



МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕЙРОПРОТЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТОВ СУХИХ *RHAPONTICUM UNIFLORUM* И *SERRATULA CENTAUROIDES* ПРИ ГИПОКСИИ/РЕОКСИГЕНАЦИИ

К.В. Маркова^{1,2,*}, Я.Г. Разуваева¹, А.А. Торопова¹, Д.Н. Оленников¹

¹ ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Российская Федерация, Республика Бурятия, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8

² ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова»
670000, Российская Федерация, Республика Бурятия, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

Целью исследования явилась морфологическая оценка нейропротективного действия экстрактов сухих *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Serratula centauroides* L. при гипобарической гипоксии/реоксигенации. Исследования проведены на 32 сертифицированных белых крысах-самцах Wistar после перенесённой ими 30-минутной гипобарической гипоксии и трёхчасовой реоксигенации. Экстракты сухие *R. uniflorum* и *S. centauroides* в дозе 100 мг/кг вводили животным в течение 14-ти дней до воспроизведения гипобарической гипоксии. Для морфологических исследований готовили гистологические препараты головного мозга, окрашенные по Нисслю. Во II–V слоях коры больших полушарий оценивали степень поражения нейронов путём подсчёта четырёх категорий клеток – нормохромных, резко гипохромных, резко гиперхромных (пикнотических) и «клеток-теней». Установлено, что курсовое введение животным экстрактов сухих *R. uniflorum* и *S. centauroides* ограничивало на фоне гипоксии/реоксигенации образование в коре больших полушарий белых крыс пикнотических нейронов на 36 и 45%, резко гипохромных нейронов – в 10,5 и 7,0 раза ($p < 0,05$) и «клеток-теней» – в 2,4 и 1,8 раза ($p < 0,05$) по сравнению с контролем. Таким образом, экстракты сухие, полученные из листьев *R. uniflorum* и *S. centauroides*, оказывают нейропротективное действие при гипоксии/реоксигенации.

Ключевые слова: *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC., *Serratula centauroides* L., нейропротективное действие, белые крысы, гипоксия/реоксигенация, головной мозг

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: исследования проведены в рамках выполнения темы государственного задания № 121030100227-7.

Для цитирования: Маркова К.В., Разуваева Я.Г., Торопова А.А., Оленников Д.Н. Морфологическая оценка нейропротективного действия экстрактов сухих *Rhaponticum uniflorum* и *Serratula centauroides* при гипоксии/реоксигенации. *Биомедицина*. 2022;18(1):56–62. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-18-1-56-62>

Поступила 13.06.2021

Принята после доработки 25.07.2021

Опубликована 10.03.2022

MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF *RHAPONTICUM UNIFLORUM* AND *SERRATULA CENTAUROIDES* DRY EXTRACTS IN HYPOXIA/REOXIGENATION

Kristina V. Markova^{1,2,*}, Yanina G. Razuvaeva¹, Anyuta A. Toropova¹, Daniil N. Olennikov¹

¹ Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
670047, Russian Federation, Buryatiya Republic, Ulan-Ude, Sakhyanova Str., 8

² Banzarov Buryat State University
670000, Russian Federation, Buryatiya Republic, Ulan-Ude, Smolina Str., 24a

This article presents a morphological assessment of the neuroprotective activity of dry extracts from *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. and *Serratula centauroides* L. in hypobaric hypoxia/reoxygenation. Experiments were carried out on 32 male Wistar rats. The animals in the experimental groups received *R. uniflorum* and *S. centauroides* dry extracts at a dose of 100 mg/kg for 14 days, with the last dose administered 30 minutes before inducing hypoxia. The animals in the intact and control groups received purified water according to an analogous scheme. On the 14th day of the experiment, the animals in the control and experimental groups were exposed to acute hypobaric hypoxia followed by 3-hour reoxygenation. Acute hypobaric hypoxia was simulated by elevating laboratory animals to a height of 9000 m at a rate of 50 m/sec using altitude test facilities. The animals were kept under these conditions for 30 min followed by 3-hour reoxygenation. Brain histological preparations were prepared by Nissl staining. The degree of neuronal damage was assessed by counting four categories of cells: normochromic, sharply hypochromic, sharply hyperchromic (pyknotic) and shadow cells in the cerebral cortex II–V layers. It was found that *R. uniflorum* and *S. centauroides* dry extracts limited the formation of pycnotic neurons by 36 and 45%, sharply hypochromic neurons by 10.5 and 7.0 times ($p < 0.05$) and shadow cells by 2.4 and 1.8 times ($p < 0.05$) in the cerebral cortex under the action of hypoxia/reoxygenation. Therefore, dry extracts obtained from *R. uniflorum* and *S. centauroides* leaves exhibit a neuroprotective activity under the conditions of hypoxia/reoxygenation.

Keywords: *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC., *Serratula centauroides* L., neuroprotective effect, white rats, hypoxia/reoxygenation, brain

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the studies were carried out in the course of the project No. 121030100227-7.F

For citation: Markova K.V., Razuvaeva Ya.G., Toropova A.A., Olennikov D.N. Morphological Assessment of Neuroprotective Effects of *Rhaponticum uniflorum* and *Serratula centauroides* Dry Extracts in Hypoxia/Reoxygenation. *Journal Biomed.* 2022;18(1):56–62. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-18-1-56-62>

Submitted 13.06.2021

Revised 25.07.2021

Published 10.03.2022

Введение

Длительное влияние гипоксических состояний на нервную систему приводит к повышенной стимуляции нервных клеток, последующему изменению их структуры и функции, в результате чего развиваются неврологические заболевания [1]. Лечение заболеваний нервной системы и восстановительный период в тяжёлых случаях требуют большого количества времени, а также длительного приёма лекарственных препаратов, что может привести к появлению побочных эффектов и развитию токсических реакций. В связи с этим перспективным в профилактике и лечении заболеваний нервной системы является

применение лекарственных средств растительного происхождения, которые в меньшей степени при длительном применении вызывают возникновение нежелательных реакций [7].

Особый интерес представляют многолетние растения семейства Asteraceae — *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Serratula centauroides* L., — обладающие высоким содержанием экидистероидов [2]. Данные виды произрастают на территории России (Сибирь и Дальний Восток) и Северной Монголии и широко применяются в традиционной тибетской, китайской и монгольской медицине как лекарственные средства, способствующие повышению устойчиво-

сти человека к психическим и физическим нагрузкам [6]. Согласно ранее проведённым экспериментальным исследованиям, экстракты сухие надземной части *R. uniflorum* и *S. centauroides* повышают устойчивость организма к действию интенсивных физических нагрузок и к кислороддефицитным состояниям различного генеза. Указанные экстракты повышают ориентировочно-исследовательскую активность, снижают уровень тревожности и эмоциональности животных, а также стимулируют когнитивные функции животных [4, 5].

Цель исследования — морфологическая оценка нейропротективного действия экстрактов сухих, полученных из листьев *R. uniflorum* и *S. centauroides*, на фоне гипобарической гипоксии/реоксигенации.

Материалы и методы

Экстракты сухие получали из высушенного растительного сырья, собранного в Республике Бурятия, — листьев *R. uniflorum* (фаза бутонизации, Селенгинский район, 2019 г.) и листьев *S. centauroides* (фаза бутонизации, Иволгинский район, 2019 г.). Высушенное и измельченное растительное сырье экстрагировали дважды 60%-м этанолом в ультразвуковой ванне при 45°C в течение 60 мин, после чего спиртовой экстракт концентрировали в вакууме досуха и измельчали. Для осуществления количественной стандартизации экстрактов сухих применяли метод высокоэффективной хроматографии с ультрафиолетовым (УФ) детектированием, с помощью которого определяли содержание 20-гидроксиэкдизона [14, 15]. Содержание 20-гидроксиэкдизона в изучаемых средствах составило не менее 3% в экстракте сухом *R. uniflorum* и не менее 2% в экстракте сухом *S. centauroides*. Принимая во внимание, что наиболее выраженное антигипоксическое влияние испытываемые фитоэкстракты проявляют в дозах

100 и 200 мг/кг [3–5, 13], в данной работе их вводили животным в наименьшей эффективной дозе — 100 мг/кг.

Исследования выполнены на 32 сертифицированных белых крысах-самцах Wistar исходной массой 160–180 г, полученных из филиала «Столбовая» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России. Содержание животных соответствовало «Правилам лабораторной практики» (GLP) и Приказу Минздрава России № 199н от 01.04.2016 г. «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Крысы содержались в одинаковых условиях, по 10 особей в клетке, со свободным доступом к пище и воде. Перед началом экспериментов животных, отвечающих критериям включения в эксперимент, распределяли на группы с учетом принципа рандомизации. Экспериментальную работу осуществляли в соответствии с «Правилами, принятыми в Европейской конвенции по защите позвоночных животных» (Страсбург, 1986 г.). Протокол исследования согласован с этическим комитетом ИОЭБ СО РАН.

Животные были разделены на четыре группы: интактная, контрольная и две опытных. Животным опытной группы I внутрижелудочно вводили экстракт сухой *R. uniflorum*, опытной группы II — экстракт сухой *S. centauroides*. Исследуемые средства в дозе 100 мг/кг вводили животным в течение 14-ти дней, последнее введение осуществляли за 30 мин до воспроизведения гипобарической гипоксии. Животные интактной и контрольной групп получали воду, очищенную по аналогичной схеме. На 14-е сут эксперимента животных контрольной и опытных групп подвергали острой гипобарической гипоксии с последующей трёхчасовой реоксигенацией. Острую гипобарическую гипоксию моделировали путём «подъема» лабораторных животных в барокамерной установке на «высоту» 9000 м со средней скоростью 50 м/с и находже-

ния их в этих условиях в течение 30 мин. Через 3 ч после восстановления исходного режима кислородного обеспечения крыс декапитировали под эфирным наркозом.

Материалом для исследования служила кора больших полушарий головного мозга. Гистологические срезы, приготовленные по стандартной методике, окрашивали крезилвиолетом по Нисслию. Морфологические и морфометрические исследования коры больших полушарий головного мозга проводили с помощью микроскопа «Axio LAB.A1» с цифровой камерой «AxioCam ERc5s» с программным обеспечением для анализа изображений Axio Vision SE64 Rel.4.8.3 и ZEN 2012. Во II–V слоях коры больших полушарий оценивали степень поражения нейронов путём подсчёта процентного содержания нейронов, которые дифференцировали на четыре категории – нормохромные, резко гипохромные, резко гиперхромные (пикнотические) и «клетки-тени».

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью пакета программ Statistica for Windows 6.0. Статистические различия оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при достигнутом уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты морфологических исследований показали, что на фоне гипоксии/реоксигенации в коре больших полушарий развиваются структурные изменения, характеризующиеся увеличением количества резко гиперхромных пикнотических нейронов (в 5,5 раза), а также нейронов с тотальным лизисом тигроидного вещества (в 3,5 раза) по сравнению с данными животных интактной группы. В отличие от последних, в «клетках-тенях», число которых у животных контрольной группы повысилось относительно интактного показателя в 9,0 раз, на фоне бледно окрашенной гомогенной цитоплазмы ядерные компоненты (мембрана, ядрышко, хроматин) не контурировались. Тела пикнотических нейронов были уменьшены в размерах, а апикальный истонченный дендрит прослеживался на длительном расстоянии (рис. а). Пикнотические нейроны отмечались в большинстве случаев в III и V слоях коры, тогда как «клетки-тени» — диффузно во всех слоях. Явления нейронофагии и сателлитоза отмечались единично, что сопоставимо с интактом. Определялся периваскулярный и перицеллюлярный отёк. В ядрах нормохромных нейронов отмечалось снижение количества ядрышек и увеличение объема гетерохроматина.

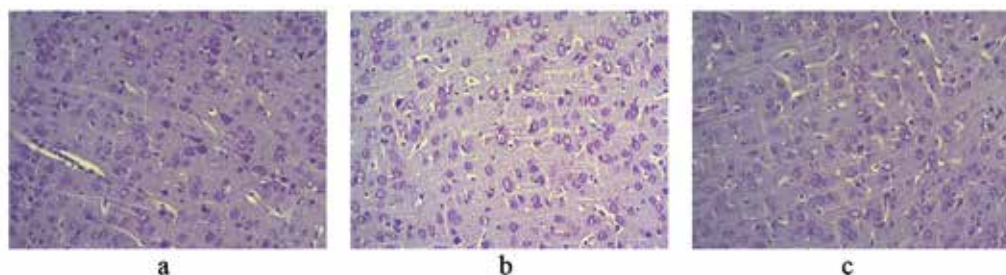


Рис. Кора больших полушарий белых крыс при гипобарической гипоксии/реоксигенации. Окраска крезилвиолетом по Нисслию. Ув. $\times 200$.

Примечание: а – животное контрольной группы; б – животное, получавшее экстракт сухой *R. uniflorum*; с – животное, получавшее экстракт сухой *S. centauroides*.

Fig. The white rat cerebral cortex under hypobaric hypoxia/reoxygenation. Nissl staining with cresyl violet. Magn. $\times 200$.
Note: a – a control animal; b – an animal having received *R. uniflorum* dry extract; c – an animal having received *S. centauroides* dry extract.

Таблица. Влияние экстрактов сухих *Rhaponticum uniflorum* и *Serratula centauroides* на морфометрические показатели коры больших полушарий белых крыс при гипобарической гипоксии/реоксигенации

Table. Effects of *Rhaponticum uniflorum* and *Serratula centauroides* dry extracts on the morphometric parameters of the white rat cerebral cortex under hypobaric hypoxia/reoxygenation

Тип клеток, %	Группы животных			
	Интактная (Н ₂ О дист.)	Контрольная (ГГ/Р + Н ₂ О дист.)	Опытная I (ГГ/Р + экстракт <i>R. uniflorum</i>)	Опытная II (ГГ/Р + экстракт <i>S. centauroides</i>)
Нормохромные	96,1±0,42	86,9±1,05*	94,9±0,36**	93,7±0,42**
Резко гипохромные	0,6±0,08	2,1±0,46*	0,2±0,11**	0,3±0,10**
Резко гиперхромные	0,2±0,01	1,1±0,35*	0,7±0,23	0,6±0,19
«Клетки-тени»	1,1±0,09	9,9±0,76*	4,2±0,21**	5,4±0,41**

Примечание: ГГ/Р – гипобарическая гипоксия/реоксигенация; * – различия статистически значимы между интактной и контрольной группами при $p < 0,05$; ** – различия статистически значимы между контрольной и опытной группами при $p < 0,05$.

Note: ГГ/Р – hypobaric hypoxia/reoxygenation; * – differences between the control and intact groups are significant at $p < 0.05$; ** – differences between the control and experimental groups are significant at $p < 0.05$.

На фоне введения животным экстрактов *R. uniflorum* и *S. centauroides* в коре больших полушарий наблюдались менее выраженные структурные изменения по сравнению с контролем (рис. b, c): количество пикнотических нейронов было ниже на 36 и 45%, резко гипохромных нейронов — в 10,5 и 7,0 раз, «клеток-теней» — в 2,4 и 1,8 раза соответственно (табл.). Среди нормохромных нейронов отмечались нейроны с умеренным периферическим гипо- и гиперхроматозом, что свидетельствует об их функциональной активности. На микропрепаратах животных опытных групп «клетки-тени» встречались в поле зрения единично, и, как следствие, «места опустошений» при малом увеличении не отмечались. Периваскулярный и перичеллюлярный отёки были менее выражены по сравнению с контролем.

Ограничение образования у животных опытных групп регрессивных форм нейронов свидетельствует о повышении устойчивости тканей головного мозга к гипоксии на фоне применения исследуемых экстрактов, что обусловлено содержанием в *R. uniflorum* и *S. centauroides* широкого спектра биологически активных веществ: экистероидов, флавоноидов, терпеноидов, фенольных и органических кислот и т. д.

Экспериментальные исследования показывают выраженное нейропротективное влияние фитоэкистероидов при токсических, дегенеративных и сосудистых повреждениях нервной системы [8, 9]. Существенный вклад в проявление нейропротективной активности вносят флавоноиды, терпеноиды и фенолкарбоновые кислоты, обладающие антиоксидантной активностью, препятствующие генерации и повреждающему действию активных форм кислорода и тем самым повышающие эффективность сопряжения тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования [7, 11, 12, 18]. Кроме того, многочисленные исследования показывают, что лекарственные растения и их соединения оказывают нейропротекторное влияние за счёт регулирования белков, связанных с антиапоптозной и противовоспалительной активностью [10, 16, 17].

Таким образом, исследуемые средства — экстракты сухие *R. uniflorum* и *S. centauroides* — в экспериментально-терапевтической дозе 100 мг/кг оказывают выраженное нейропротективное действие на фоне гипобарической гипоксии/реоксигенации, ограничивая образование дистрофически изменённых и регрессивных форм нейронов в коре больших полушарий белых крыс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Грачёв В.И., Маринкин И.О., Севрюков И.Т. Влияние гипоксии на центральную нервную систему, органы и ткани с учетом возрастных особенностей. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2018;19:3–20. [Grachev V.I., Marinkin I.O., Sevryukov I.T. Vliyaniye gipoksii na central'nyuyu nervnyuyu sistemuyu, organy i tkany s uchetom vuzrastnykh osobennostey [The influence of hypoxia on the central nervous system, organs and tissues, taking into account age characteristics]. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2018;19:3–20. (In Russian)].
2. Николаева И.Г., Цыбиктарова Л.П., Гармаева Л.Л., Николаева Г.Г., Оленников Д.Н., Матханов И.Э. Определение содержания эцистероидов в сырье *Rhaponticum uniflorum* и *Serratula centauroides* методом хроматоспектрофотометрии. *Журнал аналитической химии*. 2017;72(8):733–741. [Nikolaeva I.G., Tsybiktaro-va L.P., Garmayeva L.L., Nikolaeva G.G., Olennikov D.N., Mathanov I.E. Opredeleniye sodержaniya ecdysteroidov v syr'e *Rhaponticum uniflorum* i *Serratula centauroides* metodom chromatospetrofotometrii [Determination of ecdysteroids in *Rhaponticum uniflorum* and *Serratula centauroides* raw materials by chromatography–UV spectrophotometry]. *Journal of Analytical Chemistry*. 2017;72(8):733–741. (In Russian)]. DOI: 10.7868/S0044450217080047.
3. Разуваева Я.Г., Маркова К.В., Торопова А.А., Оленников Д.Н. Влияние экстракта сухого *Rhaponticum uniflorum* на поведение белых крыс в тестах с положительным подкреплением. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2020;23(11):28–33. [Razuvaeva Ya.G., Markova K.V., Toropova A.A., Olennikov D.N. Vliyaniye ekstrakta sukhogo *Rhaponticum uniflorum* na povedeniye belykh krysov v testakh s pozitivnym podkrepleniyem [Influence of the *Rhaponticum uniflorum* dry extract on the behavior of white rats in positive supported tests]. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii* [Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry]. 2020;23(11):28–33. (In Russian)]. DOI: 10.29296/25877313-2020-11-00 02.07.
4. Свиридов И.В. *Адаптогенные свойства экстракта сухого *Serratula centauroides* L.* Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Улан-Удэ, 2016:22. [Sviridov I.V. *Adaptogennyye svoystva ekstrakta sukhogo *Serratula centauroides* L.* [Adaptogenic properties of dry extract of *Serratula centauroides* L]. Abstract of dis. ... Cand. Sci. (Med.). Ulan-Ude, 2016:22. (In Russian)].
5. Татаринова Н.К. *Адаптогенные свойства экстрактов *Fornicium uniflorum* L.* Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Улан-Удэ, 2017:20. [Tatarinova N.K. *Adaptogennyye svoystva ekstraktoy Fornicium uniflorum* L. [Adaptogenic properties of extracts of *Fornicium uniflorum* L.]. Abstract of dis. ... Cand. Sci. (Med.). Ulan-Ude, 2017:20. (In Russian)].
6. Шантанова Л.Н., Дашиев Д.Б., Раднаева Д.Б., Петрова Т.Г. Адаптогены в тибетской медицине. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2008;3:175. [Shantanova L.N., Dashiev D.B., Radnaeva D.B., Petrova T.G. Adaptogeny v tibetskoy medicine [Adaptogens in Tibetan medicine]. *Bjulleten' VSNC SO RAMN* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Science]. 2008;3:175. (In Russian)].
7. Amirzargar N., Heidari-Soureshjani S., Yang Q., Abbaszadeh S., Khaksarian M. Neuroprotective effects of medicinal plants in cerebral hypoxia and anoxia: a systematic review. *Nat. Prod. J.* 2020;10(5):550–565. DOI: 10.2174/2210315509666190820103658.
8. Bajguz A., Bařkala I., Talarek M. Chapter 5 — ecdysteroids in plants and their pharmacological effects in vertebrates and humans. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 2015;45:121–145. DOI: 10.1016/B978-0-444-63473-3.00005-8.
9. Cahlikova L., Macakova K., Chlebek J., Host'alková A., Kulhánková A., Opletal L. Ecdysterone and its activity on some degenerative diseases. *Nat. Prod. Commun.* 2011;6(5):707–718. DOI: 10.1177/1934578X1100600527.
10. Cui H.Y., Zhang X.J., Yang Y., Zhang C., Zhu C.H., Miao J.Y., Chen R. Rosmarinic acid elicits neuroprotection in ischemic stroke via Nrf2 and heme oxygenase 1 signaling. *Neural Regen. Res.* 2018;13(12):2119–2128. DOI: 10.4103/1673-5374.241463.
11. Kashyap D., Tuli H.S., Sharma A.K. Ursolic acid (UA): a metabolite with promising therapeutic potential. *Life Sci.* 2016;146:201–213. DOI: 10.1016/j.lfs.2016.01.017.
12. Nabavi S.F., Braidyn N., Gortzi O., Sobarzo-Sanchez E., Daglia M., Skalicka-Woźniak K., Nabavi S.M. Luteolin as an anti-inflammatory and neuroprotective agent: a brief review. *Brain Res. Bull.* 2015;119(A):1–11. DOI: 10.1016/j.brainresbull.2015.09.002.
13. Nikolaev S.M., Nikolaeva I.G., Razuvaeva Y.G., Matkhanov I.E., Shantanova L.N., Nikolaeva G.G., Tsybiktarova L.P. Phenolic compounds of *Serratula centauroides* and anxiolytic effect. *Farmacia*. 2019;67(3):504–510. DOI: 10.31925/farmacia.2019.3.19.
14. Olennikov D.N. Minor ecdysteroids from *Rhaponticum uniflorum* leaves from Eastern Siberia. *Chem. Nat. Compd.* 2018;54(4):798–800. DOI: 10.1007/s10600-018-2480-2.
15. Olennikov D.N., Kashchenko N.I. Phytoecdysteroids of *Serratula centauroides* herb from Cisbaikalia. *Russ. J. Bioorganic Chem.* 2019;45:69–75. DOI: 10.1134/S1068162019070094.
16. Qiao H., Zhang X., Zhu C., Dong L., Cao X. Luteolin downregulates TLR4, TLR5, NF-κB and p-p38MAPK expression, upregulates the p-ERK expression,

- and protects rat brains against focal ischemia. *Brain Res.* 2012;1448:71–81. DOI: 10.1016/j.brainres.2012.02.003.
17. Szwajgier D., Borowiec K., Pustelniak K. The neuroprotective effects of phenolic acids: Molecular mechanism of action. *Nutrients.* 2017;9(5):477. DOI: 10.3390/nu9050477.
18. Tu F., Pang Q., Huang T., Zhao Y., Liu M., Chen X. Apigenin ameliorates post-stroke cognitive deficits in rats through histone acetylation-mediated neurochemical alterations. *Med. Sci. Monit.* 2017;23:4004–4013. DOI: 10.12659/msm.902770.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Маркова Кристина Владимировна*, ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН; ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова»;
e-mail: kristen_kartland@mail.ru

Разуваева Янина Геннадьевна, д.б.н., ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН;
e-mail: tatur75@mail.ru

Торопова Анюта Алексеевна, к.б.н., ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН;
e-mail: anyuta-tor@mail.ru

Оленников Даниил Николаевич, д.фарм.н., ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН;
e-mail: olennikovdn@mail.ru

Kristina V. Markova*, Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Banzarov Buryat State University;
e-mail: kristen_kartland@mail.ru

Yanina G. Razuvaeva, Dr. Sci. (Biol.), Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
e-mail: tatur75@mail.ru

Anyuta A. Toropova, Cand. Sci. (Biol.), Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
e-mail: anyuta-tor@mail.ru

Daniil N. Olennikov, Dr. Sci. (Pharm.), Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
e-mail: olennikovdn@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author