

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ТРАВой ГОРЦА ПТИЧЬЕГО СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Селиванова, А.И. Сливкин, А.А. Вервикина, Н.А. Дьякова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (Воронеж, Россия)

**Для цитирования:** Селиванова Ю.А., Сливкин А.И., Вервикина А.А., Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего синантропной флоры Ростовской области. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2022;22(4):58-62. doi: 10.55531/2072-2354.2022.22.4.58-62

### ■ Сведения об авторах

Селиванова Ю.А. – аспирант, ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии.

ORCID: 0000-0002-1204-927X E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru

Сливкин А.И. – д-р фарм. наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии.

ORCID: 0000-0001-6934-0837 E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Вервикина А.А. – студентка 3 курса фармацевтического факультета. ORCID: 0000-0002-5971-1953 E-mail: alisa.vervikina@yandex.ru

Дьякова Н.А. – канд. биол. наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии.

ORCID: 0000-0002-0766-3881 E-mail: ninochka\_v89@mail.ru

Рукопись получена: 29.09.2022

Рецензия получена: 07.11.2022

Решение о публикации: 11.11.2022

### ■ Аннотация

**Цель** – изучение особенностей накопления флавоноидов в траве горца птичьего синантропной флоры Ростовской области.

**Материалы и методы.** Для проведения исследований было выбрано несколько точек отбора образцов ЛРС в Морозовском районе Ростовской области. Заготовку травы горца птичьего проводили рядом с крупной автомагистралью М-21, нескоростной автомобильной дорогой с неоживленным движением и железнодорожной магистралью Северо-Кавказской железной дороги. Отбор образцов был проведен на расстоянии от 1 до 300 метров с шагом в 100 метров. Выбор территорий заготовки определен отсутствием точной и достоверной информации о накоплении биологически активных веществ в ЛРС в зависимости от удаленности от автомагистралей и железных дорог. Дополнительно проводили заготовку травы горца птичьего в экологически чистых местностях, которые находятся в значительной удаленности от объектов антропогенного воздействия (зоны контроля).

**Результаты.** Изучение растительного сырья, заготовленного вдоль нескоростной автомобильной дороги с неоживленным движением, показало наличие прямой зависимости по снижению содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин при увеличении расстояния от транспортной магистрали. Результаты, полученные в ходе исследования образцов, заготовленных вдоль автомагистрали М-21 и железнодорожной магистрали, также отражают зависимость индукции фенольных соединений в ЛРС от его произрастания вблизи автомагистрали. Однако в условиях удаленности от источника антропогенного воздействия на 200 метров и более происходит снижение содержания флавоноидов, которое примерно равно их содержанию в сырье, заготовленном в контрольных зонах.

**Выводы.** Умеренное антропогенное воздействие, которое характеризуется выбросом в окружающую среду различных экотоксикантов, может индуцировать биосинтез флавоноловых соединений.

■ **Ключевые слова:** горец птичий, флавоноиды, авикулярин.

■ **Конфликт интересов:** не заявлен.

### ■ Список сокращений

ЛРС – лекарственное растительное сырье.

## THE STUDY OF FLAVONOIDS ACCUMULATION BY THE HERB POLYGONUM AVICULARE OF THE SYNANTHROPIC FLORA OF THE ROSTOV REGION

Yuliya A. Selivanova, Aleksei I. Slivkin, Alisa A. Vervikina, Nina A. Dyakova

Voronezh State University (Voronezh, Russia)

**Citation:** Selivanova YuA, Slivkin AI, Vervikina AA, Dyakova NA. The study of flavonoids accumulation by the herb *Polygonum aviculare* of the synanthropic flora of the Rostov Region. *Aspirantskiy vestnik Povolzhya*. 2022;22(4):58-62. doi: 10.55531/2072-2354.2022.22.4.58-62

### ■ Information about authors

Yuliya A. Selivanova – a postgraduate student, an assistant of the Department of Pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology.

ORCID: 0000-0002-1204-927X E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru

Aleksey I. Slivkin – PhD, Professor, Head of the Department of Pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology.

ORCID: 0000-0001-6934-0837 E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Alisa A. Vervikina – a 3rd-year student of the Faculty of Pharmacy. ORCID: 0000-0002-5971-1953 E-mail: alisa.vervikina@yandex.ru

Nina A. Dyakova – PhD, Associate professor, Department of Pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology.

ORCID: 0000-0002-0766-3881 E-mail: ninochka\_v89@mail.ru

Received: 29.09.2022

Revision Received: 07.11.2022

Accepted: 11.11.2022

### ■ Abstract

**Aim** – to study the flavonoid accumulation peculiarities in the birdweed herb (*Polygonum aviculare*) harvested in the Rostov Region.

**Material and methods.** Several raw material sampling areas in the Morozovsky District of the Rostov Region were selected for

the study. The birdweed grass was harvested near a major highway M-21 (IA category), a low-speed road (IV category) with little traffic, and a railway line of the North Caucasus Railway. The sampling was conducted at distances from 1 to 300 meters at 100-meter intervals. The choice of harvesting areas was determined by the lack of accurate and reliable information on the accumulation of biologically active substances in the raw material depending on the distance from highways and railroads. In addition, we harvested the birdweed grass in ecologically clean areas far away from the objects of anthropogenic impact (control areas).

**Results.** The study of the plant raw material harvested along a low-speed road with little traffic revealed a direct correlation in the reduction of flavonoid content, in terms of avicularin, with increasing distance from the road. The results obtained in the study of samples harvested along the highway M-21 and the railway line also reflected the dependence of the induction of phenolic compounds in the raw material on its growth near the highway. However, in conditions of remoteness from a source of anthropogenic impact on 200 meters and more, there was a decrease in the content of flavonoids, which was approximately equal to their content in the raw material harvested in the control areas.

**Conclusion.** A moderate anthropogenic impact, which is characterized by the release of various ecotoxicants into the environment, can induce the biosynthesis of flavonol compounds.

- **Keywords:** birdweed, *Polygonum aviculare*, flavonoids, avicularin.
- **Conflict of interest:** *nothing to disclose.*

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих столетий главным источником для производства лекарственных веществ являлось сырье природного происхождения [1]. В настоящее время также большое внимание уделяется развитию и применению лекарственных растительных средств, о чем свидетельствует тенденция расширения ассортимента отечественных фитопрепаратов. Это объясняется тем, что лекарственное растительное сырье (ЛРС) при довольно высокой фармакологической эффективности обладает меньшей токсичностью, не вызывает привыкания и редко вызывает аллергические реакции [2]. Значительная часть заготовок ЛРС происходит в европейской части России, которая характеризуется довольно высокой плотностью населения, активной хозяйственной деятельностью, а также развитием автомобильных и железнодорожных магистралей. В связи с этим все более актуальным и насущным становится вопрос о выявлении степени влияния антропогенного воздействия на химический состав ЛРС и возможности их сбора в различных регионах Российской Федерации [3].

Горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) – это синантропный вид, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей. Он представляет собой однолетнее травянистое растение высотой до 30 см, которое встречается как сорняк почти по всей территории России. Произрастает вдоль дорог, тропинок, на полях и огородах, по пустырям. Установлено, что горец птичий применяется в качестве диуретического средства, обладает камнеразрыхляющим и желчегонным свойствами [4]. При гематурии его используют в качестве кровоостанавливающего средства [5]. Известно также о вяжущем, спазмолитическом и противовоспалительном действии горца птичьего [6]. Столь широкое применение обусловлено довольно богатым химическим составом травы горца птичьего, преобладающей частью которого являются флавоноиды, среди которых преобладает авикулярин, а также аскорбиновая кислота, каротиноиды, фенолкарбоновые кислоты. Среди сопутствующих веществ выделяют соединения кремниевой кислоты и витамин К [4, 7].

Известно, что флавоноиды принадлежат к классу вторичных метаболитов растений, имеющих полифенольную структуру, которые вырабатываются в ответ на различные биотические и абиотические факторы. Биохимическая роль флавоноидов в растении разнообразна: от цветочной пигментации до участия в процессах роста и защиты от болезней [8]. Важным и малоизученным фактором, который оказывает влияние на синтез вторичных метаболитов, является антропогенное воздействие на лекарственные растения. Особенную роль играет факт, что в ответ на увеличение антропогенной нагрузки индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов, которые играют важную роль в адаптации растений к изменяющимся условиям. При этом установлено, что некоторые вторичные метаболиты, например, фенольные соединения, могут являться хелаторами и принимать участие в детоксикации загрязняющих веществ в растительном организме. Поэтому повышение их содержания является одной из неспецифических реакций на стрессовое воздействие окружающей среды [9, 10].

Ростовская область является важным поставщиком ЛРС Южного федерального округа России. На территории региона произрастает и заготавливается около 48 видов лекарственных растений из 23 семейств [11]. За последние 5 лет количество автомобильного транспорта в Ростовской области возросло, произошло заметное увеличение площади твердого покрытия дорог, что значительно повлияло на динамику антропогенной нагрузки на прилегающие территории [12]. В связи с мощным ростом количества автомобильного транспорта и охвата железнодорожного сообщения в рамках Ростовской области происходит сокращение площадей естественных экотопов и формирование эдафотипов растений, приспособляющихся к антропогенной нагрузке. Поэтому исследование синантропной флоры региона является важным звеном в рассмотрении проблемы фармацевтической экологии ЛРС в целом.

## ЦЕЛЬ

Изучение накопления флавоноидов в траве горца птичьего синантропной флоры Ростовской области на примере Морозовского района.

Таблица 1 / Table 1

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), %  
The total flavonoids content in terms of avicularin in the samples of birdweed (*Polygonum aviculare* L.), %

Район сбора	Расстояние удаленности от дорог			
	0 м	100 м	200 м	300 м
Железнодорожная магистраль Северо-Кавказской железной дороги	3,01±0,02	2,29±0,01	1,81±0,03	1,20±0,01
Нескоростная автомобильная дорога (IV категории)	3,04±0,02	2,67±0,02	1,56±0,01	1,16±0,02
Автоматраль М-21 (IA категории)	1,01±0,02	1,62±0,01	1,92±0,03	1,22±0,01
Контроль 1	1,19±0,02			
Контроль 2	1,33±0,03			

Числовой показатель по ФС не менее 0,5%

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований было выбрано несколько точек отбора образцов ЛРС в Морозовском районе Ростовской области (рисунок 1). Заготовку травы горца птичьего проводили рядом с крупной автомагистралью М-21 (IA категории), нескоростной автомобильной дорогой (IV категории) с неживленным движением и железнодорожной магистралью Северо-Кавказской железной дороги. Отбор образцов был проведен на расстоянии от 1 до 300 метров с шагом в 100 метров. Выбор территорий заготовки определен отсутствием точной и достоверной информации о накоплении биологически активных веществ в ЛРС в зависимости от удаленности от автомагистралей и железных дорог. Дополнительно проводили заготовку травы горца птичьего в экологически чистых местностях, которые находятся в значительной удаленности от объектов антропогенного воздействия (зоны контроля).

Сбор и сушку травы горца птичьего проводили по всем правилам заготовки лекарственного растительного сырья, во время цветения растения, в сухую погоду (конец июня – начало июля 2021 года), срезая надземную часть растения ножом или серпом. Определение содержания суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в собранных образцах травы горца птичьего вели по стандартной фармакопейной методике [13] на спектрофотометре СФ-2000. Каждое определение проводили трехкратно. Данные,



Рисунок 1. Карта отбора образцов травы горца птичьего.

Figure 1. Map of birdweed grass sampling.

полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel при доверительной вероятности 95%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные значения содержания суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

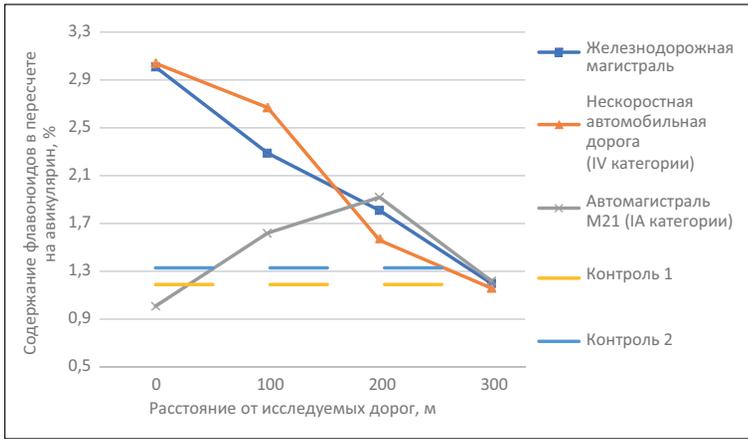
По результатам проведенных исследований все собранное лекарственное растительное сырье горца птичьего удовлетворяет требованиям ГФ XIV по содержанию флавоноидов в пересчете на авикулярин [13].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего в экологически чистом месте произрастания составило 1,19–1,33%, что примерно в 2,5 раза превышает нижнее числовое значение, приведенное в ГФ XIV. Для исследуемых образцов придорожной зоны заготовки содержание исследуемой группы фенольных соединений варьирует в диапазоне от 1,01% до 3,04%. В большей части образцов, заготовленных на удалении 0–200 м, содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин на 20–125% выше, чем в образцах контрольных зон и в 1,2–2,5 раза больше установленного фармакопейной статьей нижнего значения. Полученные результаты можно объяснить биохимическим механизмом приспособления растения к воздействию стресса из окружающей среды, в ответ на который в данном случае происходит индукция синтеза флавоноидов, которые могут служить хелатомами и участвовать в детоксикации экотоксикантов наравне с аминокислотами, органическими кислотами и пептидами [9, 14]. Поэтому в стрессорных условиях растительные клетки реагируют повышением активности фенилаланинаммиакилазы, 4-гидроксилазы транскоричной кислоты, пероксидазы и других ферментов. Это сопровождается ростом новообразования фенольных соединений, в частности флавонолов, по шикиматному пути биосинтеза [15].

Полученные результаты сравнили с данными по ранее проведенному сходному исследованию накопления флавоноидов в траве горца птичьего, собранного в Воронежской области (таблица 2) [16].

Все анализируемое сырье травы горца птичьего, заготовленное в Воронежской области, является



**Рисунок 2.** Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего синантропной флоры Морозовского района Ростовской области.

**Figure 2.** The flavonoids content in terms of avicularin in the herb birdweed of the synanthropic flora of Morozovsky district, the Rostov region.

соответствующим требованиям нормативной документации по содержанию флавоноидов в пересчете на авикулярин. Образцы, собранные на трех контрольных (заповедных) территориях, содержат данную группу биологически активных веществ в среднем в 3–3,2 раза больше нижнего числового значения, приведенного в фармакопейной статье [16].

В образцах травы горца птичьего, заготовленной на удалении 300 метров от исследуемых автомагистралей Ростовской области, концентрация флавоноидов приближалась к числовым значениям для ЛРС, заготовленных на контрольных территориях. Идентичный результат наблюдается в образцах горца птичьего, заготовленных рядом с автотрассами в Воронежской области [16]. Несомненно, удаленность от источника загрязнения и уменьшение влияния стрессовых факторов на растение оказывает влияние на биосинтез полифеноловых соединений, концентрация которых постепенно снижается и приходит в соответствие с экологически чистыми территориями, лишенными антропогенного воздействия.

Наиболее низкий уровень накопления флавоноидов в пересчете на авикулярин отмечен в образце травы горца птичьего, заготовленной вдоль автомобильной трассы М-21. В Воронежской области наиболее низкий уровень накопления флавоноидов отмечен

в образце травы горца птичьего, заготовленного также рядом с трассой М-4 с оживленным движением, которая относится к IA категории [16]. Полученное значение можно объяснить тем, что реакция растения на какие-либо стрессовые факторы может быть изменчивой и проявляется в зависимости от того, с какой силой и в сочетании с какими другими факторами было оказано воздействие на растение. В основе данного объяснения лежит экологический закон взаимодействия факторов, согласно которому результат влияния любого экологического фактора зависит в первую очередь от того, в какой комбинации и с какой силой действуют другие факторы [3]. Чрезмерная степень стрессового воздействия (высокое содержание взвешенных в воздухе веществ (пыли), выхлопных газов, высокое переуплотнение почв и загрязнение их различными экотоксикантами) в данном случае вызывает не активацию антиоксидантной системы, а, напротив, угнетение ферментных систем в растении, которое выходит за пределы выносливости вида.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере травы горца птичьего изучено накопление флавоноидов в пересчете на авикулярин синантропной флоры Ростовской области. Изучение ЛРС, заготовленного на установленных расстояниях от железной дороги и нескоростной автомобильной дороги (IV категории) с неживленным движением, показало прямое влияние увеличения расстояния от транспортной магистрали на снижение флавоноидов. Опираясь на проведенные исследования, можно сделать вывод, что умеренное антропогенное воздействие, которое характеризуется выбросом в окружающую среду различных экотоксикантов и высоким содержанием в воздухе взвешенных веществ, может индуцировать синтез полифенольных соединений. Однако в других условиях стоит учитывать воздействие комплексного токсического стресса, который влечет за собой угнетение антиоксидантной системы растений и как следствие, подавление выработки

**Таблица 2 / Table 2**

**Содержание суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) Воронежской области, % (данные на 2020 год)**  
**The total flavonoids content in terms of avicularin in herb samples of *Polygonum aviculare* L. in the Voronezh region, % (data for 2020)**

Район сбора	Расстояние удаленности от дорог			
	0 м	100 м	200 м	300 м
Железнодорожная магистраль Юго-Восточной железной дороги	0,84±0,03	0,93±0,03	1,02±0,02	1,01±0,02
Нескоростная автомобильная дорога (IV категории)	0,94±0,03	1,13±0,04	1,20±0,01	1,31±0,02
Автомагистраль М-4 (IA категории)	0,70±0,01	0,67±0,01	0,82±0,02	1,19±0,01
Контроль 1	1,61±0,03			
Контроль 2	1,52±0,02			
Контроль 3	1,48±0,03			
Числовой показатель по ФС не менее 0,5%				

фенольных соединений. Данные выводы коррелируют с исследованиями, проведенными на примере травы горца птичьего, заготовленной в идентичных условиях в Воронежской области, что позволяет судить о выявлении общих закономерностей индукции и ингибирования биосинтеза флавоноидных соединений в различных экотопах существования растения.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bryntseva IA, Samotrujeva MA, Tsibizova AA. Rational use of Astrakhan sulfide and silt mud of the "Lake "Lechebnoe" deposit. *International J of Experimental Education*. 2013;11-1:183-184. (In Russ.). [Брынцева И.А., Самотруева М.А., Цибилова А.А. Рациональное использование астраханской сульфидно-иловой грязи месторождения «Озеро «Лечебное». *Международный журнал экспериментального образования*. 2013;11-1:183-184].
2. Samotrujeva MA, Tsibizova AA, Yasenyavskaya AL, et al. Pharmacological activity of pyrimidine derivatives. *Astrakhan Medical J*. 2015;10;1:12-29. (In Russ.). [Самотруева М.А., Цибилова А.А., Ясенявская А.Л., и др. Фармакологическая активность производных пиримидинов. *Астраханский медицинский журнал*. 2015;10;1:12-29].
3. D'yakova NA, Gaponov SP, Slivkin AI, et al. Study of features of accumulation of flavonoids by grass of bitter pollen collected in various urban and agrobiocenoses of the Voronezh region. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2020;23(7):15-21. (In Russ.). [Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И., и др. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой полыни горькой, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2020;23(7):15-21]. doi: 10.29296/25877313-2020-07-03
4. Kurkin VA. *Pharmacognosy*. Samara, 2004. (In Russ.). [Куркин В.А. *Фармакогнозия*. Самара, 2004]. ISBN 5-473-00062-2
5. Khadartseva AV. *Analysis of medicinal plants containing flavonoids (water-pepper, Persicaria maculosa, birdweed)*. In: Young Scientists in Solving Current Problems of Science. 2021;133-136. (In Russ.). [Хадартцева А.В. *Анализ лекарственных растений, содержащих флавоноиды (горец перечный, горец почечуйный, горец птичий)*. В кн.: Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. 2021:133-136].
6. Dibirova MD, Bogaeva VS. *Comparative analysis of biologically active substances in the herb of birdweed and water-pepper*. In: Pharmaceutical Education, Science and Practice: Horizons of Development. 2016;463-465. (In Russ.). [Дибирова М.Д., Богаева В.С. *Сравнительный анализ биологически активных веществ в траве горца птичьего и горца водяного*. В кн.: Фармацевтическое образование, наука и практика: горизонты развития. 2016;463-465].
7. Velikanova NA, Slivkin AI, Gaponov SP. Features of accumulation of the flavonoids in the grass of Polygonum aviculare, collected in various environmental terms territories of Voronezh city and its surroundings. *Vestnik VSU. Series: Chemistry, Biology, Pharmacy*. 2013;1:181-185. (In Russ.). [Великанова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение накопления флавоноидов травой горца птичьего, собранного в разных с экологической точки зрения районах города Воронежа и его окрестностей. *Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация*. 2013;1:181-185].
8. Kurkin VA, Kurkina AV, Avdeeva EV. The flavonoids as biologically active compounds of medicinal plants. *Basic Research*. 2013;11-9:1897-1901. (In Russ.). [Куркин В.А., Куркина А.В., Авдеева Е.В. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений. *Фундаментальные исследования*. 2013;11-9:1897-1901].
9. Bayandina II, Zagurskaya YuV. The relationship of secondary metabolism and chemical elements in medicinal plants. *Siberian Medical J*. 2014;8:107-111. (In Russ.). [Баяндина И.И., Загурская Ю.В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;8:107-111].
10. Velikanova NA. Ecological analysis of soils and medicinal plant material (grass of birdweed and plantain leaf) on the content of heavy metals and pesticides in Voronezh and its surroundings. *Proceedings of the Young Scientists of Voronezh State University*. 2012;1-2:17-22. (In Russ.). [Великанова Н.А. Экологический анализ состояния почв и лекарственного растительного сырья (травы горца птичьего и листьев подорожника большого) по содержанию тяжелых металлов и пестицидов в городе Воронеже и его окрестностях. *Труды молодых ученых Воронежского государственного университета*. 2012;1-2:17-22].
11. Bokii GV. Medicinal flora of Rostov-on-Don. *Achievements of science and education*. 2017;7:5-6 (In Russ.). [Бокий Г.В. Лекарственная флора г. Ростова-на-Дону. *Достижения науки и образования*. 2017;7:5-6].
12. Ivanchenko AM, Khavanskii AD. Dynamics of anthropogenic load of the Rostov region. *Moscow Economic J*. 2021;7:261-271. (In Russ.). [Иванченко А.М., Хаванский А.Д. Динамика антропогенной нагрузки Ростовской области. *Московский экономический журнал*. 2021;7:261-271]. doi: 10.24411/2413-046X-2021-10430
13. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Vol. 4. M., 2018. (In Russ.). [Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. M., 2018].
14. Ferdinando M, Brunetti C, Fini A, et al. *Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses*. NY: Springer New York. 2012:159-179.
15. Abdrakhimova IR, Valieva AI. *Secondary metabolites of plants: physiological and biochemical aspects (Part 3. Phenolic compounds)*. Kazan, 2010. (In Russ.). [Абдрахимова И.Р., Валиева А.И. *Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты (Часть 3. Фенольные соединения)*. Казань, 2010].
16. D'yakova NA. Study of the peculiarities of flavonoid accumulation with birdweed grass growing in various urbo- and agrobiocenoses of the Voronezh region. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*. 2020;4:152-157. (In Russ.). [Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2020;4:152-157]. doi: 10.37903/vsgma.2020.4.24

### ■ Автор для переписки

Селиванова Юлия Александровна  
Адрес: Воронежский государственный университет,  
ул. Студенческая, 3, г. Воронеж, Россия, 394036.

### ■ Corresponding Author

Yuliya A. Selivanova  
Address: Voronezh State University, 3 Studencheskaya st.,  
Voronezh, Russia, 394036.

E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru