

УДК 615.322+615.072

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2023.4.29 EDN: XHFNFS

**ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТОЦИАНОВ  
В АРОНИИ МИЧУРИНА ЛИСТЬЯХ**

© Пугачева О.В., Тринеева О.В., Панова К.Е.

*Воронежский государственный университет, Россия, 394018, Воронеж, Университетская пл., 1**Резюме*

**Цель.** валидация спектрофотометрической методики количественного определения суммы антоцианов в аронии Мичурина листьях.

**Методика.** Объектом исследования служили высушенные листья аронии Мичурина сорта «Мулатка», собранные на территории Тамбовской области в 2022-2023 г.; сушка воздушно-теневая (влажность не более 10%). Сырье собирали на четырех стадиях развития растения: фаза цветения, фаза начала плодоношения, фаза технической зрелости плодов, фаза начала покраснения листьев. Количественное определение антоцианов проводили с помощью разработанной спектрофотометрической методики в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид.

**Результаты.** Методика валидирована по показателям специфичность, линейность, правильность, сходимость и межлабораторная прецизионность и может быть использована для количественного определения антоцианов в листьях аронии Мичурина.

**Заключение.** С использованием валидированной методики установлено, что оптимальным сроком заготовки сырья для получения максимального выхода антоцианов является фаза начала покраснения листьев (сентябрь), на которой содержание антоцианов составляет  $12,77\% \pm 0,95\%$ . Высокое содержание антоцианов позволяет рассматривать аронию Мичурина листья как перспективный источник биологически активных веществ антиоксидантного характера с целью получения лекарственных препаратов на их основе. Полученные данные будут использованы для раздела «Количественное определение» проекта ФС на данное лекарственное растительное сырье. В качестве показателя для ФС «Аронии Мичурина листья» можно рекомендовать норматив содержания антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид не менее 5%.

**Ключевые слова:** арония Мичурина, рябина черноплодная, антоцианы, цианидин-3-О-глюкозид, количественное определение, спектрофотометрия, валидация

**VALIDATION OF A METHOD FOR THE QUANTIFICATION OF ANTOCIANINS  
IN ARONIA MICHURINA LEAVES**

Pugacheva O.V., Trineeva O.V., Panova K.E.

*Voronezh State University, 1, Universitetskaya Pl., 394018, Voronezh, Russia**Abstract*

**Objective.** Validation of a spectrophotometric method for the quantitative determination of the total anthocyanins in Aronia Michurina leaves.

**Methods.** The object of the research was dried leaves of Aronia Michurina variety "Mulatka" collected on the territory of the Tambov region in 2022-2023; air-shadow drying (moisture content not more than 10%). Raw materials were collected at four stages of plant development: flowering phase, phase of the beginning of fruiting, phase of technical maturity of fruits, phase of the beginning of leaf reddening. Quantification of anthocyanins was made using the developed spectrophotometric technique in terms of cyanidin-3-O-glucoside.

**Results.** The methodology was validated for specificity, linearity, correctness, convergence and interlaboratory precision and can be used for quantitative determination of anthocyanins in Aronia Michurina leaves.

**Conclusions.** With the use of validated methodology, it was established that the optimal harvesting period for obtaining the maximum yield of anthocyanins is the phase of the beginning of leaf reddening

(September), at which the content of anthocyanins is  $12,77\% \pm 0,95\%$ . The high content of anthocyanins allows us to consider Aronia Michurina leaves as a perspective source of biologically active substances of antioxidant properties in purpose of obtaining medicinal preparations on their basis. The obtained data will be used for the chapter "Quantitative Determination" of the project PM for this medicinal plant raw material. The standard of anthocyanins content in terms of cyanidin-3-O-glucoside not less than 5% can be recommended as a parameter for the PM "Aronia Michurina leaves".

*Keywords:* Aronia mitschurinii, black chokeberry, anthocyanins, cyanidin-3-O-glucoside, quantification, spectrophotometry, validation

## Введение

Вещества-антоксианты обеспечивают регуляцию оксидативного стресса, который является одним из механизмов развития многих заболеваний человека, в особенности заболеваний сердечно-сосудистой системы [1]. В настоящее время повышенное внимание уделяется исследованию антиоксидантной активности (АОА) растительного сырья. Это связано с более широким спектром действия и низкой токсичностью в сравнении с синтетическими препаратами [6]. Лекарственное растительное сырье (ЛРС), являющееся источником полифенолов и флавоноидов, наиболее часто рассматривается как источник антиоксидантов (АО) [6, 14, 21].

В том числе АОА обладают антоцианы – полифенольные пигменты растений. В зеленых частях растения они могут встречаться в форме бесцветных предшественников — лейкоантоцианов. Переход лейкоантоцианов в антоцианы происходит при сезонном изменении природных условий, а также в присутствии хлористоводородной кислоты [11]. Согласно литературным данным, употребление антоцианосодержащих продуктов приводит к снижению рисков сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения, диабета, нейродегенеративных заболеваний и др. [9]. Таким образом, интерес к поиску и изучению новых перспективных источников антоцианов растительного происхождения в настоящее время высок.

Одним из таких источников является арония Мичурина или рябина черноплодная – широко культивируемый в нашей стране и ближнем зарубежье кустарник рода Арония, который является гибридом аронии черноплодной и рябины обыкновенной [20, 23].

Антоцианы считаются основной группой биологически активных веществ (БАВ) плодов всех представителей рода Арония. В них представлены производные цианидина: цианидин-3-О-глюкозид, цианидин-3-О-арабиноз, цианидин-3-О-галактозид и цианидин-3-О-ксилозид [15, 22], преобладающим из которых по ряду исследований является галактозид [4], хотя количественное определение проводится в пересчете на глюкозид [3, 10]. Кроме того, качественно в плодах были обнаружены пеларгонидин-3-арабинозид и пеларгонидин-3-галактозид [25].

Исследования состава БАВ листьев представителей рода Арония, в том числе и аронии Мичурина ограничены. Подтверждено присутствие в них флавоноидов, дубильных веществ, сапонинов, аскорбиновой кислоты [2, 17], а также антоцианов в лейкоформах [11, 18]. Существуют данные о присутствии в листьях аронии цианидин-3-галактозида и цианидин-3-арабинозида с преобладанием первого [24]. Представленные данные делают перспективным более глубокое изучение содержания в аронии Мичурина листьях антоциановых соединений.

На этапе предварительных исследований была разработана методика количественного спектрофотометрического определения антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид в листьях аронии Мичурина [18, 19].

Целью работы являлась валидация спектрофотометрической методики количественного определения суммы антоцианов в аронии Мичурина листьях, как завершающего этапа ее разработки и внедрения в нормативную документацию.

## Методика

Объектом исследования служили высушенные аронии Мичурина листья сорта «Мулатка», заготовленные от культивируемого растения в Тамбовской области в 2022-2023 г. Сушку проводили воздушно-теньевым методом до остаточной влажности, не превышающей 10%. Валидацию проводили на сырье, заготовленном в сентябре 2022 г. С помощью валидированной методики определяли содержание антоцианов в листьях, заготовленных в 2023 г. на разных

стадиях развития растения: образец 1 – на стадии цветения, май (влажность 9,12%); образец 2 – на стадии начала плодоношения, июнь (влажность 9,16%); образец 3 – на стадии зрелости плодов, август (влажность 9,48%); образец 4 – на стадии начала покраснения листьев, сентябрь (влажность 9,52%).

Количественное определение проводили по следующей методике [18, 19]: около 0,2 г (точная навеска) сырья, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито размером 0,5 мм, помещают в колбу со шлифом, вместимостью 100 мл, прибавляют 50 мл 96% спирта этилового, подкисленного кислотой хлористоводородной до концентрации 1% и взвешивают. Колбу присоединяют к обратному холодильнику и нагревают на кипящей водяной бане в течение 3,5 часов. Охлаждают до комнатной температуры, взвешивают и при необходимости доводят подкисленным 96% этиловым спиртом до первоначальной массы. Охлажденную смесь фильтруют через бумажный фильтр, отбрасывая первые 10 мл фильтрата.

2 мл полученного извлечения помещают в мерную колбу на 25 мл и доводят объем раствора экстрагентом до метки, перемешивают. В качестве раствора сравнения используют 96% спирт этиловый, подкисленный кислотой хлористоводородной до концентрации 1%. Определяют оптическую плотность в максимуме поглощения (рис. 1) при длине волны  $540 \pm 2$  нм. Измерения проводили на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр», Россия).

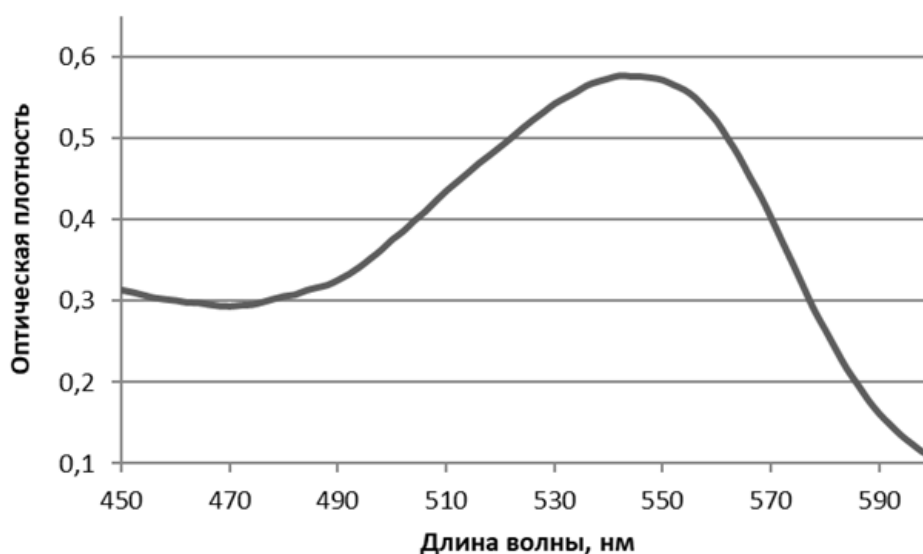


Рис. 1. Вид спектра поглощения извлечения из листьев аронии Мичурина, полученного с применением подкисленного спирта этилового 96%

Валидацию разработанной методики проводили в соответствии с ОФС.1.1.0012.15 «Валидация аналитических методик» по показателям специфичности, правильности, линейности, сходимости, межлабораторной прецизионности [3]. Статистическая обработка результатов проведена в Microsoft Excel 2016.

## Результаты исследования и их обсуждение

Основные метрологические характеристики методики представлены в табл. 1. В качестве опорного значения при валидации принято содержание  $9,82 \pm 0,4\%$  в сырье.

Таблица 1. Метрологические характеристики спектрофотометрического определения антоцианов в листьях аронии Мичурина ( $P=95\%$ ,  $t(P, f)=2,57$ )

$\bar{x}, \%$	n	f	$S^2$	S	$S_{\bar{x}}$	S, %	$\Delta x$	$\Delta \bar{x}$	$\bar{x}_r, \%$
9,82	6	5	0,13	0,39	0,16	1,60	0,99	0,40	4,11

Специфичность методики оценивали по совпадению положения максимумов на спектрах поглощения индивидуального цианидин-3-О-глюкозида (литературные данные) и исследуемого извлечения (рис. 1). Для цианидин-3-О-глюкозида характерен широкий пологий максимум поглощения, расположенный при  $540 \pm 2$  нм [3].

Линейность подтверждали путем приготовления растворов, отбирая извлечение в диапазоне от 70 до 130% номинального значения (табл. 2).

Таблица 2. Схема разбавления извлечения для определения линейности методики

Концентрация, % от исходного	Объем извлечения, мл	Объем разведения, мл
70%	2,1	25
80%	2,4	25
90%	2,7	25
100%	3,0	25
110%	3,3	25
120%	3,6	25
130%	3,9	25

Зависимость оптической плотности от содержания суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид линейна, что отражено на рис. 2 и подтверждается значением коэффициента корреляции, близким к 1,0.

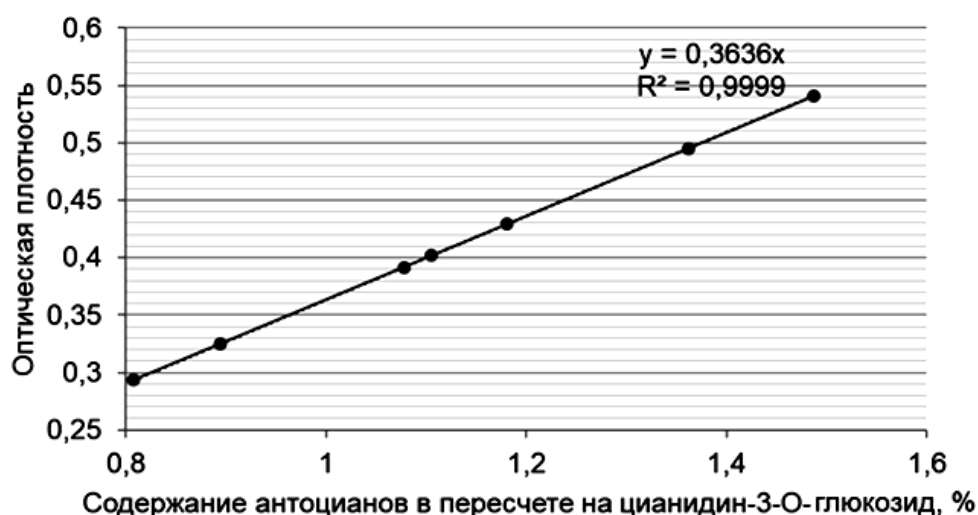


Рис. 2. График линейной зависимости оптической плотности от содержания антоцианов в извлечении в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид

Сходимость методики определялась в шести повторениях одним исполнителем. Межлабораторную прецизионность подтверждали проведением измерения разными исполнителями в разные дни в шести повторениях каждый. Результаты приведены в табл. 3. Относительные стандартные отклонения не превысили критериев приемлемости в 5%.

Правильность методики считается доказанной, если свободный член уравнения линейности меньше своего доверительного интервала. В нашем случае свободный член равен нулю.

Таким образом, было доказано, что разработанная методика валидна и, как следствие, может использоваться для определения содержания антоцианов в листьях аронии Мичурина для цели их стандартизации.

С помощью валидированной методики определяли оптимальные сроки заготовки аронии Мичурина листьев, обеспечивающие максимальное содержание антоцианов в них (табл. 4).

Согласно полученным данным, содержание антоцианов в листьях аронии Мичурина достаточно высоко во все периоды заготовки. Максимальным оно является в сырье, заготовленном на стадии начала покраснения листьев в сентябре  $12,77\% \pm 0,95\%$  (фаза начала покраснения листьев).

Литературные данные о результатах исследования содержания антоцианов в листьях рябины черноплодной также подтверждают, что при заготовке сырья в осенний период уровень антоцианов выше [11].

Таблица 3. Валидационные характеристики методики определения антоцианов в аронии Мичурина листьях

Характеристика	Статистическая характеристика		Результат	
	Проба		Содержание суммы антоцианов, %	
Сходимость	1		9,60	
	2		9,72	
	3		9,21	
	4		10,16	
	5		10,02	
	6		10,20	
	Доверительный интервал (P=95%), %		9,82±0,40	
	Относительное стандартное отклонение (RSD), %		1,60	
	Стандартное отклонение (SD), %		0,42	
Меж-лабораторная прецизионность	Проба		Исследователь 1 (день 1)	Исследователь 2 (день 2)
	1		9,21	8,01
	2		9,60	8,12
	3		9,72	8,18
	4		10,16	8,53
	5		10,02	8,93
	6		10,20	8,97
	Доверительный интервал (P=95%), %		9,17±1,42	
	Относительное стандартное отклонение (RSD), %		2,90	
Стандартное отклонение (SD), %		0,92		

Таблица 4. Содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-гликозид в листьях аронии Мичурина различных сроков заготовки

Фаза сбора	Содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-гликозид, %
май	10,71±1,33
июнь	10,81±1,01
август	11,62±0,69
сентябрь	12,77±0,95

Известно, что на содержание антоцианов в ЛРС значительно влияют регион произрастания, особенности культивирования, загрязненность почвы, а также совокупность погодных условий за период вегетации растения в разные годы [8, 13]. Для оценки влияния данных факторов на накопление изучаемых БАВ в листьях провели определение в ЛРС 2022 и 2023 гг. заготовки (табл. 5). Результаты отражены на рис. 3. Информация о погодных условиях заимствована с официального сайта [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru) (дата обращения октябрь 2023 г).

Таблица 5. Содержание антоциановых соединений в листьях различных годов заготовки

№ п/п	Погодные условия	2022 г.	2023 г.
1	Количество осадков (суммарно с мая по сентябрь)	344 мм	183 мм
2	Средняя температура:		
	Июнь;	19,5	17,0
	Июль;	20,8	19,8
	Август;	23,0	21,0
	За 3 месяца	21,1	19,3
3	Количество солнечных дней (суммарно с мая по сентябрь)	11	19
4	Тип почв	Чернозём	Чернозём

Накоплению лейкоантоцианов в листьях способствует увеличение количества солнечных дней за период вегетации. Снижение среднесуточной температуры и количества осадков, по всей видимости, оказывает стимулирующий эффект на процессы биосинтеза данной группы БАВ в качестве защитной реакции растительного организма на ухудшающиеся факторы окружающей среды. Однако, данные результаты нуждаются в дополнительных подтверждающих исследованиях

Высокое содержание антоцианов в исследуемом сырье подтверждает перспективность использования его для получения препаратов с АОА.

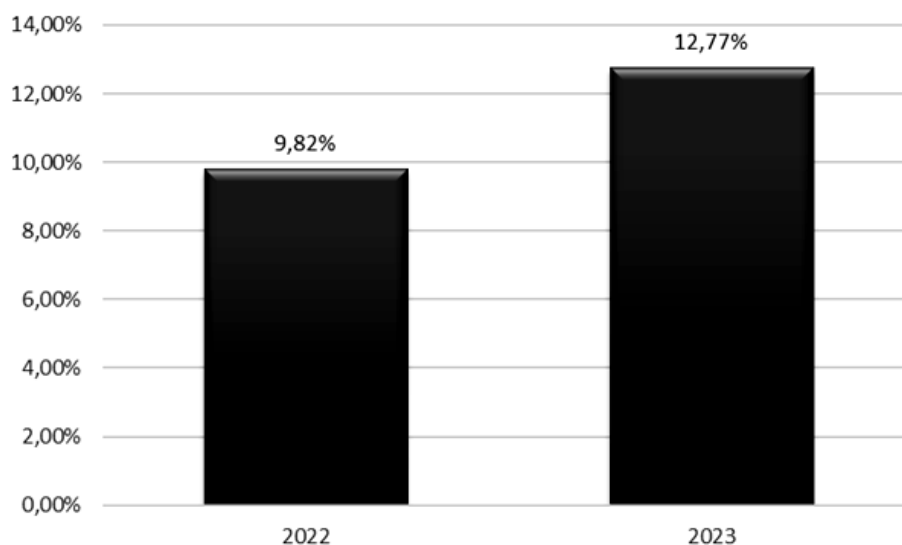


Рис. 3. Содержание антоциановых соединений в листьях аронии Мичурина (фаза заготовки – сентябрь)

Согласно данным рис. 3, при разработке раздела «Количественное определение» проекта ФС «Аронии Мичурина листья» для ГФ РФ, следует рекомендовать числовое значение данного критерия не менее 5%.

Сравнительно с другими видами растительного сырья содержание антоцианов сопоставимо или выше (табл. 6) [3, 5, 7, 12, 26].

Таблица 6. Результаты анализа литературных данных о содержании антоцианов в растительных источниках в пересчете на цианидин-3-глюкозид

Растительный источник	Содержание антоцианов, %
Рябины черноплодной плоды	0,98-3,70
Аронии черноплодной плоды свежие	Не менее 4
Аронии черноплодной плоды сухие	Не менее 3
Василька синего цветки	Не менее 0,6*
Черники обыкновенной плоды	Не менее 0,5
Бузины канадской плоды	1,77-2,43
Черной смородины плоды	5,86-6,44
Черемухи виргинской плоды	7,30-10,40

Примечание: \* – в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид

## Заключение

В работе подтверждено, что ранее разработанная методика спектрофотометрического определения антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид в аронии Мичурина листьях валидна и может использоваться для цели их стандартизации.

С применением разработанной методики определено, что оптимальным сроком заготовки сырья для обеспечения максимального выхода антоцианов является сентябрь. Содержание изучаемой группы БАВ сопоставимо или выше, чем в других, в том числе фармакопейных видов растительного сырья – источников антоцианов.

Изучение вариабельности накопления антоцианов в сырье свидетельствует о том, что в качестве числового значения показателя содержания антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид для ФС «Аронии Мичурина листья» можно рекомендовать норматив не менее 5%. Полученные

результаты количественного содержания антоцианов в аронии Мичурина листьях показывает перспективность использования данного сырья как источника БАВ с целью дальнейшего получения лекарственных растительных препаратов с АОА.

## Литература (references)

1. Белова Ю.А., Котов С.В. Антиоксидантная терапия в комплексном лечении больных с ишемическим инсультом в остром и восстановительном периоде // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2023. – Т.15, №2. – С. 120-125. [Belova Yu.A., Kotov S.V. *Antioksidantnaya terapiya v kompleksnom lechenii bol'nykh s ishemicheskim insul'tom v ostrom i vosstanovitel'nom periode*. Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. – 2023. – V.15, N2. – P. 120-125. (in Russian)]
2. Брежнева Т.А., Недолужко Е.И., Логвинова Е.Е. и др. Изучение биологически активных веществ листьев рябины черноплодной // Вестник ВГУ. Серия Химия. Биология. Фармация. – 2018. – №2. – С. 306-311. [Brezhneva T.A., Nedoluzhko E.I., Logvinova E.E. i dr. *Izuchenie biologicheskii aktivnykh veshchestv list'ev ryabiny chernoplodnoi*. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. – 2018. – N2. – P. 306-311. (in Russian)]
3. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV издания. – URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> [Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossiiskoi Federatsii XIV izdaniya. State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition. – URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (in Russian)]
4. Дейнека В.И., М.Ю. Третьяков, Е.Ю. Олейниц и др. Определение антоцианов и хлорогеновых кислот в плодах рода арония: опыт хемосистематики // Химия растительного сырья. – 2019. – №2. – С. 161-167. [Deineka V.I., M.Yu. Tret'yakov, E.Yu. Oleinits i dr. *Opredelenie antotsianov i khlorogenovykh kislot v plodakh roda aroniya: opyt khemosistematiki*. Chemistry of plant raw material. – 2019. – N2. – P. 161-167. (in Russian)]
5. Егорова А.В., Куркин В.А., Каримова А.М. Изучение возможностей комплексного использования плодов черной смородины (*Ribes nigrum* L.) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т.14, №1(9). – С. 2215-2217. [Egorova A.V., Kurkin V.A., Karimova A.M. *Izuchenie vozmozhnostei kompleksnogo ispol'zovaniya plodov chernoii smorodiny (Ribes nigrum L.)*. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2012. – V.14, N1(9). – P. 2215-2217. (in Russian)]
6. Зверев Я.Ф., Брюханов В.М. Флавоноиды как перспективные природные антиоксиданты // Бюллетень медицинской науки. – 2017. – №1(5). – С. 20-27. [Zverev Ya.F., Bryukhanov V.M. *Flavonoidy kak perspektivnye prirodnye antioksidanty*. Bulletin of Medical Science. – 2017. – N1(5). – P. 20-27. (in Russian)]
7. Зульфугарова М.Б., Новзуров Э.Н. Состав и содержание антоцианов плодов *Sambucus ebulus* L // Химия растительного сырья. – 2017. – №1. – С. 163-167. [Zulfugarova M.B., Novzurov E.N. *Sostav i sodержanie antotsianov plodov Sambucus ebulus L*. Chemistry of plant raw material. – 2017. – N1. – P. 163-167. (in Russian)]
8. Карпова Е.А., Фершалова Т.Д. Динамика содержания пигментов в листьях *Begonia grandis* Dryander subsp. *Grandis* при интродукции в Западной Сибири (г Новосибирск) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2016. – №1(33). – С. 140-158. [Karpova E.A., Fershalova T.D. *Dinamika sodержaniya pigmentov v list'yakh Begonia grandis Dryander subsp. Grandis pri introduktsii v Zapadnoi Sibiri (g Novosibirsk)*. Tomsk State University Journal of Biology. – 2016. – N1(33). – P. 140-158. (in Russian)]
9. Колдаев В.М., Кропотов А.В. Антоцианы в практической медицине // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2021. – №3. – С. 24-28. [Koldaev V.M., Kropotov A.V. *Antotsiany v prakticheskoi meditsine*. Pacific Medical Journal. – 2021. – N3. – P. 24-28. (in Russian)]
10. Куркин В.А., Егорова А.В. Стандартизация плодов аронии черноплодной // Фармация. – 2012. – №7. – С. 10-13. [Kurkin V.A., Egorova A.V. *Standartizatsiya plodov aronii chernoplodnoi*. Pharmacy – 2012. – N7. – P. 10-13. (in Russian)]
11. Логвинова Е.Е., Брежнева Т.А., Сливкин А.И., Недолужко Е.И. Выбор оптимальных условий извлечения антоциановых соединений листьев рябины черноплодной // Вестник ВГУ. Серия Химия. Биология. Фармация. – 2016. – №4. – С. 142-146. [Logvinova E.E., Brezhneva T.A., Slivkin A.I., Nedoluzhko E.I. *Vybor optimal'nykh uslovii izvlecheniya antotsianovykh soedinenii list'ev ryabiny chernoplodnoi*. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. – 2016. – N4. – P. 142-146. (in Russian)]
12. Логвинова Е.Е., Брежнева Т.А., Самылина И.А., Сливкин А.И. Исследование химического состава плодов аронии различных сортов // Фармация. – 2015. – №6. – С. 22- 26. [Logvinova E.E., Brezhneva T.A., Samylina I.A., Slivkin A.I. *Issledovanie khimicheskogo sostava plodov aronii razlichnykh sortov*. Pharmacy – 2015. – N6. – P. 22-26. (in Russian)]

13. Масленников П.В. Экологические аспекты накопления антоциановых пигментов в растениях: Автореф. дис. ... канд. экол. наук. – Калининград, 2003. – 25 с. [Maslennikov P.V. *Ekologicheskie aspekty nakopleniya antotsianovykh pigmentov v rasteniyakh (kand. dis.)*. Ecological aspects of anthocyanin pigments accumulation in plants (Author's Abstract of Candidate Thesis). – Kaliningrad, 2003. – 25 p. (in Russian)]
14. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н. и др. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в лекарственных растениях Калининградской области // Химия растительного сырья. – 2012. – №3. – С. 127-133. [Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N. i dr. *Soderzhanie nizkomolekulyarnykh antioksidantov v lekarstvennykh rasteniyakh Kaliningradskoi oblasti*. Chemistry of plant raw material. – 2012. – N3. – P. 127-133. (in Russian)]
15. Минович В.М., Посохина А.А., Костенко Е.С., Иванкина Н.Г. Химический состав и анатомо-диагностические признаки плодов аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott.), культивируемой в Прибайкалье // Инновационные технологии в фармации : Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Инновационные технологии в фармации", посвящённая 100-летию со дня образования иркутского государственного медицинского университета. Иркутск, 14-15 июня 2019 г. / Под ред. Е.Г. Приваловой – Иркутск, 2019. – С. 274-277. [Mirovich V.M., Posokhina A.A., Kostenko E.S., Ivankina N.G. *Innovatsionnye tekhnologii v farmatsii : Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Innovatsionnye tekhnologii v farmatsii", posvyashchennaya 100-letiyu so dnya obrazovaniya irkutskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* / Pod red. E. G. Privalovoi. Innovative Technologies in Pharmacy : Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Innovative Technologies in Pharmacy" dedicated to the 100th Anniversary of Irkutsk State Medical University / Ed. E.G. Privalova. – Irkutsk, 2019. – P. 274-277. (in Russian)]
16. Михайлова И.В., Винокурова Н.В., Кузьмичева Н.А. и др. Черемуха виргинская как источник биологически активных веществ // Оренбургский медицинский вестник. – 2020. – Т.8, №3(31). – С. 40-45. [Mikhailova I.V., Vinokurova N.V., Kuz'micheva N.A. i dr. *Cheremukha virginskaya kak istochnik biologicheski aktivnykh veshchestv*. Orenburg Medical Bulletin. – 2020. – V.8, N3 (31). – P. 40-45. (in Russian)]
17. Недолужко Е.И., Брежнева Т.А., Логвинова Е.Е. и др. Изучение биологически активных веществ листьев рябины черноплодной // Университетская наука: взгляд в будущее. Сборник научных трудов по материалам Международной научной конференции, посвященной 83-летию Курского государственного медицинского университета. Курск, 2 февраля 2018 г. / Под ред. В.А. Лазаренко – Курск, 2018. – С. 74-77. [Nedoluzhko E.I., Brezhneva T.A., Logvinova E.E. i dr. *Universitetskaya nauka: vzglyad v budushchee. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 83-letiyu Kurskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* / Pod red. V.A. Lazarenko. University science: a look into the future. Collection of scientific papers on the materials of the International Scientific Conference dedicated to the 83rd anniversary of Kursk State Medical University / Ed. V.A. Lazarenko – Kursk, 2019. – P. 74-77. (in Russian)]
18. Пугачева О.В., Брежнева Т.А., Сливкин А.И. Выбор условий определения антоцианов в листьях рябины черноплодной // Инновационное развитие экономики : Материалы второго Крымского инновационного форума, Симферополь – Алушта, 25 июня – 18 сентября 2020 г. – Симферополь, 2020. – С. 96-98. [Pugacheva O.V., Brezhneva T.A., Slivkin A.I. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki : Materialy vtorogo Krymskogo innovatsionnogo foruma*. Innovative economic development : Proceedings of the Second Crimean Innovation Forum. – Simferopol, 2020. – P. 96-98. (in Russian)]
19. Пугачева О.В., Тринеева О.В., Панова К.Е. Количественное определение антоцианов в листьях аронии Мичурина // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств: Сборник трудов 9-ой Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2023». Воронеж, 28-29 сентября 2023 г. / Под ред. А.С. Беленовой, А.А. Гудковой, Н.А. Дьяковой. – Воронеж, 2023. – С. 356-359. [Pugacheva O.V., Trineeva O.V., Panova K.E. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmatsevticheskogo obrazovaniya. Aktual'nye voprosy razrabotki i issledovaniya novykh lekarstvennykh sredstv: Sbornik trudov 9-oi Mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii «Farmobrazovanie-2023»* / Pod. red. A.S. Belenovoi, A.A. Gudkovo, N.A. D'yakovo. Ways and forms of improving pharmaceutical education. Actual issues of development and research of new drugs: Proceedings of the 9th International Scientific and Methodological Conference "Pharmobrazovanie-2023". / Ed. A.S. Belenova, A.A. Gudkova, N.A. Dyakova – Voronezh, 2020. – P. 356-359. (in Russian)]
20. Скворцов А.К., Майтулина Ю.К., Горбунов Ю.Н. О месте, времени и возможном механизме возникновения культурной черноплодной аронии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1983. – Т.88, №3. – С. 88-96. [Skvortsov A.K., Maitulina Yu.K., Gorbunov Yu.N. *O meste, vremeni i vozmozhnom mekhanizme vzniknoveniya kul'turnoi chernoplodnoi aronii*. Bulletin of the Moscow Society of Nature Researchers. Biological Department – 1983. – V.88, N3. – P. 88-96. (in Russian)]
21. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных



- средств. – 2017. – №4. – С. 180-197. [Trineeva O.V. *Metody opredeleniya antioksidantnoi aktivnosti ob'ektov rastitel'nogo i sinteticheskogo proiskhozhdeniya v farmatsii (obzor)*. Drug development & registration. – 2017. – N4. – P. 180-197. (in Russian)]
22. Lee J.E., Kim G.S., Park S. et al Determination of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenol components using liquid chromatography-tandem mass spectrometry: Overall contribution to antioxidant activity // *Food Chemistry*. – 2014. – V.146. – P. 1-5.
23. Peter J.L., Mark H.B., Bryan A.C. et al. Investigation of the Origin of *Aronia mitschurinii* using Amplified Fragment Length Polymorphism Analysis // *HortScience*. – 2019. – V.48, N5. – P. 520-524.
24. Szopa A., Kokotkiewicz A., Kubica P. et al. Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of *Aronia* sp.: *A. melanocarpa*, *A. arbutifolia*, and *A. xprunifolia* and their antioxidant activities // *European Food Research and Technology*. – 2017. – V.243. – P. 1645-1657.
25. Wu X., Gu L., Ronald L.P. et al. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and Their Antioxidant Capacity // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2004. – V.52, N26. – P. 7846-7856.

### Информация об авторах

*Пугачева Ольга Валериевна* – преподаватель кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: pugachevaov1@yandex.ru

*Тринеева Ольга Валерьевна* – доктор фармацевтических наук, доцент, профессор кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: trineevaov@mail.ru

*Панова Карина Евгеньевна* – студентка 4-го курса СПО фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: nastya.kolotneva.48@gmail.com

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 25.10.2023

Принята к печати 15.12.2023