slivkin A.I., Safonova E.F. Optimizatsiya uslovii kolichestvennogo opredeleniya glutaminovoi kisloty metodom tonkosloinoi khromatografii, *Chemical and Pharmaceutical journal*, 2017; 51(7): 60-64. (In Russ.)

15. Abdulkadyrova E.I., Akhadova D.A., Sergaliev M.U., et al. Kolichestvennoe opredelenie summy aminokislot v kore *Salix carpea* L, II International Scientific Conference «The role of metabolomics in the improvement of biotechnological means of production» in the field of «Metabolomics and quality of life», June 06-07, 2019, M., 467-471. (In Russ.)

16. Adzhiakhmetova S.L., Chervonnaya N.M., Pozdnyakov D.I., Oganessian E.T. Izuchenie summarnogo sodержaniya antioksidantov, polisakharidov, elementnogo sostava i aminokislot rastitel'nogo syr'ya smorodiny chernoi, *Chemistry of vegetable raw materials*, 2021; 3: 265-274. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021037774> (In Russ.)

17. Sannikova, E.G. Farmakognosticheskoe izuchenie ivy trekhtychinkovoi (*Salix triandra* L.), proizrastayushchei na Severnom Kavkaze. Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata farmatsevticheskikh nauk, 2019: 467-471. (In Russ.)

18. Kruglaya A.A. Izuchenie aminokislotnogo sostava v nadzemnoi chasti devyasila glazkovogo [*Inula oculushristil.*], *Medical and pharmaceutical journal Pulse*, 2021; 23(4): 82-87. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-4-82-87> (In Russ.)

19. Postoyuk N.A., Markaryan A.A., Dargaeva T.D., Sokol'skaya T.A. Metodika

kolichestvennogo opredeleniya summy aminokislot v liste kashtana konskogo obyknovennogo, New tasks of modern medicine: Proceedings of the International Scientific Conference, January 20-23, 2012, Perm, 2012: 139-141. (In Russ.)

20. Chistyakova A.S., Bolgov A.S., Dunilin A.D. Analiz svobodnykh aminokislot kashtana konskogo obyknovennogo tsvetkov, Ways and forms of improving pharmaceutical education. Topical issues of the development and research of new medicines: Proceedings of the 9th International Scientific and Methodological Conference. Dedicated to the 25th anniversary of the establishment of the Faculty of Pharmacy at Voronezh State University, September 28-29, Voronezh, 2023: 424-427. <https://doi.org/10.17308/978-5-9273-3827-6-2023-424-427>. (In Russ.)

21. Chistyakova A.S., Dunilin A.D., Trineeva O.V., et al. Izuchenie organicheskikh kislot i aminokislotnogo sostava kashtana konskogo tsvetkov, *Development and registration of medicines*, 2024; 13(2) 125-132. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1611> (In Russ.)

22. Kolyada I.A., Boikova O.I. Soderzhanie aminokislot v semenakh kashtana konskogo obyknovennogo, proizrastayushchego v Tul'skoi oblasti, *News of Science and Education*, 2018; 1(3): 021-023. (In Russ.)

23. Trineeva O.V., Sinkevich A.V., Slivkin A.I. Issledovanie aminokislotnogo sostava izvlechenii iz rastitel'nykh ob'ektov, *Chemistry of vegetable raw materials*, 2015; (2): 141-148. (In Russ.)

24. Trineeva O.V., Safonova E.F., Sinkevich A.V. et al. Assay of Amino Acids in Medicinal Plants by TLC (Using Stinging Nettle Leaves and Common Sea Buckthorn Fruits as Examples), *Pharm Chem.*, 2015; 49: 323-328. <https://doi.org/10.1007/s11094-015-1278-9> (In Russ.)

25. Oleshko G.I., Yarygina T.I., Zorina E.V., Reshetnikova M.D. Razrabotka unifikirovannoi metodiki kolichestvennogo



opredeleniya summy svobodnykh aminokislot v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i ekstraktsionnykh preparatakh, *Pharmacy*, 2011; (3): 14-17. (In Russ.)

26. Klimaticheskoe raionirovanie. Available at: <https://nationalatlas.ru/tom2/146-150.html> (accessed 23 November 2024).

27. Edinyi gosudarstvennyi reestr pochnennykh resursov Rossii. Available at: <https://egrpr.esoil.ru/content/2poc.html> (accessed 23 November 2024).

28. FGBU «Severo-Zapadnoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy». Available at: [www.meteo.nw.ru](http://www.meteo.nw.ru) (accessed 23 November 2024).

29. Geoinformatsionnaya sistema «Meteo izmereniya onlain». Available at: [https://thermo.karelia.ru/weather/w\\_precips.shtml](https://thermo.karelia.ru/weather/w_precips.shtml) (accessed 25 November 2024).

30. Klimaticheskie usloviya Moskovskoi oblasti. Available at: <https://weatherarchive.ru/Pogoda/Moscow?ysclid=lu4cbzhrs202423709> (accessed 03 November 2024).

31. 365 po Tsel'siyu. Rezhim Available at: [https://pogoda.365c.ru/russia/voronezh/po\\_mesyacam?ysclid=lu4dwlcen5803644606](https://pogoda.365c.ru/russia/voronezh/po_mesyacam?ysclid=lu4dwlcen5803644606) (accessed 25 November 2024).

32. Klimaticheskie usloviya Voronezhskoi oblasti. Available at: <https://hik-ersbay.com/climate-conditions/russia/voronezh/klimaticheskie-usloviya-v-voronezh.html?lang=ru> (accessed 25 November 2024).

33. Klimaticheskie usloviya Volgogradskoi oblasti. Available at: <https://hik-ersbay.com/climate-conditions/russia/volgograd/klimaticheskie-usloviya-v-volgograd.html?lang=ru> (accessed 25 November 2024).

34. Klimat Stavropol'skogo kraja. Available at: <https://ru.climate-data.org/азия/российская-федерация/ставропольский-край/ставрополь-884/> (accessed 25 November 2024).

35. Kolichestvo solnechnykh dni. Available at: <https://anyroad.ru/city/weather/sunnydays/санкт-петербург,ленинградская-область> (accessed 25 November 2024).

### Информация об авторах / Information about the authors

**А.Д. Дунилин** – аспирант кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**A.D. Dunilin** – Postgraduate student of the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, +7(920)2100405, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6792-6877>, E-mail: [ad.dunilin@gmail.com](mailto:ad.dunilin@gmail.com)

**О.В. Тринеева** – д.фарм.н., проф. кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**O.V. Trineeva** – Doctor of Pharmacy, Professor of the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, +7(951)5494332, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>, E-mail: [trineevaov@mail.ru](mailto:trineevaov@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 09.12.2024; одобрена после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 16.04.2025.

The article was submitted 09.12.2024; approved after reviewing 15.04.2025; accepted for publication 16.04.2025.