

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-41-54>

# Импрессионная цитология в оценке динамики регенерации роговицы после кислотного ожога при лечении биостимулирующими пленками

## КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Маргарита Михайловна  
Агаркова

E-mail: agarkova.mm@stgau.ru

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Агаркова М.М., Агарков Н.В.,  
Квочко А.Н., Скрипкин В.С.,  
Дилекова О.В.

Импрессионная цитология в оценке динамики регенерации роговицы после кислотного ожога при лечении биостимулирующими пленками. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(1):41-54. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-41-54> EDN GXNEEN

ПОСТУПИЛА: 22.10.2025

ДОРАБОТАНА: 13.03.2026

ПРИНЯТА: 14.03.2026

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**COPYRIGHT:** © 2026 Агаркова М.М.,  
Агарков Н.В.,  
Квочко А.Н.,  
Скрипкин В.С.,  
Дилекова О.В.



М.М. Агаркова , Н.В. Агарков , А.Н. Квочко ,  
В.С. Скрипкин , О.В. Дилекова 

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь,  
Россия

## АННОТАЦИЯ

**ВВЕДЕНИЕ.** Химические ожоги роговицы кислотной этиологии представляют собой одну из наиболее сложных патологий в ветеринарной офтальмологии, нередко приводящую к необратимой потере зрения. Высокая распространённость травм глаз у сельскохозяйственных и мелких домашних животных, а также склонность процесса к хронизации и вторичному инфицированию обуславливают необходимость поиска новых эффективных и безопасных средств терапии, лишённых недостатков существующих препаратов (наличие антибиотиков, высокая стоимость). Перспективным направлением является разработка пролонгированных лекарственных форм на основе биогенных стимуляторов.

**ЦЕЛЬ.** Изучить цитологические процессы регенерации роговицы у кроликов после экспериментального кислотного ожога на фоне применения глазных лекарственных плёнок (ГЛП) на основе биостимулятора из ткани головного мозга (БСМ) крупного рогатого скота.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Эксперимент выполнен на 30 половозрелых кроликах породы «Серый великан», разделённых на две равные группы. Животным первой группы после моделирования ожога ежедневно применяли ГЛП на основе БСМ; животные второй группы служили контролем (без лечения). Мазки-отпечатки роговицы получали на 3, 7, 14, 21 и 28-е сутки окрашивали азур-эозином по способу Романовского-Гимза и исследовали методом световой микроскопии.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Установлено, что применение ГЛП на основе БСМ способствует закономерной смене фаз раневого процесса: острое воспаление (3–7-е сутки) сменяется пролиферацией (14-е сутки), завершаясь фазой дифференцировки и созревания эпителия к 21–28-м суткам. Цитологически трансформация стадий заживления выражалась в уменьшении дистрофических изменений, увеличении размеров ядер эпителиоцитов, нормализации клеточного состава и полном исчезновении воспалительных клеток к концу наблюдения. В контрольной группе отмечено затяжное течение с хронизацией воспаления, массивным микробным обсеменением (*Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Streptobacillus*), персистенцией нейтрофильной инфильтрации и отсутствием признаков полноценной регенерации к 28-м суткам.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Глазные лекарственные плёнки на основе биостимулятора из ткани мозга крупного рогатого скота обладают выраженным регенераторным потенциалом, купируют воспаление, снижают риск вторичного инфицирования и могут быть рекомендованы для дальнейшего изучения в качестве средства терапии химических ожогов роговицы в ветеринарной практике.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** роговица, кислотный ожог, глазные лекарственные плёнки, биостимулятор, регенерация, импрессионная цитология, кролики

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-41-54>

# Impression cytology in assessing the dynamics of corneal regeneration after acid burn treated with biostimulating films

## CORRESPONDENCE:

Margarita M. Agarkova  
E-mail: agarkova.mm@stgau.ru

## FOR CITATION:

Agarkova M.M., Agarkov N.V.,  
Kvochko A.N., Skripkin V.S.,  
Dilekova O.V.  
Impression cytology in assessing  
the dynamics of corneal  
regeneration after acid burn treated  
with biostimulating films.  
*Agrarian Bulletin of the North  
Caucasus*. 2026;16(1):41-54. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-1-41-54>

RECEIVED: 22.10.2025

REVISED: 13.03.2026

ACCEPTED: 14.03.2026

## DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

COPYRIGHT: © 2026 Agarkova M.M.,  
Agarkov N.V.,  
Kvochko A.N.,  
Skripkin V.S.,  
Dilekova O.V.



Margarita M. Agarkova , Nikolai V. Agarkov ,  
Andrei N. Kvochko , Valentin S. Skripkin , Olga V. Dilekova 

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Chemical burns of the cornea of acid etiology represent one of the most challenging pathologies in veterinary ophthalmology, often leading to irreversible vision loss. The high prevalence of eye injuries in agricultural and domestic animals, as well as the tendency of the process toward chronization and secondary infection, necessitate the search for new effective and safe therapeutic agents devoid of the disadvantages of existing drugs (presence of antibiotics, high cost). A promising direction is the development of prolonged-release dosage forms based on biogenic stimulators.

**AIM.** To study the cytological processes of corneal regeneration in rabbits after experimental acid burn against the background of the application of ophthalmic medicinal films (OMF) based on a biostimulator (BSB) from bovine brain tissue.

**MATERIALS AND METHODS.** The experiment was performed on 30 sexually mature rabbits of the Gray Giant breed, divided into two equal groups. Animals of the first group received daily applications of OMF based on BSB after burn modeling; animals of the second group served as controls (without treatment). Corneal impression smears were obtained on days 3, 7, 14, 21, and 28, stained with azure-eosin according to the Romanowsky-Giemsa method, and examined by light microscopy.

**RESULTS.** We established that the application of OMF based on BSB promotes a regular sequence of wound healing phases: acute inflammation (days 3—7) is followed by proliferation (day 14), culminating in the phase of epithelial differentiation and maturation by days 21—28. Cytologically, this was expressed in a reduction of dystrophic changes, an increase in the size of epithelial cell nuclei, normalization of cellular composition, and complete disappearance of inflammatory cells by the end of observation. In the control group, a protracted course with chronization of inflammation, massive microbial contamination (*Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Streptobacillus*), persistence of neutrophilic infiltration, and absence of signs of complete regeneration by day 28 were noted.

**CONCLUSION.** Ophthalmic medicinal films based on a BSB possess pronounced regenerative potential, arrest inflammation, reduce the risk of secondary infection, and can be recommended for further study as a therapeutic agent for chemical corneal burns in veterinary practice.

**KEYWORDS:** cornea, acid burn, ophthalmic medicinal films, biostimulator, regeneration, impression cytology, rabbits

## ВВЕДЕНИЕ

Роговица представляет собой многослойную бессосудистую структуру, образующую внешний слой глазного яблока и играющую решающую роль в защите внутриглазных структур от внешних факторов. Прозрачность роговицы оказывает непосредственное влияние на остроту зрения, поскольку участвует в преломлении света [1].

Ожоги глаз химическими веществами, в частности кислотной природы, являются одной из самых критичных для зрения ситуаций, необратимо ведущих к ухудшению зрения и слепоте [2]. Изучение модели кислотного ожога роговицы в качестве стандарта исследования фиброза рубцов и других реакций, возникающих в результате повреждения роговицы, проводится учёными достаточно часто [3].

У мелких домашних и сельскохозяйственных животных неинфекционные патологии роговицы в большинстве своем связаны с механическими повреждениями и хроническими воспалениями. Однако увеличение использования человеком в быту и в сельскохозяйственном производстве непременно ведет к учащению случаев поражения глаз животных детергентами кислотной и щелочной природы [4]. Существенным фактором появления кератитов как осложнения вследствие ожоговой травмы роговицы является несвоевременность определения владельцем развивающегося патологического процесса внутри глаза своего питомца и задержка лечения патологии [5]. К этому моменту в ткани роговицы уже могут произойти необратимые изменения, ведущие к частичной или даже полной потере зрения. В условиях больших животноводческих комплексов и фермерских хозяйств, где даже при регулярных осмотрах и проведении плановой диспансеризации можно пропустить развивающуюся патологию переднего отрезка глазного яблока [6].

Кислотные поражения глаз приводят к коагуляционному некрозу тканей, что запускает каскад патологических реакций: воспаление, изъязвление, неоваскуляризацию и помутнение роговицы [7]. В тяжелых случаях процесс может осложняться присоединением вторичной микрофлоры, что значительно ухудшает прогноз и замедляет регенерацию [8]. В связи с высокой распространенностью химических травм у сельскохозяйственных и мелких домашних живот-

ных, а также сложностью их лечения актуальным направлением остается поиск новых эффективных методов терапии, способствующих ускорению заживления и восстановлению прозрачности роговицы.

Одним из перспективных направлений является использование биологически активных веществ и гидролизированных продуктов, способных модулировать воспалительный ответ и стимулировать репаративные процессы [9–12]. Однако вопрос необходимости поиска новых форм лекарственных препаратов продолжает оставаться острым, поскольку недостатками имеющихся лекарственных форм является включение в их состав антибактериального компонента широкого спектра действия [10; 11]. Исключение из лекарственного средства данного компонента особо актуально в нынешних условиях возросшей антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов [13; 14]. Кроме того, несовершенство разработанных лекарственных форм сводится к высокой стоимости их производства [9; 12].

Разработанные нами глазные лекарственные пленки на основе биостимулятора из ткани головного мозга [15] позволяют обойти существующие сложности благодаря пролонгированному действию, обеспечивающему поступление необходимой концентрации действующих веществ в пораженную зону, а также избежать побочных явлений в виде аллергических реакций и резистентности микроорганизмов.

Цель работы – изучить цитологические процессы регенерации роговицы у кроликов после моделирования кислотного ожога на фоне применения глазных лекарственных пленок (ГЛП) на основе биостимулятора (БСМ) из ткани мозга крупного рогатого скота.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Этические аспекты

Исследование выполнено в соответствии с принципами гуманного обращения с лабораторными животными. План работы одобрен локальным независимым этическим комитетом Донского государственного технического университета (Ростов-на-Дону, Россия), протокол № 5 от 04.07.2025.

## Место проведения

Экспериментальная работа проведена на базе кафедры физиологии, хирургии и акушерства, в научно-диагностическом и лечебно-ветеринарном центре, а также в виварии института ветеринарии и биотехнологий Ставропольского государственного аграрного университета (Ставрополь, Россия).

## Объект исследования

В эксперименте использовали 30 половозрелых кроликов-самцов породы «Серый великан» в возрасте 8 месяцев и массой тела от 5 до 6 кг. Животные содержались в условиях вивария в индивидуальных клетках со свободным доступом к воде и корму. Кролики были случайным образом распределены на две экспериментальные группы по 15 особей в каждой.

## Подготовка животных и анестезия

Перед началом манипуляций всем животным проводили местную анестезию левого глаза путем инстилляции в конъюнктивальную полость 2 капель 0,4 % раствора оксибупрокаина («Инокаин») и ждали действия анестезии 15 минут. Моделирование кислотного ожога роговицы проводили по авторской методике [16]. Для выполнения процедуры животных обеих групп поочередно фиксировали в положении на правом боку с надежной иммобилизацией головы. Веки левого глаза удерживали с помощью пружинного векорасширителя. Модифицированную пипетку Пастера диаметром 2 мм заполняли 3 % раствором уксусной кислоты, прижимали строго перпендикулярно к роговице в околоцентральной зоне и удерживали в течение 60 секунд. Сразу после процедуры моделирования роговицу всех животных промывали 0,9-процентным раствором хлорида натрия в течение 15 минут [16; 17].

Животным I группы начиная со 2-х суток и до конца эксперимента каждый день проводили закладывание глазных лекарственных пленок на основе биостимулятора из ткани мозга крупного рогатого скота [15] в конъюнктивальную область левого глаза. Животным II группы лечение ожога роговицы не проводили.

На 3, 7, 14, 21 и 28-е сутки эксперимента у животных обеих групп производили забор мазков-отпечатков роговицы. Для этого предметное стекло

прижимали к поверхности роговицы левого глаза. Фиксацию век осуществляли с помощью векорасширителя.

## Приготовление и окраска препаратов

Полученные мазки-отпечатки высушивали на воздухе, фиксировали в абсолютном метиловом спирте и окрашивали азур-эозином по методу Романовского-Гимза. Готовые препараты изучали методом иммерсионной микроскопии с использованием микроскопа Olympus U-LH100HG (Япония). Площадь поля зрения составила 0,16 мм<sup>2</sup>.

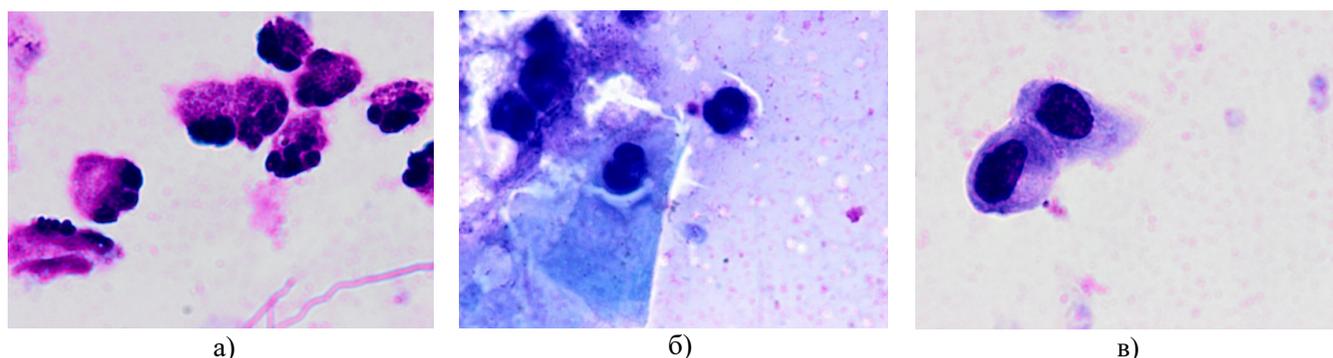
## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе

На 3-е сутки в I группе встречались малые группы дегенеративных нейтрофилов (рисунок 1 а). Визуализировались безъядерные полигональные чешуйки со светло-базофильной цитоплазмой вместе с группой нейтрофилов (рисунок 1 б). Отмечались также единичные дифференцированные кератиноциты промежуточного слоя (шиповатого слоя) (рисунок 1 в). Ядерно-цитоплазматическое отношение в эпителиальных клетках характеризовалось уменьшением размеров ядер и увеличением объема цитоплазмы.

На 7-е сутки отмечено появление лимфоцитов (рисунок 2 а). Присутствуют фрагменты (фокусы) клеточного детрита вследствие цитолиза эпителиоцитов. Регистрируется появление единичных базальных кератиноцитов (рисунок 2 б). Также в зоне оценки присутствовала диффузная нейтрофильная инфильтрация (рисунок 2 б). При этом отмечена репаративная регенерация поврежденного эпителия путем послойного напластывания дифференцированных кератиноцитов.

К 14-м суткам фиксировалось пролиферация кератиноцитов на разной степени дифференцировки, а также отсутствие воспалительного инфильтрата. Отмечалось увеличение размеров ядер эпителия, что говорит об усилении пролиферативной активности, а следовательно, об уменьшении выраженности воспалительного процесса (рисунок 3 а). Присутствовали чешуйки с наличием гранул меланина (правый нижний угол), что является признаком физиологического процесса в дифференцировке неороговевающего эпителия роговицы глаза (рисунок 3 б).



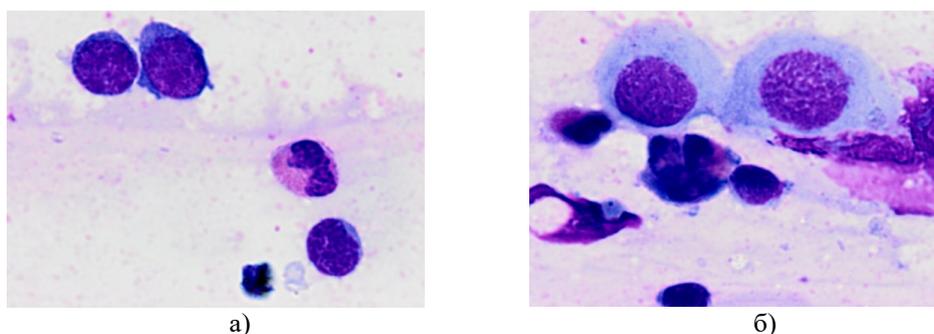
**Рисунок 1**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе на 3-е сутки: а) группа дегенеративных нейтрофилов; б) безъядерные полигональные чешуйки со светло-базофильной цитоплазмой вместе с группой нейтрофилов; в) дифференцированные кератиноциты промежуточного слоя (шиповатого слоя)

**Figure 1**

Impression cytology of corneal imprints in Group I on day 3: a) cluster of degenerative neutrophils; b) anuclear polygonal squames with lightly basophilic cytoplasm, accompanied by a group of neutrophils; c) differentiated keratinocytes of the intermediate layer (stratum spinosum)

Note: a) – а); б) – б); в) – в)



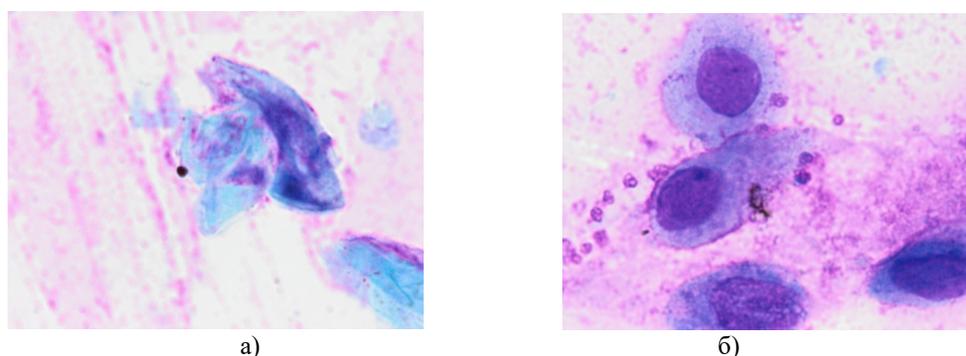
**Рисунок 2**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе на 7-е сутки: а) лейкоцитарная инфильтрация; б) единичные базальные кератиноциты

**Figure 2**

Impression cytology of corneal imprints in Group I on day 7: a) leukocytic infiltration; б) scattered basal keratinocytes

Note: а) – а); б) – б)



**Рисунок 3**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе на 14-е сутки: а) эпителиальные роговичные клетки; б) чешуйки с наличием гранул меланина (правый нижний угол)

**Figure 3**

Impression cytology of corneal imprints in Group I on day 14: а) corneal epithelial cells; б) squames containing melanin granules (lower right corner)

Note: а) – а); б) – б)

К 21-м суткам было замечено присутствие значительного количества безъядерного плоского эпителия (рисунок 4 а). Ядерно-цитоплазматическое отношение в эпителиальных клетках характеризовалось восстановлением объема ядра и цитоплазмы по отношению друг к другу (рисунок 4 б). Отмечалось увеличение числа зрелых эпителиоцитов (рисунок 4 в).

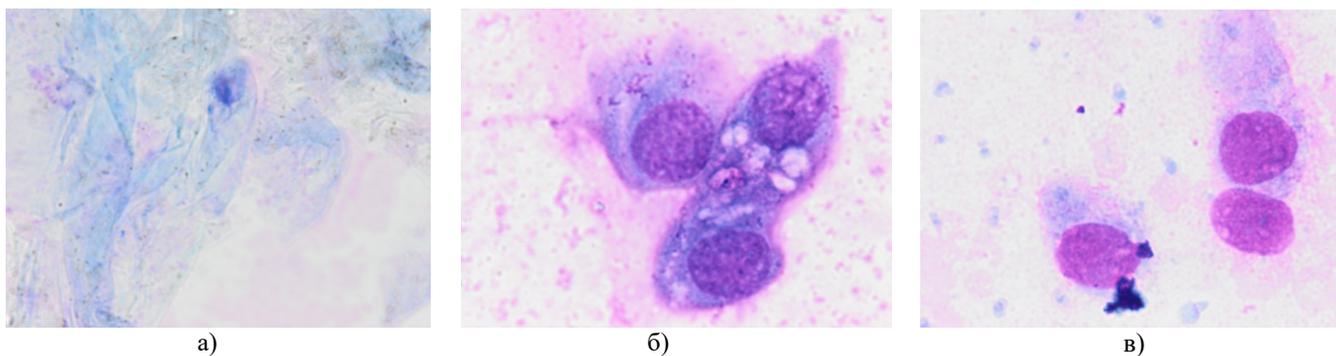
На 28-е сутки отмечалось восстановление роговичного эпителия с полным отсутствием воспалительного инфильтрата (рисунок 5 а, б, в).

### Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе

На 3-е сутки во II группе отмечалась острая воспалительная реакция за счет нейтрофильной инфильтрации с присутствием единичных моноцитов (рисунок 6 а, б). В клетках эпителия роговицы наблюдались выраженные дистрофические и некробиотические

изменения в цитоплазме и ядерном аппарате (рисунок 6 в). Ядерно-цитоплазматическое отношение в эпителиальных клетках характеризовалось уменьшением размеров ядер и увеличением объема цитоплазмы. Отмечалось как большое скопление, так и малые группы кареолизисных нейтрофилов (рисунок 6 г). Также отмечено присутствие микрофлоры, предположительно *Streptococcus* spp. (рисунок 6 д).

На 7-е сутки также отмечено присутствие палочковидной микрофлоры, вероятно *Corynebacterium* spp. (рисунок 7 а). Отмечен апоптоз нейтрофилов (рисунок 7 б). Эпителий роговицы характеризовался высокой адгезией при низкой плотности эпителиоцитов, что в совокупности с присутствием патогенной микрофлоры ведет к снижению скорости эпителизации и регенерации (рисунок 7 в, г). Ядерно-цитоплазматическое отношение в эпителиальных клетках характеризовалось резким уменьшением размеров ядер и увеличением объема цитоплазмы (рисунок 7 б, в, г).



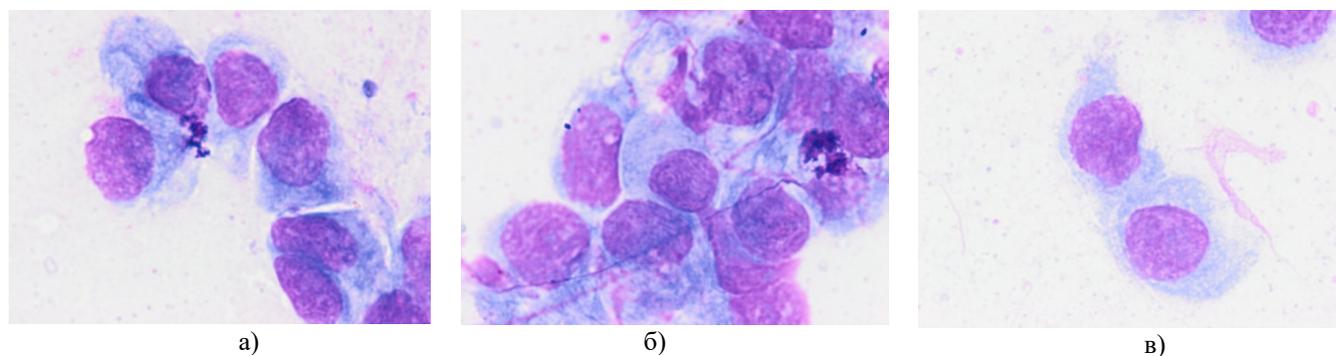
**Рисунок 4**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе на 21-е сутки: а) скопление чешуек с гранулами меланина; б) сливающиеся между собой эпителиоциты; в) зрелые эпителиоциты

**Figure 4**

Impression cytology of corneal imprints in Group I on day 21: a) accumulation of squames with melanin granules; b) fusing epithelial cells; c) mature epitheliocytes

Note: a) – а); б) – б); в) – в)



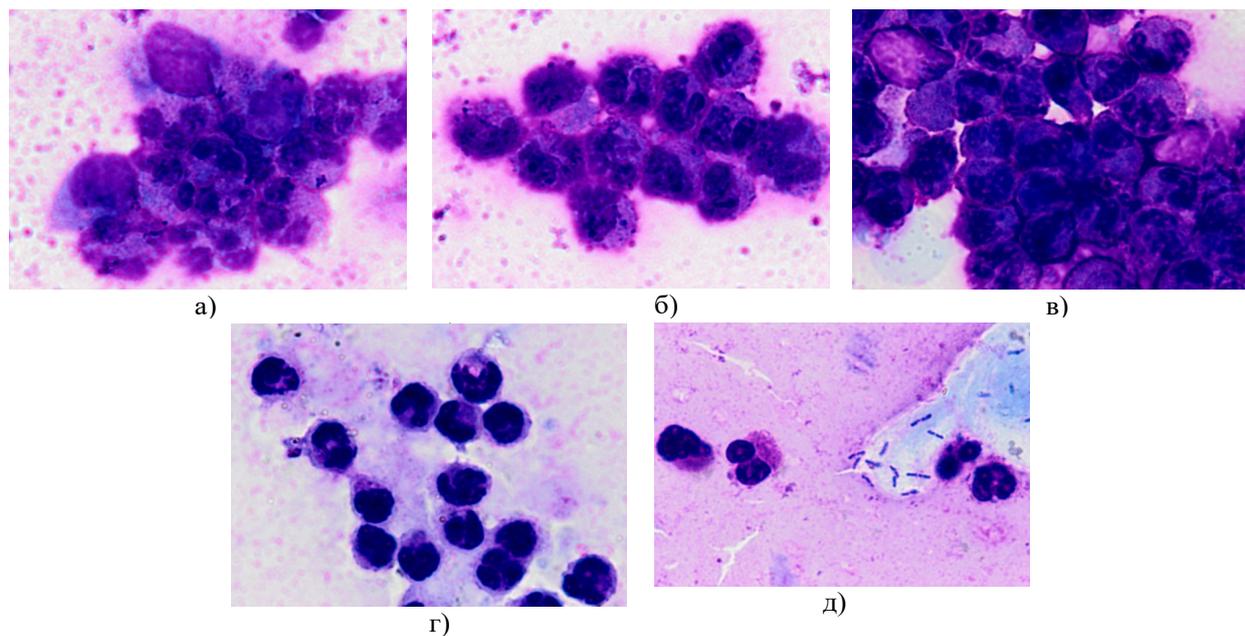
**Рисунок 5**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы в I группе на 21-е сутки: а), б), в) зрелые эпителиоциты

**Figure 5**

Impression cytology of corneal imprints in Group I on day 21: а), б), в) mature epitheliocytes

Note: а) – а); б) – б); в) – в)



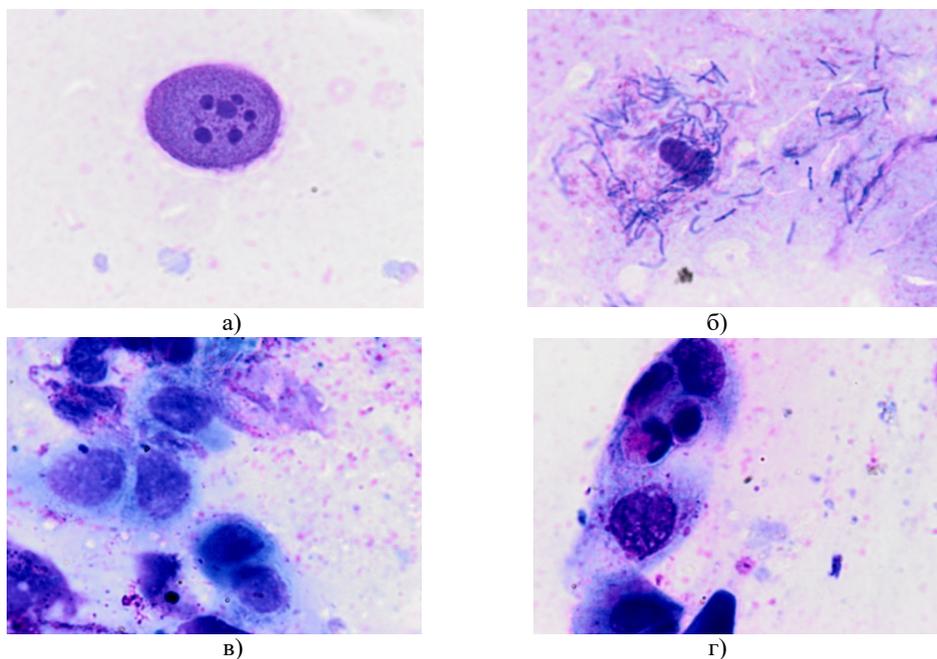
**Рисунок 6**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе на 3-е сутки: а, б) смешанная лимфоидная популяция; в) скопление дегенеративных нейтрофилов; г) группа нейтрофилов; д) микрофлора, предположительно *Streptococcus* spp.

**Figure 6**

Impression cytology of corneal imprints in Group II on day 3: a, b) mixed lymphoid population; c) accumulation of degenerative neutrophils; d) group of neutrophils; e) microflora, presumably *Streptococcus* spp.

Note: a) – а), б) – б), с) – в), д) – г), е) – д)



**Рисунок 7**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе на 7-е сутки: а) палочковидная микрофлора, вероятно *Corynebacterium* spp.; б) апоптоз нейтрофила; в) скопление эпителиоцитов с присутствием лейкоцитарной инфильтрации; г) ядерные чешуйки плоского эпителия с дегенеративными нейтрофилами

**Figure 7**

Impression cytology of corneal imprints in Group II on day 7: a) bacillary microflora, probably *Corynebacterium* spp.; b) neutrophil apoptosis; c) fibrovascular accumulation of the presence of leukocytic infiltration; d) nucleated squamous epithelial cells (squames) with degenerative neutrophils

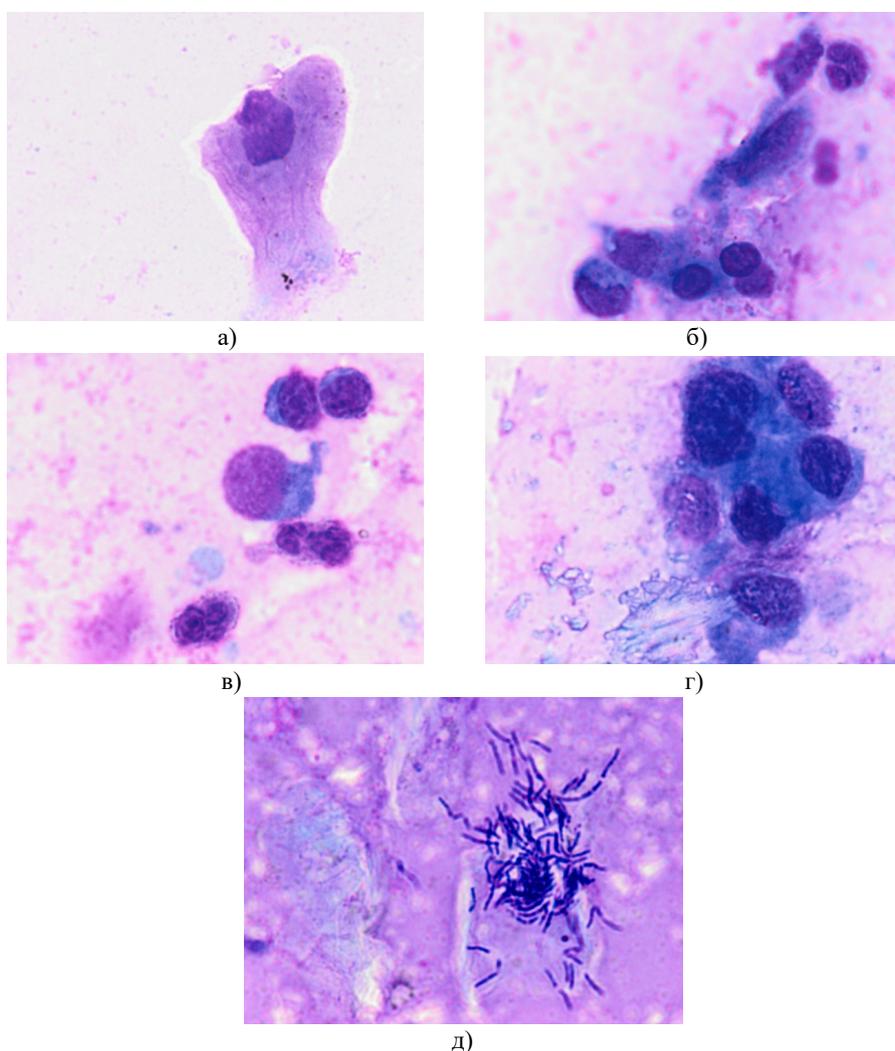
Note: a) – а), б) – б), с) – в), д) – г)

На 14-е сутки фиксировалось появление в зоне поражения подвергнутых изменениям формы кератиноцитов (рисунок 8 б). Визуализировалось скопление лейкоцитов разной степени зрелости, мононуклеарных клеток, а также нейтрофилов с дистрофическими изменениями (рисунок 8 а, г). Эпителиоциты отличались «изъязвленностью» контуров ядер неравномерным мелкоглыбчатым распределением хроматина, явлениями кариорексиса и кариолизиса, набуханием цитоплазмы (рисунок 8 б, в, г). Отмечено присутствие палочковидной микрофлоры, вероятно *Bacillus* (рисунок 8 д).

На 21-й день отмечалось скопление нейтрофилов с присутствием лизированных лейкоцитарных клеток, а также фиксировалось присутствие диффузной нейтрофильной

инфильтрации и клеточных элементов воспалительного ряда, что указывает на хронизацию процесса (рисунок 9 а, б, в, г). Зафиксировано обширное обсеменение палочковидной микрофлорой, вероятно *Bacillus* с редким присутствием *Saccharomyces cerevisiae* (рисунок 9 д).

На 28-й день наблюдения отмечено присутствие большого количества клеток воспалительного ряда: лейкоцитов разной степени зрелости, нейтрофилов и фибробластов (рисунок 10 а, б). Клетки роговичного эпителия обладали явными дистрофическими и некробиотическими изменениями ядерного аппарата, а именно кариолизисом (рисунок 10 в) Отмечено присутствие палочковидной микрофлорой, вероятно *Streptobacillus*, что говорит об остром воспалительном процессе (рисунок 10 г).



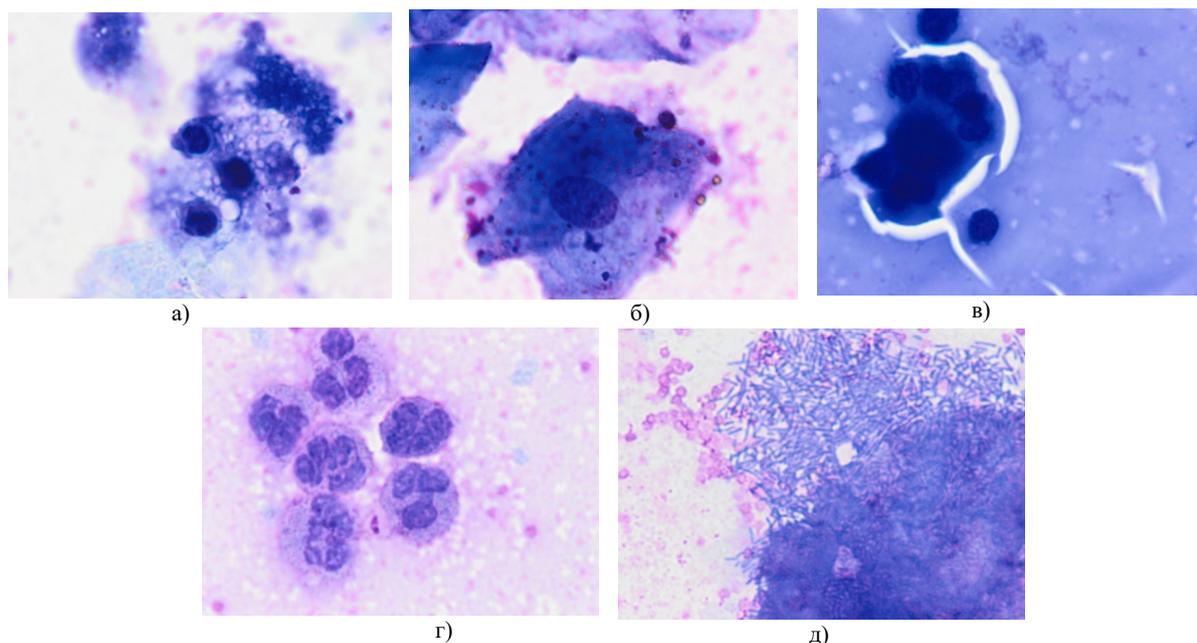
**Рисунок 8**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе на 14-е сутки: а) кератиноцит; б) лейкоцитарный инфильтрат; в) два лимфоцита, два нейтрофила и один кератиноцит; г) кератиноциты формируют акцинарное строение; д) палочковидная микрофлора, вероятно *Bacillus* spp.

**Figure 8**

Impression cytology of corneal imprints in Group II on day 14: a) keratinocyte; b) leukocytic infiltrate; c) two lymphocytes, two neutrophils, and one keratinocyte; d) keratinocytes form an acinar structure; e) bacillary microflora, probably *Bacillus* spp.

Note: a) – a); b) – б); c) – в); d) – г); e) – д)

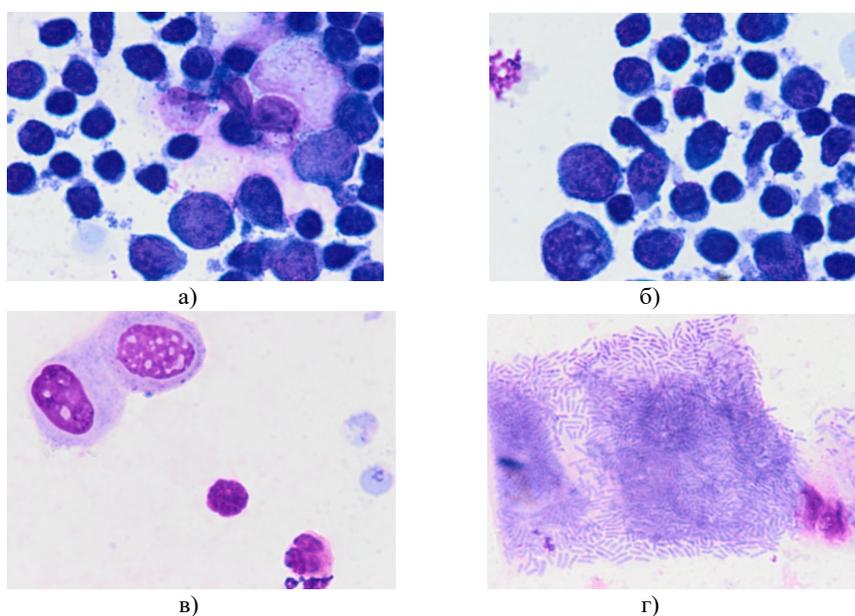


**Рисунок 9**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе на 21-е сутки: а) скопление нейтрофилов с присутствием лизированных лейкоцитарных клеток; б) ядерный кератиноцит; в) скопление лейкоцитарных клеток с преобладанием нейтрофилов; г) скопление нейтрофилов; д) обсеменение палочковидной микрофлорой, вероятно *Bacillus* spp. с редким присутствием *Saccharomyces cerevisiae*

**Figure 9**

Impression cytology of corneal imprints in Group II on day 21: a) accumulation of neutrophils with the presence of lysed leukocytic cells; b) nucleated keratinocyte; c) accumulation of leukocytic cells with a predominance of neutrophils; d) accumulation of neutrophils; e) colonization bacillary microflora, probably *Bacillus* spp. with rare presence of *Saccharomyces cerevisiae*  
Note: a) – а); б) – б); в) – в); г) – г); д) – д)



**Рисунок 10**

Импрессионная цитология мазков-отпечатков роговицы во II группе на 28-е сутки: а) скопление клеток воспалительного ряда с редкими клетками эпителия; б) скопление клеток воспалительного ряда; в) два эпителиоцита с дистрофическими изменениями ядерного аппарата и два нейтрофила; г) обсеменение палочковидной микрофлорой, вероятно *Streptobacillus* spp.

**Figure 10**

Impression cytology of corneal imprints in Group II on day 28: a) accumulation of inflammatory cells with rare epithelial cells; b) accumulation of inflammatory cells; c) two epitheliocytes with dystrophic changes of the nucleus and two neutrophils; d) colonization bacillary microflora, probably *Streptobacillus* spp.

Note: a) – а); б) – б); в) – в); д) – г)

Таким образом, в I группе была отмечена четкая стадийность регенеративных процессов. Острая фаза воспаления (3–7-е сутки) закономерно сменялась фазой пролиферации (14-е сутки), о чем свидетельствовало увеличение размеров ядер эпителиоцитов и появление молодых клеток. Завершился процесс фазой дифференцировки и созревания ткани (21–28-е сутки), что выражалось в нормализации клеточного состава, преобладании зрелых безъядерных эпителиоцитов и полном исчезновении воспалительных клеток. Полученные данные позволяют предположить, что глазные лекарственные пленки на основе биостимулятора из ткани мозга крупного рогатого скота обладают способностью купировать воспаление, снижать повреждающее действие химического агента и стимулировать регенераторный потенциал эпителия.

В контрольной II группе, напротив, патологический процесс принял затяжной характер с тенденцией к хроническому течению процесса. Ключевым негативным фактором, выявленным цитологически, стало раннее и массивное микробное обсеменение (*Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*). Присоединение инфекции на фоне обширного некроза и отсутствия эпителиального барьера привело к развитию торпидного воспаления, которое не купировалось к концу срока наблюдения (28 суток). Выраженные дистрофические и некробиотические изменения ядер эпителия, сохраняющиеся на протяжении всего эксперимента, свидетельствуют о неспособности тканей к самостоятельной эффективной регенерации в условиях персистирующего воспаления и бактериальной агрессии. Хронизация процесса подтверждается наличием фибробластов и смешанного клеточно-инфильтрата на поздних сроках.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведённое цитологическое исследование позволило в динамике оценить репаративные процессы в роговице кроликов после экспериментального кислотного ожога и выявить существенные различия в течении раневого процесса в зависимости от применения разработанных глазных лекарственных плёнок на основе биостимулятора из ткани головного мозга крупного рогатого скота.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в опытной группе (применение ГЛП на основе БСМ) наблюдалась физиологически обусловленная смена фаз заживления: острое воспаление (3–7-е сутки) сменялось фазой пролиферации (14-е сутки), завершаясь созреванием эпителия к 21–28-м суткам. Цитологическими маркерами этого процесса служили: уменьшение числа нейтрофилов и дистрофически изменённых клеток, увеличение размеров ядер эпителиоцитов (признак пролиферативной активности), нормализация ядерно-цитоплазматического отношения и, наконец, полное исчезновение воспалительных клеток к 28-м суткам. Подобная динамика согласуется с классическими представлениями о течении раневого процесса в роговице и соответствует данным, полученным при использовании других подобных лекарственных форм [10; 18]. Однако в отличие от Ю. Ли и др. [10], которые используют в составе гидрогеля с мицеллярным комплексом антимикробный препарат левофлоксацин, наши глазные лекарственные пленки не содержат в себе антимикробных препаратов.

В контрольной группе, напротив, процесс регенерации носил затяжной характер с тенденцией к хронизации. Ключевым негативным фактором, выявленным цитологически, стало раннее (с 3-х суток) и массивное микробное обсеменение (*Streptococcus* spp., *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp., *Streptobacillus*). Присоединение вторичной инфекции на фоне обширного некроза и отсутствия эпителиального барьера привело к формированию торпидного воспаления, которое не купировалось к окончанию срока наблюдения. Сохраняющаяся на протяжении всего эксперимента нейтрофильная инфильтрация, наличие макрофагов и фибробластов, а также выраженные дистрофические и некробиотические изменения ядер эпителия (кариорексис, кариолизис) свидетельствуют о неспособности тканей к самостоятельной эффективной регенерации в условиях персистирующего воспаления и бактериальной агрессии. Полученные данные подтверждают известное положение о том, что микробная контаминация является одним из основных факторов, замедляющих заживление ожоговых ран роговицы [19; 20].

Сопоставление результатов двух групп позволяет предположить несколько механизмов положительного действия ГЛП на основе БСМ. Во-первых,

биостимулятор, вероятно, обладает способностью модулировать воспалительный ответ, ограничивая избыточную нейтрофильную инфильтрацию и создавая условия для своевременного перехода к пролиферативной фазе. Во-вторых, ускоренная эпителизация под действием препарата способствует более быстрому восстановлению барьерной функции роговицы, что, в свою очередь, препятствует адгезии и инвазии патогенных микроорганизмов. Это согласуется с исследованиями [12; 18], показавшими, что стимуляция регенерации эпителия является ключевым фактором профилактики инфекционных осложнений при ожогах глаз. Но в отличие от исследования С. К. Парка и др. [18] производство ГЛП на основе БСМ не требует трудозатратного и дорогостоящего выделения и культивирования культур клеток.

Таким образом, результаты цитологического исследования убедительно демонстрируют, что применение ГЛП на основе БСМ способствует более благоприятному и быстрому заживлению кислотных ожогов роговицы по сравнению со спонтанным восстановлением. Препарат не только ускоряет эпителизацию, но и создаёт условия, препятствующие вторичному инфицированию, что позволяет рассматривать его как перспективное средство для комплексной терапии химических травм глаз в ветеринарной практике. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение молекулярных механизмов действия

биостимулятора, а также на оценку его эффективности в сравнительных исследованиях с другими регенеративными препаратами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило дать комплексную цитологическую оценку репаративных процессов в роговице кроликов при моделировании кислотного ожога на фоне применения разработанных глазных лекарственных пленок на основе биостимулятора из ткани головного мозга крупного рогатого скота. Методом импрессионной цитологии в динамике (на 3, 7, 14, 21 и 28-е сутки) установлено, что течение раневого процесса в роговице животных опытной группы характеризовалось четкой стадийностью и завершилось полным восстановлением эпителиального пласта к 28-м суткам. В контрольной группе, напротив, выявлено затяжное течение воспалительной реакции с тенденцией к хронизации, ранним и массивным микробным обсеменением (*Streptococcus* spp., *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp., *Streptobacillus*) и отсутствием признаков полноценной регенерации к окончанию срока наблюдения. Полученные данные обосновывают целесообразность дальнейших доклинических и клинических исследований разработанной лекарственной формы с целью внедрения в ветеринарную терапию ожогов роговицы сельскохозяйственных и мелких домашних животных.

## Вклад авторов

**М. М. Агаркова:** разработка концепции, проведение исследования, получение финансирования, написание черновика рукописи.

**Н. В. Агарков:** разработка концепции, формальный анализ, проведение исследования, разработка методологии.

**А. Н. Квочко:** научное руководство, разработка методологии, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

**В. С. Скрипкин:** административное руководство исследовательским проектом, предоставление ресурсов.

**О. В. Дилекова:** визуализация, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

## Contributions

**M. M. Agarkova:** conceptualization, investigation, funding acquisition, writing-original draft.

**N. V. Agarkov:** conceptualization, formal analysis, investigation, methodology.

**A. N. Kvochko:** supervision, methodology, writing-review & editing.

**V. S. Skripkin:** project administration, resources.

**O. V. Dilekova:** visualization, writing-review & editing.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Niaki R.I., Pedram M.S., Abarkar M. et al. The effect of limbal tissue with conjunctival flap and bovine amniotic membrane on alkaline burn corneal wound: experimental study in rabbits. *Experimental Eye Research*. 2025;260:110597. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2025.110597>
2. Sharifpanah I., Abdolmaleki Z., Abarkar M. Investigating the effect of alpha-lipoic acid and retinoic acid eye drops on re-epithelialization, inflammation, and angiogenesis in a rabbit model of corneal wound healing through ICAM-1 and MMP-9 pathways. *Experimental Eye Research*. 2026;263:110808. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2025.110808>
3. Yingwei W., Liling X., Jupeng Z. et al. Reconstructing auto tissue engineering lamellar cornea with aspartic acid modified acellular porcine corneal stroma and preconditioned limbal stem cell for corneal regeneration. *Biomaterials*. 2022;289:121745. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2022.121745>
4. Purnama L.O.M. J. , Fristiohady A., Payuhakrit W. et al. Effect of thermoresponsive quercetin-nanoemulgel eye drop on VEGF-A-induced corneal neovascularization: In vitro and in vivo. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2026;116:107968. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2025.107968>
5. Singha S.K., Goswami D.G., Wright H.N. et al. Effect of supersaturated oxygen emulsion treatment on chloropicrin-induced chemical injury in ex vivo. *Toxicology Letters*. 2021;349(1):124-133. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2021.06.015>
6. Silva R.O., Costa B.L., Silva C.N. et al. The proteolytic fraction from *Vasconcellea cundinamarzensis* accelerates wound healing after corneal chemical burn in rabbits. *Burns*. 2020;46(4):928-936. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.10.005>
7. Regu V.R., Gohel V., Gaur M. et al. Tamarind seed polysaccharide-metformin insert: Higher ocular retention, slow-release, and efficacy against corneal burn. *International Journal of Pharmaceutics*. 2024;659:124265. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2024.124265>
8. Diaz N.M., Sun X., Gelder R.N.V. et al. Opsin 5 mediates violet light-accelerated wound healing in mammalian corneas. *Cell Reports*. 2025;44(8):116045. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2025.116045>
9. Sun X., Song W., Teng L. et al. MiRNA 24-3p-rich exosomes functionalized DEGMA-modified hyaluronic acid hydrogels for corneal epithelial healing. *Bioactive Materials*. 2023;25:640-656. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.07.011>
10. Li Y., Wang X., Wu M. et al. Micelle-integrated hydrogel combined with pH-response boosts eye burns therapy by inhibiting neovascularization, regulating inflammation and bacteriostasis. *Biomaterials Advances*. 2026;183:214732. <https://doi.org/10.1016/j.bioadv.2026.214732>
11. Zhang H., Lan L.-M., Hu H.-J. et al. Cannabidiol-loaded hydrogel contact lenses for on-demand pH regulation and enhanced corneal alkali burn repair. *Journal of Controlled Release*. 2025;383:113859. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2025.113859>
12. Wang J., Wanga X., Mab X. et al. Mesenchymal stem cells derived extracellular vesicles modified PLGA electrospinning nanofibrous scaffolds for corneal and retinal repair. *Materials and Design*. 2024;247:113389. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2024.113389>
13. Семёнов С.А., Хасанова Г.Р. Влияние факторов риска, связанных с оказанием медицинской помощи, на резистентность *Streptococcus pneumoniae* к пенициллину (мета-анализ). *Медицина*. 2025;13(4):72-89.  
Semenov S.A., Khasanova G.R. The influence of risk factors associated with medical care on *Streptococcus pneumoniae* resistance to penicillin (meta-analysis). *Medicine*. 2025;13(4):72-89. (In Russ.)
14. Буцель А.С., Максименя Г.Г. Забытая группа антибактериальных препаратов. *Военная медицина*. 2021;4(61):94-100. <https://doi.org/10.51922/2074-5044.2021.4.94> EDN TKWIVX  
Butsel A.Ch., Maximenya G.G. The forgotten group of antibacterial drugs. *Military medicine*. 2021;4(61):94-100. (In Russ.) <https://doi.org/10.51922/2074-5044.2021.4.94> EDN TKWIVX
15. Горохова М.М., Шулунова А.Н., Федота Н.В., Квочко А.Н. Патент № 2811124 С1 Российская Федерация. *Глазные лекарственные пленки на основе биостимулятора из ткани головного мозга крупного рогатого скота с добавлением наночастиц серебра*. № 2022126920: заявл. 17.10.2022; опубл. 11.01.2024, заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет». EDN ATPDSD.

- Gorokhova M.M., Shulunova A.N., Fedota N.V., Kvochko A.N. Patent № 2811124 C1, Russian Federation. *Ophthalmic medicinal films based on a biostimulant from bovine brain tissue with the addition of silver nanoparticles*. № 2022126920: filed on 17.10.2022; published on 11.01.2024, applicant Stavropol State Agrarian University. (In Russ.) EDN ATPDSD.
16. Скрипкин В.С., Федота Н.В., Квочко А.Н. и др. Моделирование ожога роговицы раствором уксусной кислоты. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2023;4(52):18-21. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2023-4-52-18-21> EDN PSURIP.  
Skripkin V.S., Fedota N.V., Kvochko A.N. et al. Simulation of a cornea burn with an acetic acid solution. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2023;4(52):18-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2023-4-52-18-21> EDN PSURIP.
  17. Горохова М.М., Федота Н.В., Шулунова А.Н. Патент № 2836425 C1 Российская Федерация. Способ моделирования химического ожога роговицы у кроликов. заявл. 02.08.2024; опубл. 14.03.2025; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет». EDN ADYVQC.  
Gorokhova M.M., Fedota N.V., Shulunova A.N. Patent № 2836425 C1, Russian Federation. Method for simulating chemical corneal burn in rabbits. Appl. 02.08.2024; Publ. 14.03.2025; Applicant: Stavropol State Agrarian University. (In Russ.) EDN ADYVQC.
  18. Park S.K., Ha M., Kim E.J. et al. Hyaluronic acid hydrogels crosslinked via blue light-induced thiol-ene reaction for the treatment of rat corneal alkali burn. *Regenerative Therapy*. 2022;20:51-60. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2022.03.005>
  19. Gong Y., Gao J., Li M. et al. URP20 improves corneal injury caused by alkali burns combined with pathogenic bacterial infection in rats. *Experimental Eye Research*. 2024;238:109739. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2023.109739>
  20. Sugioka K., Fukuda K., Nishida T. et al. The fibrinolytic system in the cornea: A key regulator of corneal wound healing and biological defense. *Experimental Eye Research*. 2021;204:108459. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108459>

## Сведения об авторах

**Агаркова Маргарита Михайловна** – аспирант, кафедра физиологии, хирургии и акушерства, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия  
<https://orcid.org/0009-0000-9307-3804>  
SPIN-код: 5469-7558  
[agarkova.mm@stgau.ru](mailto:agarkova.mm@stgau.ru)

**Агарков Николай Викторович** – кандидат биологических наук, доцент, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия  
<https://orcid.org/0000-0001-8679-8655>  
SPIN-код: 2663-9704  
[agarkov\\_n.v@mail.ru](mailto:agarkov_n.v@mail.ru)

**Квочко Андрей Николаевич** – доктор биологических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия  
<https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>  
SPIN-код: 8958-0511  
[kvochko@yandex.ru](mailto:kvochko@yandex.ru)

## About the authors

**Margarita M. Agarkova** – Postgraduate student, Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia  
<https://orcid.org/0009-0000-9307-3804>  
[agarkova.mm@stgau.ru](mailto:agarkova.mm@stgau.ru)

**Nikolai V. Agarkov** – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-8679-8655>  
[agarkov\\_n.v@mail.ru](mailto:agarkov_n.v@mail.ru)

**Andrey N. Kvochko** – Dr. Sci. (Biol.), Prof., Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia  
<https://orcid.org/0000-0003-4445-7638>  
[kvochko@yandex.ru](mailto:kvochko@yandex.ru)

**Скрипкин Валентин Сергеевич –**

доктор биологических наук, профессор,  
Ставропольский государственный аграрный  
университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-8492-0282>

SPIN-код: 6678-3491

[skripkinvs@mail.ru](mailto:skripkinvs@mail.ru)

**Дилекова Ольга Владимировна –**

доктор биологических наук, доцент,  
Ставропольский государственный аграрный  
университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0247-8633>

SPIN-код: 2144-0564

[dilekova2009@yandex.ru](mailto:dilekova2009@yandex.ru)

**Valentin S. Skripkin –**

Dr. Sci. (Biol.), Prof., Stavropol State Agrarian University,  
Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8492-0282>

[skripkinvs@mail.ru](mailto:skripkinvs@mail.ru)

**Olga V. Dilekova –**

Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor, Stavropol State  
Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-0247-8633>

[dilekova2009@yandex.ru](mailto:dilekova2009@yandex.ru)