

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 615.454.1

<https://doi.org/10.17021/2712-8164-2025-2-28-33>

3.4.1. Промышленная фармация
и технология получения лекарств
(фармацевтические науки)

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕЛЕВОЙ ОСНОВЫ РАНОЗАЖИВЛЯЮЩЕГО СРЕДСТВА ПУТЕМ ОЦЕНКИ МУКОАДГЕЗИВНЫХ СВОЙСТВ

Сергей Витальевич Рытченков, Виктория Юрьевна Рытченкова,

Сергей Викторович Поройский, Мария Кахаевна Макалатия,

Диана Шайдулловна Капизова

Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

Аннотация. При разработке ранозаживляющих средств необходимо учитывать показатели силы мукоадгезии и времени их удержания на месте нанесения, поскольку эти свойства определяют время высвобождения лекарственного вещества и эффективность лекарственного препарата. **Цель.** Подбор гелевой основы с высокими показателями мукоадгезии. **Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны пять модельных образцов гелей, изготовленных с использованием потенциально перспективных гелеобразователей с высокой степенью мукоадгезии: хитозан, альгинат натрия, карбопол, метилцеллюлоза, натрий-карбоксиметилцеллюлоза. Для изучения мукоадгезии были определены сила отрыва гелевых композиций и время удержания на месте нанесения. **Результаты.** Отобрана композиция, способная дольше сохранять свою структуру и оставаться на месте нанесения, обеспечивая длительное высвобождение активного компонента. **Заключение.** Обоснован выбор перспективной основы для создания ранозаживляющего геля. На основании полученных данных выбран карбопол как оптимальный гелеобразователь.

Ключевые слова: мукоадгезия, биодеградация, гелевые основы, ранозаживляющий гель

Для цитирования: Рытченков С. В., Рытченкова В. Ю., Поройский С. В., Макалатия М. К., Капизова Д. Ш. Подбор оптимальной гелевой основы ранозаживляющего средства путем оценки мукоадгезивных свойств // Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2025. Т. 6, № 2. С. 28–33. <https://doi.org/10.17021/2712-8164-2025-2-28-33>.

ORIGINAL INVESTIGATION

Original article

GEL-BASED WOUND HEALING PRODUCTS: TECHNOLOGICAL RESEARCH, SEARCH FOR WAYS TO USE

Sergey V. Rytchenkov, Victoria Yu. Rytchenkova, Sergey V. Poroyskiy,

Maria K. Makalatia, Diana S. Kapizova

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

Abstract. When developing wound healing agents, it is necessary to take into account the strength of mucoadhesion and the time of their retention at the application site, since these properties determine the release time of the drug and the effectiveness of the drug. **Goal.** Selection of a gel base with high rates of mucoadhesion. **Materials and methods.** 5 model samples of gels made using potentially promising gelling agents with a high degree of mucoadhesion were selected as objects of research: chitosan, sodium alginate, carbopol, methylcellulose, sodium carboxymethylcellulose. To study mucoadhesion, the separation force of gel compositions and the retention time at the application site were determined. **Results.** As a result of the conducted research, a composition was selected that is able to maintain its structure longer and remain at the application site, ensuring a long-term release of the active component. **Conclusion.** In the course of the conducted research, the choice of a promising basis for creating a wound-healing gel was substantiated. Based on the data obtained, carbopol was selected as the optimal gel-forming agent.

Key words: mucoadhesion, drugs, biodegradation, wound healing gel, chitosan

For citation: Rytchenkov S. V., Rytchenkova V. Yu., Poroyskiy S. V., Makalatia M. K., Kapizova D. S. Selection of the optimal gel base of the wound healing agent by evaluating the mucoadhesive properties. Caspian Journal of Medicine and Pharmacy. 2025; 6 (2): 28–33. <https://doi.org/10.17021/2712-8164-2025-2-28-33> (In Russ.)

Введение. Такие особенности слизистых, как постоянное движение и влажная поверхность [1], негативно сказываются на взаимодействии лекарственных препаратов с тканями, что, в свою очередь, замедляет заживление и регенерацию. Для решения данной проблемы в медицине все чаще применяются лекарственные формы на основе гидрофильных полимеров, отличающихся высокой мукоадгезией.

Перспективной является разработка ранозаживляющих лекарственных средств (ЛС) в форме гелей, состоящих из гидрофильных полимеров, удлиняющих время удержания лекарственной формы (ЛФ) на слизистой оболочке, что ведет к пролонгированному высвобождению лекарственного вещества (ЛВ) и увеличению эффективности лечения [2, 3].

Явление мукоадгезии, способности некоторых материалов адгезироваться к поверхности слизистых тканей, занимает одно из главных мест в разработке ранозаживляющих средств, поскольку напрямую влияет на терапевтический эффект. Композиции с данным эффектом способствуют более продуктивному взаимодействию со слизистой, что приводит к повышению скорости процессов заживления и регенерации тканей. Использование таких полимеров является перспективным направлением местной терапии пациентов, так как они обеспечивают устойчивый контакт действующих веществ с поверхностью слизистых оболочек, улучшая фармакокинетические характеристики лекарственных препаратов. Так, в исследованиях показано, что гелеобразующие полимеры, такие как хитозан, альгинат натрия (Na-альгинат), карбопол, метилцеллюлоза (МЦ), натрий-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ), способны надежно фиксироваться на месте нанесения [4].

Хитозан – природный полимер, обладающий рядом уникальных свойств, биологической активностью и совместимостью с тканями человека. Этот полимер по структуре схож с целлюлозой, одним из ключевых компонентов природных волокнистых материалов. Следовательно, хитозан, как и целлюлоза, обладает геле- и пленкообразующими свойствами. Благодаря биосовместимости с тканями человека, низкой токсичности, способности усиливать регенеративные процессы при заживлении ран, биодеградируемости такой материал представляет особый интерес для медицины [5]. Его эффективность в лечении ран обусловлена способностью воздействовать на иммунную систему, стимулируя макрофаги. Хитозан также обладает бактериостатическим действием. Препараты, содержащие хитозан, способствуют сокращению времени терапии, минимизируют применение местных антибиотиков, обладающих кумулятивным эффектом [5].

Альгинат натрия – ионогенный полисахарид, получаемый путем щелочной экстракции бурых водорослей, сохраняет свою значимость среди водорастворимых полимеров природного происхождения благодаря комплексу ценных свойств. Водорастворимость, нетоксичность и высокая загущающая способность обуславливают широкое применение этого полисахарида в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности. Перспективность использования альгината натрия связана с его способностью формировать гидрогели в водных растворах при добавлении солей бивалентных металлов. Высокая водоудерживающая способность, отсутствие токсичности и биодеградируемость альгинатных гидрогелей позволяют разрабатывать на их основе новые материалы. В частности, такие гидрогели могут быть использованы при создании биодеградируемых лекарственных форм и ранозаживляющих покрытий [6].

Карбопол – это полимер, производный акриловой кислоты. Он нетоксичен и не вызывает раздражения, поэтому подходит для приготовления гелей. Карбопол 940 часто используется в качестве загустителя при получении суспензий, эмульсий, а также основы при создании гелей. Для получения хорошего гелеобразующего средства необходимо учитывать концентрацию карбопола 940 [7]. Гели на основе карбопола однородны, прозрачны и бесцветны с оптимальными реологическими характеристиками. Гель может храниться до восьми месяцев, сохраняя свои свойства неизменными. Гели на основе карбопола обладают рядом преимуществ по сравнению с другими структурообразующими компонентами: при нанесении на кожу они образуют тончайшие гладкие пленки, хорошо распределяемые по слизистой и кожной поверхности, обеспечивая пролонгированный эффект ЛП и равномерно высвобождая действующие вещества [8].

Na-КМЦ представляет собой мелкозернистый волокнистый или порошкообразный полимер, хорошо растворимый в воде. Наиболее значимым свойством Na-КМЦ является способность образовывать при различной температуре растворы, вязкость которых может варьироваться, что определяет

дальнейшее применение полимера, например, раствор со стабилизирующим и загустительным эффектом или образование пленки [9]. Гелевые системы на основе Na-КМЦ обладают уникальной способностью удерживать более 90 % воды [10].

МЦ – синтетический нетоксичный эфир, полученный из целлюлозы, имеет вид белого порошка или гранул, хорошо растворим в воде с образованием вязкого, прозрачного раствора, который при нагревании коагулирует, а при охлаждении вновь переходит в раствор. На данный момент МЦ широко используется в косметических и ЛС в связи с тем, что водные растворы обладают высокой адгезивной способностью при совмещении с биологически активными веществами [11].

Цель: подобрать основу ранозаживляющего геля с высокими показателями мукоадгезии.

Материалы и методы. В качестве мукоадгезивных гелей были получены образцы на основе хитозана (“Orison Chemicals Limited”, Китай, CAS № 148411-57-8), Na-альгината («Sigma-Aldrich», CAS № 9005-38-3, США), карбопола 940 (“Sisco Research Laboratories”, Индия), МЦ (“Sigma-Aldrich”, CAS № 9004-67-5, США), Na-КМЦ (“Sigma-Aldrich”, CAS № 9004-32-4, США). Для растворения компонентов была использована вода очищенная (ФС.2.2.0020). Смешивание компонентов осуществляли с помощью верхнеприводной мешалки (RW 14 BASIC, IKA, Германия) [12]. Составы гелевых композиций представлены в таблице 1.

Таблица 1. Состав гелевых композиций, используемых в исследовании
Table 1. The composition of gel compositions used in the study

Ингредиенты	Составы, г				
	1	2	3	4	5
Na-КМЦ	–	–	–	–	0,5
МЦ	–	–	–	0,5	–
Карбопол 940	–	–	0,05	–	–
Na-альгинат	–	0,3	–	–	–
Хитозан	0,3	–	–	–	–
Вода очищенная	–	9,2	9,95	9,0	9,0
Глицерин	0,5	0,5	–	0,5	0,5
Уксусная кислота 1 %	9,2	–	–	–	–
NaOH (1 M)	–	–	15 капель	–	–

Для получения геля на основе хитозана к уксусной кислоте добавили полимер и интенсивно перемешали. Далее к полученной смеси добавили глицерин и гомогенизовали. С целью получения композиции на основе Na-альгината к полимеру добавили половинное количество воды и оставили для набухания в течение 1 ч. После набухания произвели интенсивное перемешивание, внесли глицерин и гомогенизовали. При получении геля на основе карбопола воду предварительно нагрели до 50 °C, после чего медленно прибавили карбопол при постоянном перемешивании до растворения полимера, затем к полученной смеси по каплям добавили NaOH (1 M) – 15 капель. После чего образовавшийся вязкий гель перемешали до однородности. Для получения геля МЦ половинное количество воды добавили к полимеру, после чего перемешали. Полученную смесь поместили в холодильник при температуре 3 ± 1°C на 1 ч. По истечении времени добавили оставшуюся часть воды, интенсивно перемешали. К полученной смеси добавили глицерин и гомогенизовали до формирования однородной массы. Получение геля Na-КМЦ проводили путем постепенного добавления полимера к воде при перемешивании, которое продолжали до достижения гомогенного состояния. Затем ввели глицерин и продолжили перемешивание до формирования однородного геля.

Силу мукоадгезии изучали с помощью динамометра «Мегеон 53050» (Китай) по модифицированной методике, предложенной Е. А. Харенко и соавт. [13]. Образцы гелей наносили на платформу динамометра и прижимали к слизистой оболочке очищенного свиного кишечника, закрепленного на пластиковой подложке с помощью силиконового клея, с усилием 1 Н в течение 60 с. Динамометр отводили в противоположную сторону со скоростью 0,1 мм/с и фиксировали силу отрыва (Н).

Время удержания гелевых композиций на месте нанесения изучали следующим образом. Исследуемые образцы в количестве 1,0 г наносили равномерно на слизистую оболочку свиного кишечника, закрепленного на силиконовой трубке, и погружали в лабораторный стакан с водой. Перед погружением

фиксирували массу исследуемого образца, обозначая ее как первоначальную (S_0) [14, 15]. Лабораторный стакан устанавливали на магнитную мешалку, регулируя количество оборотов. Скорость вращения магнитной мешалки составляла 100 об/мин. Изучение биодеградации геля проводили через 15 мин (S_1), 30 мин (S_2), 45 мин (S_3), 60 мин (S_4) путем повторного взвешивания. Степень биодеградации определяли по формуле:

$$X \% = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100 \%,$$

где S_0 – начальная масса образца;

S_1 – масса образца через 15, 30, 45, 60 мин.

Все полученные значения подвергали описательной статистике, вычисляли средние величины и стандартные отклонения (представленные как $M \pm m$). Статистически значимыми считались различия при достигнутом уровне вероятности менее 0,05 ($p < 0,05$). Каждое измерение проводили шестикратно для повышения точности статистического анализа итоговых данных.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных исследований можно сделать выводы относительно мукоадгезивных характеристик различных гелевых основ.

Анализ изменения массы образцов показал, что композиция № 3 демонстрирует наименьшую степень биодеградации среди всех исследованных образцов. Это свидетельствует о том, что данная композиция способна дольше сохранять свою структуру и оставаться на месте нанесения, обеспечивая длительное высвобождение активного компонента. Результаты исследования степени биодеградации представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение массы образцов в течение процесса биодеградации
Table 2. Change in the mass of samples over time

Период определения	Степень биодеградации, %				
	Исследуемый состав				
	1	2	3	4	5
S_1	$4,7 \pm 0,04$	$6,6 \pm 0,02$	$2,0 \pm 0,02$	$5,3 \pm 0,03$	$6,1 \pm 0,03$
S_2	$5,6 \pm 0,03$	$8,2 \pm 0,03$	$3,1 \pm 0,01$	$6,2 \pm 0,03$	$7,2 \pm 0,02$
S_3	$6,1 \pm 0,04$	$9,4 \pm 0,02$	$4,2 \pm 0,01$	$8,1 \pm 0,02$	$9,4 \pm 0,03$
S_4	$7,2 \pm 0,03$	$10,0 \pm 0,02$	$5,6 \pm 0,02$	$10,2 \pm 0,02$	$11,1 \pm 0,02$

По результатам проведенных исследований, наименьшее значение силы адгезии имела композиция на основе Na-КМЦ – $0,9 \pm 0,01$; значение для геля на основе МЦ составило $1,0 \pm 0,03$; образцы из Na-альгината и хитозана показали значение $1,1 \pm 0,01$; наибольший показатель силы адгезии среди всех исследуемых образцов имела композиция, состоящая из карбопола 940, – $1,2 \pm 0,03$. Высокая сила адгезии обеспечивает надежную фиксацию геля к слизистой оболочке, предотвращая преждевременное смывание или удаление препарата.

Заключение. В результате проведенных исследований была обоснована необходимость подбора оптимальной гелевой основы для разработки эффективного ранозаживляющего средства. Проведенные эксперименты показали, что наиболее оптимальной является гелевая основа, содержащая карбопол, демонстрирующая низкую скорость биодеградации и максимальную силу адгезии. Эти характеристики позволяют обеспечить надежную фиксацию средства на пораженной области, улучшая терапевтический эффект и продлевая срок воздействия лекарственного вещества.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Author's contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источники финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования статьи.

Funding source. The authors declare that there is not external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Харенко Е. А., Ларионова Н. И., Демина Н. Б. Мукоадгезивные лекарственные формы (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2009. Т. 43, № 4. С. 21–29.
2. Инагамов С. Я., Мухамеджанова М. Ю., Мухамедов Г. И. Поликомплексные гели на основе натрий карбоксиметилцеллюлозы – новые пролонгаторы лекарственных препаратов // Химия растительного сырья. 2011. Т. 4, № 2. С. 51–56.
3. Бахрушина Е. О., Михел И. Б., Пыжов В. С., Демина Н. Б., Краснюк И. И. (мл.), Краснюк И. И. Разработка IN SITU интраназальной системы на основе формиата хитозана // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2022. Т. 174, № 9. С. 2–6.
4. Shaikh T. R., Garland M. J., Woolfson A. D. Mucoadhesive drug delivery systems // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences. 2011. Vol. 3. P. 89–100.
5. Камская В. Е. Хитозан: структура, свойства и использование. Научное обозрение // Биологические науки. 2016. № 6. С. 36–42.
6. Юсова А. А., Гусев И. В., Липатова И. М. Свойства гидрогелей на основе смесей альгината натрия с другими полисахаридами природного происхождения // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 59–66.
7. Safitri F. I., Nawangsari D., Febrina D. Overview: Application of carbopol 940 in gel // International Conference on Health and Medical Sciences (AHMS 2020). Atlantis Press, 2021. P. 80–84.
8. Фазлиев С. А., Аминов С. Н. Технология получения гемостатического геля «лагоден» на основе карбопола // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4, № 6. С. 44–53.
9. Денисова М. Н., Будаева В. В., Минаев К. М. Натрий-карбоксиметилцеллюлоза как основной компонент полисахаридных реагентов (обзор) // Ползуновский вестник. 2016. Т. 1, № 4. С. 5–9.
10. Холназаров Б. А., Тураев Х. Х., Назаров Ю. Э. Синтез гидрогелей на основе биоматериалов крахмала и натрий-карбоксиметилцеллюлозы // Universum: химия и биология. 2020. Т. 10 (76). С. 57–60.
11. Сантурян Ю. Г., Елоховский В. Ю., Власова Е. Н., Панафин Е. Ф. Исследование физико-химических свойств гидрогелей на основе метилового эфира целлюлозы // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90, № 2. С. 231–235.
12. Рытченков С. В., Поройский С. В., Степанова Э. Ф., Татаренко-Козьмина Т. Ю., Плетень А. П. Фармацевтическая разработка адгезивного геля на базе биодеградируемого природного комплекса // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2024. Т. 27, № 5. С. 23–30.
13. Харенко Е. А., Ларионова Н. И., Демина Н. Б. Мукоадгезивные лекарственные формы: количественная оценка взаимодействия пленок из синтетических и природных полимеров со слизистой тканью // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42, № 7. С. 17–24.
14. Степанова Э. Ф., Ковтун Е. В., Бунтян Н. Д., Мониб М. И. Даду, Привалов И. М., Плетень А. П. Изучение и подбор оптимальных реологических характеристик гелевых композиций пирацетама для интраназального применения // Российский биотерапевтический журнал. 2024. Т. 23, № 3. С. 78–85.
15. Пальвинский А. Г., Бахрушина Е. О., Холина П. А., Краснюк И. И. Биофармацевтическое изучение стоматологического геля берберина бисульфата // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2022. Т. 25, № 3. С. 10–14.

References

1. Kharenko E. A., Larionova N. I., Demina N. B. Mucoadhesive dosage forms (review). Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal = Chemical and Pharmaceutical Journal. 2009; 43 (4): 21–29 (In Russ.).
2. Inagamov S. Ya., Mukhamedzhanova M. Yu., Mukhamedov G. I. Polycomplex gels based on sodium carboxymethylcellulose – new prolongators of medicines. Khimiya rastitelnogo syrya = Chemistry of plant raw materials. 2011; 4 (2): 51–56 (In Russ.).
3. Bakhrushina E. O., Mikhel I. B., Pyzhov V. S., Demina N. B., Krasnyuk (Jr.) I. I., Krasnyuk I. I. In situ development of an intranasal system based on chitosan formate. = Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2022; 174 (9): 2–6 (In Russ.).
4. Shaikh T. R., Garland M. J., Woolfson A.D. Mucoadhesive drug delivery systems. Journal of pharmacy and Bioallied Sciences. 2011; 3: 89–100.
5. Kamskaya V. E. Chitosan: structure, properties and use. Scientific review. Biologicheskie nauki = Biological Sciences. 2016; 6: 36–42 (In Russ.).
6. Yusova A. A., Gusev I. V., Lipatova I. M. Properties of hydrogels based on mixtures of sodium alginate with other polysaccharides of natural origin. Khimiya rastitelnogo syrya = Chemistry of vegetable raw materials. 2014; 4: 59–66 (In Russ.).
7. Safitri F. I., Nawangsari D., Febrina D. Overview: Application of Carbopol 940 in Gel. Proceedings of the International Conference on Health and Medical Sciences (AHMS 2020). Atlantis Press; 2021.
8. Fazliev S. A., Aminov S. N. Technology of obtaining a hemostatic gel “lagoden” based on carbopol. Farmatsiya i farmakologiya = Pharmacy and pharmacology. 2016; 4 (6): 44–53 (In Russ.).
9. Denisova M. N., Budaeva V. V., Minaev K. M. Sodium-carboxymethylcellulose as the main component of polysaccharide reagents (review). Polzunovskiy vestnik = Polzunovsky Bulletin. 2016; 1 (4): 5–9 (In Russ.).

10. Kholnazarov B. A., Turaev H. H., Nazarov Y. E. Synthesis of hydrogels based on starch and sodium-carboxymethylcellulose biomaterials. Universum: khimiya i biologiya = Universum: chemistry and Biology. 2020; 10 (76): 57–60 (In Russ.).
11. Santuryan Yu. G., Elokhovsky V. Y., Vlasova E. N., Panarin E. F. Investigation of physico-chemical properties of hydrogels based on cellulose methyl ester. Zhurnal prikladnoy khimii = Journal of Applied Chemistry. 2017; 90 (2): 231–235 (In Russ.).
12. Rytchenkov S. V., Poroyskiy S. V., Stepanova E. F., Tatarenko-Kozmina T. Y., Pleton A. P. Pharmaceutical development of an adhesive gel based on a biodegradable natural complex. Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii = Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2024; 27 (5): 23–30 (In Russ.).
13. Kharenko E. A., Larionova N. I., Demina N. B. Mucoadhesive dosage forms: a quantitative assessment of the interaction of films made of synthetic and natural polymers with mucous tissue. Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal = Chemical and Pharmaceutical Journal. 2008; 42 (7): 17–24 (In Russ.).
14. Stepanova E. F., Kovtun E. V., Bunyatyan N. D., Monib M. I. Dadu, Privalov I. M., Pleton A. P. Study and selection of optimal rheological characteristics of piracetam gel compositions for intranasal use. Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal = Russian Biotherapeutic Journal. 2024; 23 (3): 78–85 (In Russ.).
15. Palvinsky A. G., Bakhrushina E. O., Kholina P. A., Krasnyuk I. I., Biopharmaceutical study of dental gel berberine bisulfate. Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii = Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2022; 25 (3): 10–14 (In Russ.).

Информация об авторах

С. В. Рытченков, кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, ORCID: 0009-0005-7597-4138, e-mail: rytchenkovs@gmail.com;

В. Ю. Рытченкова, ассистент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, ORCID: 0009-0005-0784-9685, e-mail: rytchenkovavy@mail.ru;

С. В. Пороyskiy, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой экстремальной медицины и безопасности жизнедеятельности, Астраханский государственный медицинский университет, ORCID: 0000-0001-6990-6482, e-mail: poroyskiy@mail.ru;

Д. Ш. Капизова, студент педиатрического факультета, Астраханский государственный медицинский университет, ORCID: 0009-0007-0068-0316, e-mail: dkapizova071@gmail.com;

М. К. Макалатия, студент педиатрического факультета, Астраханский государственный медицинский университет, ORCID: 0000-0002-7897-4636, e-mail: maria.makalatia@yandex.ru.

Information about the authors

S. V. Rytchenkov, Cand. Sci. (Pharm.), Senior Lecturer, Astrakhan State Medical University, ORCID: 0009-0005-7597-4138, e-mail: rytchenkovs@gmail.com;

V. Y. Rytchenkova, Assistant, Astrakhan State Medical University, ORCID: 0009-0005-0784-9685, e-mail: rytchenkovavy@mail.ru;

S. V. Poroyskiy, Doc. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department, Astrakhan State Medical University, ORCID: 0000-0001-6990-6482, e-mail: poroyskiy@mail.ru;

D. S. Kapizova, student, Astrakhan State Medical University, ORCID: 0009-0007-0068-0316, e-mail: dkapizova071@gmail.com;

M. K. Makalatia, student, Astrakhan State Medical University, ORCID: 0000-0002-7897-4636, e-mail: maria.makalatia@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 21.07.2025; принятая к публикации 31.07.2025.

The article was submitted 08.07.2025; approved after reviewing 21.07.2025; accepted for publication 31.07.2025.