

# Морфологические изменения склеры после имплантации нового интрасклерального импланта в эксперименте *ex vivo*

**СЛАСТИНА К.И.**, врач-офтальмолог, аспирант; <https://orcid.org/0000-0002-8235-2792>

**СОРОКОЛЕТОВ Г.В.**, д.м.н., заведующий отделом хирургического лечения глаукомы; <https://orcid.org/0000-0001-7436-4032>

**БОРЗЕНОК С.А.**, д.м.н., заведующий Центром фундаментальных и прикладных медико-биологических проблем; <https://orcid.org/0000-0001-9160-6240>

**ОСТРОВСКИЙ Д.С.**, к.б.н., заведующий лабораторией трансплантологии и клеточной биологии Центра фундаментальных и прикладных медико-биологических проблем; <https://orcid.org/0000-0002-2817-7102>

**ХУБЕЦОВА М.Х.**, к.м.н., заведующая глазным тканевым банком. <https://orcid.org/0000-0002-6378-8750>

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, 127486, Российская Федерация, Москва, Бескудниковский бульвар, 59А.

**Финансирование:** авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Для цитирования:** Сластина К.И., Сороколетов Г.В., Борзенко С.А. и соавт. Морфологические изменения склеры после имплантации нового интрасклерального импланта в эксперименте *ex vivo*. Национальный журнал глаукома. 2026; 25(2):3-9.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Оценить морфологические особенности имплантации нового интрасклерального импланта (ИИ) из полиметилметакрилата в эксперименте *ex vivo*.

**МЕТОДЫ.** Эксперимент *ex vivo* проведен на фрагментах кадаверной склеры, выделенной из экваториальной зоны глаз доноров-трупов в возрасте 40–60 лет. В основную группу вошли 8 фрагментов склер, которым во время моделирования антиглаукомной операции (АГО) был установлен ИИ, группу контроля составили 8 фрагментов склер с АГО без импланта. В течение 6 месяцев проводилось органотипическое культивирование в стандартной среде в условиях нормотермии. На сроках 14, 30, 90, 180 дней из культивирования выводилось по 2 фрагмента из каждой группы для проведения

сканирующей электронной микроскопии и иммуногистохимического анализа.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Результаты морфологических исследований позволяют заключить, что пребывание исследуемого ИИ в кадаверной склере не вызвало активного пролиферативного клеточного ответа на всем сроке наблюдения (до 6 мес).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанный ИИ из полиметилметакрилата перспективен для дальнейших клинических исследований в хирургии глаукомы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** интрасклеральный имплант, интрасклеральная полость, полиметилметакрилат, сканирующая электронная микроскопия, иммуногистохимический анализ.

## Для контактов:

Сластина Ксения Игоревна, e-mail: [docslastina@mail.ru](mailto:docslastina@mail.ru)

## ORIGINAL ARTICLE

## Morphological changes in the sclera after implantation of a new intrascleral implant in an *ex vivo* experiment

**SLASTINA K.I.**, ophthalmologist, postgraduate student; <https://orcid.org/0000-0002-8235-2792>

**SOROKOLETOV G.V.**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Glaucoma Surgery; <https://orcid.org/0000-0001-7436-4032>

**BORZENOK S.A.**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Center for Fundamental and Applied Biomedical Problems; <https://orcid.org/0000-0001-9160-6240>

**OSTROVSKIY D.S.**, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Transplantology and Cell Biology of the Center for Fundamental and Applied Biomedical Problems; <https://orcid.org/0000-0002-2817-7102>

**KHUBETSOVA M.KH.**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Eye Tissue Bank. <https://orcid.org/0000-0002-6378-8750>

S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery", 59A Beskudnikovskiy Blvd., Moscow, Russian Federation, 127486.

**Funding:** the authors received no specific funding for this work.

**Conflicts of Interest:** none declared.

**For citations:** Slastina K.I., Sorokoletov G.V., Borzenok S.A. et al. Morphological changes in the sclera after implantation of a new intrascleral implant in an *ex vivo* experiment. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2026; 25(2):3-9.

### Abstract

**PURPOSE.** To evaluate the morphological features of implantation of a new intrascleral implant (ISI) made of polymethyl methacrylate in an *ex vivo* experiment.

**METHODS.** The *ex vivo* experiment was conducted on scleral fragments obtained from the equatorial region of the eyes of cadaveric donors aged 40–60 years. The study group included eight scleral fragments in which the ISI was implanted during simulated glaucoma surgery (GS), while the control group consisted of eight scleral fragments subjected to GS without implantation. Organotypic cultivation was performed in a standard medium under normothermic conditions for 6 months. At 14, 30, 90, and 180 days,

two fragments from each group were removed from the culture for scanning electron microscopy and immunohistochemical analysis.

**RESULTS.** Morphological findings demonstrated that the presence of the investigated ISI in cadaveric sclera did not induce an active proliferative cellular response throughout the entire observation period (up to 6 months).

**CONCLUSION.** The developed polymethyl methacrylate ISI shows promise for further clinical trials in glaucoma surgery.

**KEYWORDS:** intrascleral implant, intrascleral cavity, polymethyl methacrylate, scanning electron microscopy, immunohistochemical analysis.

Глаукома является ведущей причиной необратимого снижения зрения и слепоты во всем мире [1–3]. Уровень внутриглазного давления (ВГД) на сегодняшний день является единственным модифицируемым фактором риска прогрессирования глаукомы [4]. Для достижения его целевых показателей наиболее эффективно своевременное хирургическое вмешательство [5].

Пролонгирование гипотензивного эффекта от антиглаукомной операции (АГО) сосредоточено на применении медикаментозных препаратов и различных устройств, препятствующих фибропластическим процессам в зоне АГО и способствующих сохранению максимально физиологического пути оттока внутриглазной жидкости [6].

Цель исследования — оценить морфологические изменения донорской склеры после имплантации нового интрасклерального импланта (ИИ) в условиях органотипического культивирования методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и иммуногистохимического анализа (ИГХ).

### Материалы и методы

Эксперимент *ex vivo* проведен в Центре фундаментальных и прикладных медико-биологических проблем ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России на кадаверном материале — донорских склерах. На базе Экспериментально-технического

производства «Микрохирургия глаза» (Филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России) нами был разработан антиглаукомный интрасклеральный имплант (ИИ) в виде дуги с двумя опорными пластинами по его краям. ИИ изготовлен из полиметилметакрилата с параметрами: длина — 4 мм, толщина — 0,2 мм, радиус кривизны верхней поверхности — 12,2 мм (рис. 1).

На основании лицензии Росздравнадзора №Л041-00110-47/00574034 от 07.04.2020, Глазной тканевой банк ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России может использовать ткани, выделенные из глаз доноров-трупов, с целью трансплантации и научных исследований. Критериями отбора кадаверных глаз являлись показатель адреналиновой пробы (степень А и В по С.А. Борзенку, 2008), срок забора материала — до 18 часов. Для эксперимента *ex vivo* было отобрано 16 фрагментов кадаверных склер; возраст доноров 40–60 лет, 6 мужчин, 4 женщины. Фрагменты склеры размером 5×5 мм вырезали из экваториальной зоны глаза.

В основную группу вошли 8 фрагментов склер, которым во время моделирования АГО был установлен ИИ, в группу контроля вошли 8 фрагментов склер с АГО без ИИ.

Моделирование АГО обеих групп проводили в условиях стерильной операционной. АГО опытной группы выполняли по следующей методике: после стандартной обработки операционного поля фиксировали фрагмент склеры тремя стерильными инсулиновыми иглами, лезвием выкраивали поверхностный склеральный лоскут (ПСЛ) размером 4×4 мм на 1/3 толщины склеры (рис. 2–1). Далее выкраивали и иссекали прямоугольный глубокий склеральный лоскут (ГСЛ) (рис. 2–2). Под ПСЛ посередине хирургически сформированной интрасклеральной полости (ИСП) копьевидным ножом формировали два интрасклеральных кармана в боковых краях ИСП (рис. 2–3, рис. 2–4), в которые с помощью пинцета помещали опорные пластины ИИ (рис. 2–5). Укрывали опорную часть ИИ ПСЛ, по краям ПСЛ фиксировали двумя узловыми швами (рис. 2–6).

Моделирование АГО контрольной группы проводили аналогичным образом, но без установки ИИ.

Подготовленные фрагменты склер обеих групп помещали в 12-луночный планшет, каждую лунку заполняли 4 мл культуральной среды, включавшей DMEM/F12 (ПанЭко, Россия), Gluta Plus (Servicebio, КНР), эмбриональную телячью сыворотку 5% (HyClone, США), смесь антибиотиков 1% (Sigma Aldrich, Канада). Культивирование осуществлялось при стандартных условиях (температура 37°C, концентрация CO<sub>2</sub> — 5%, влажность 95%) в инкубаторе NU-5510 (Nu-Aire, США). Замена питательной среды осуществлялась раз в 3 дня. Из культивирования



Рис. 1. Имплант антиглаукомный для поддержания интрасклеральной полости.

Fig. 1. Antiglaucoma implant for intrascleral cavity support.

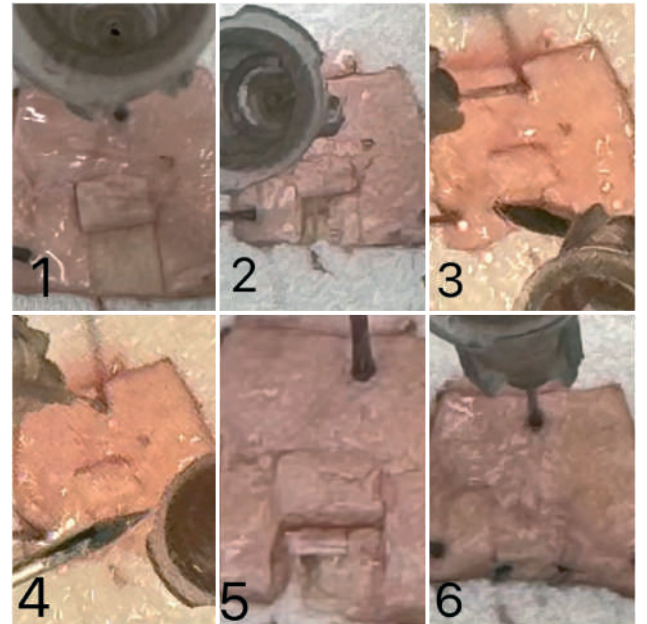


Рис. 2. Моделирование АГО на фрагменте донорской склеры. 1 — фиксация фрагмента склеры и формирование ПСЛ; 2 — формирование и иссечение ГСЛ; 3–4 — формирование двух интрасклеральных карманов в боковых краях ИСП; 5 — фиксация в карманах опорных пластин ИИ; 6 — покрытие опорной части ИИ ПСЛ с фиксацией швами.

Fig. 2. Simulation of GS on a donor scleral fragment: 1 — fixation of the scleral fragment and formation of a superficial scleral flap; 2 — formation and excision of a deep scleral flap; 3–4 — creation of two intrascleral pockets at the lateral edges of the intrascleral space; 5 — fixation of the ISI supporting plates within the pockets; 6 — coverage of the supporting part of the ISI with the superficial scleral flap and fixation with sutures.

выводили по 2 фрагмента склеры (1 из основной группы, 1 — из группы контроля) в сроки 14, 30, 90 и 180 дней (таблица).

По истечении сроков культивирования фрагменты склеры фиксировали в растворе нейтрального 10% формалина не более 48 часов для дальнейшего проведения СЭМ и ИГХ.

Для проведения СЭМ фрагменты склеры обеих групп согласно срокам выведения из культивирования вырезали блоком, промывали проточной водой,

Таблица. Этапность выведения фрагментов склер из культивирования.

Table. Schedule for removal of scleral fragments from the culture.

Количество фрагментов склер Number of scleral fragments	Сроки наблюдения Observation time	Методы исследования Methods of analysis
2 (1 – опыт; 1 – контроль) 2 (1 – experiment; 1 – control)	2 недели / 2 weeks	СЭМ + ИГХ / SEM + IHC
2 (1 – опыт; 1 – контроль) 2 (1 – experiment; 1 – control)	1 месяц / 1 month	СЭМ + ИГХ / SEM + IHC
2 (1 – опыт; 1 – контроль) 2 (1 – experiment; 1 – control)	3 месяца / 3 months	СЭМ + ИГХ / SEM + IHC
2 (1 – опыт; 1 – контроль) 2 (1 – experiment; 1 – control)	6 месяцев / 6 months	СЭМ + ИГХ / SEM + IHC

снимали шовный материал, открывали зону АГО с и без ИИ поднятием ПСЛ вверх. Таким образом, в обеих группах формировалась зона «крышки» — внутренняя часть ПСЛ и зона «ложе» — место АГО с и без ИИ. Подготовленные фрагменты склеры помещали в микропористые капсулы зоной АГО вверх, обезвоживали в ацетоне восходящей концентрации (10, 20, 30, 50, 70, 90 и 100%) трехкратно по 10 мин в каждом растворе, высушивали в течение 30 минут в критической точке ( $t=31^{\circ}\text{C}$ ,  $P=7,39$  МПа) в блоке сушки (Critical Point Dryer Quorum k850, Quorum Technologies, Великобритания). Далее образцы фиксировали на алюминиевых подставках при помощи карбонового скотча зоной АГО вверх, создавали электронно-проводящий слой на исследуемой поверхности путем напыления 5-нм слоя золота (проба 999). Затем образцы на алюминиевых подставках помещали в отсек сканирующего электронного микроскопа JCM-6000 PLUS (JEOL Company, Япония), проводили анализ результатов при увеличениях 20×, 100×, 400×, 1000×, 2000× с последующим фотографированием.

Для проведения ИГХ фрагменты склеры обеих групп согласно срокам выведения из культивирования вырезали блоком, промывали проточной водой, снимали шовный материал, извлекали ИИ, закрывали зону АГО ПСЛ. Подготовленные образцы помещали в реактив Shandon Cryomatrix (Thermo scientific, Великобритания) и замораживали в криостате HM525 NX (Thermo scientific, Великобритания) при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$ .

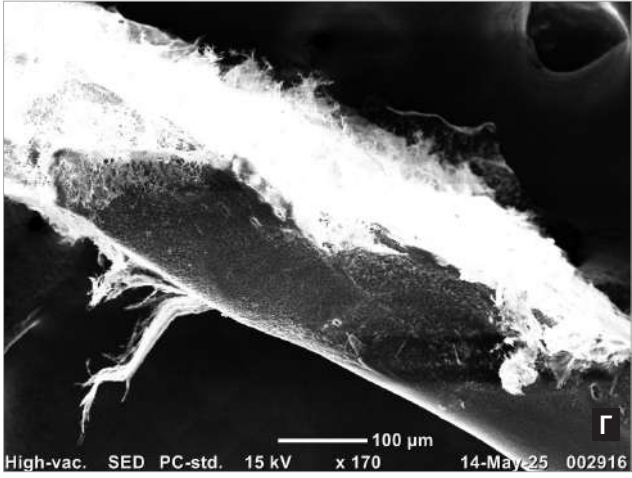
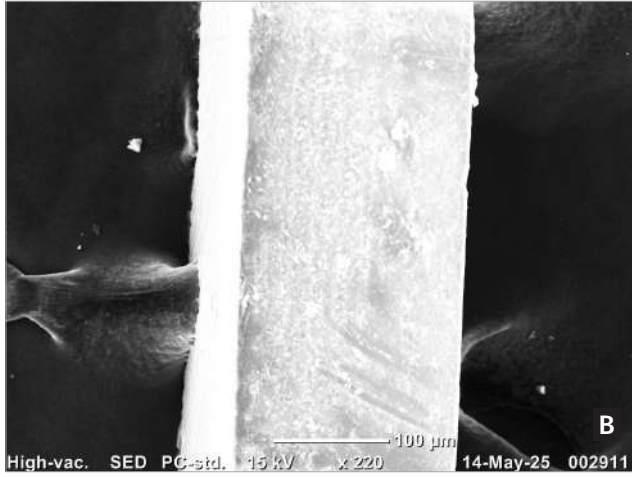
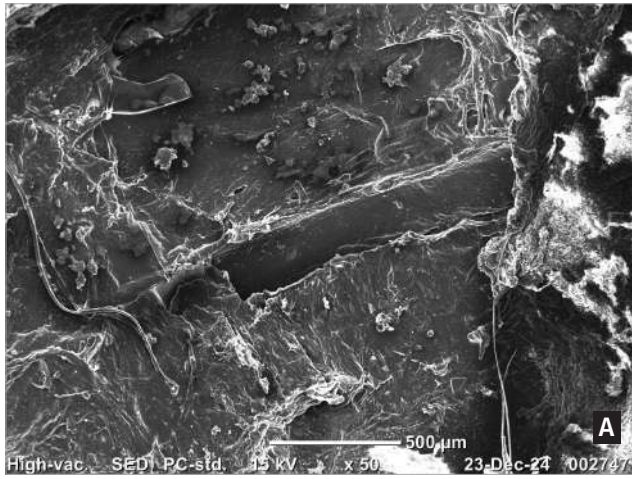
Далее проводили криостатные срезы образцов (толщина среза 10 мкм). Потом образцы переносили на слайды Polysine (Thermo scientific, Великобритания). Окраску фрагментов склеры проводили в 4-луночных слайд-флаконах по стандартной методике. Сначала фрагменты склеры отмывали от культуральной среды и фиксировали. Далее окрашивали клетки первичными, затем вторичными

антителами, мечеными флуорохромами. Для выявления экспрессии маркеров на опытные срезы добавляли первичные: Anti- $\alpha$ -SMA ab5694 (Rabbit) и Vimentin ARG 52469 (Mouse) и вторичные антитела: Goat Anti-Rabbit IgG ab150077AF (488) и Goat Anti-Mouse IgG ab 150116 (AF 594) в разведении 1:100 в блокирующем растворе (1% бычий альбумин и 0,1% Tween 20, разведенные в фосфатно-солевом буфере). На контрольные срезы первичные и вторичные антитела не добавляли, а использовали блокирующий раствор. В конце окрашивали клеточные ядра (краситель Hoechst (O150, ПанЭко, Россия) и выполняли сборку слайдов для исследования на лазерном сканирующем конфокальном микроскопе Fluo View FV10i (Olympus, Япония).

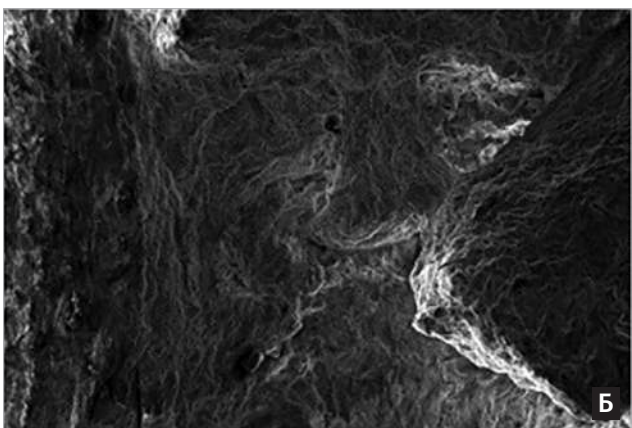
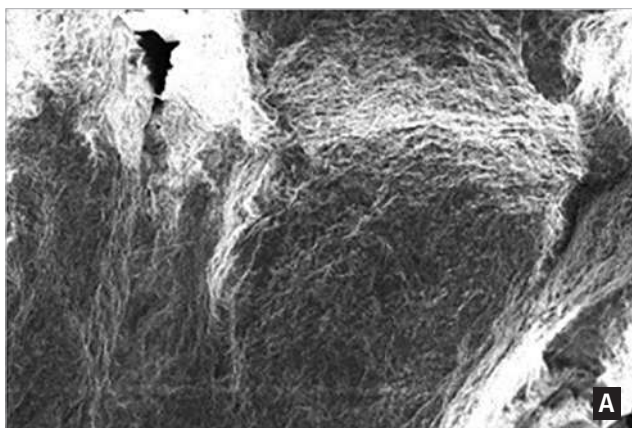
## Результаты

В ходе СЭМ оценивали структурные изменения материала и степень деформации ИИ, наличие новообразованных волокнистых соединительно-тканых элементов на поверхности ИИ, а также в области склерального «ложа» и «крышки». По мере сроков наблюдения (до 6 месяцев) в опытной группе ИИ находился в зоне проводимой операции, оставался интактным с визуализацией единичных зон клеточной фиксации, не деформировался ни в одном из случаев (рис. 3 а, б). В одном случае на сроке наблюдения 3 месяца наблюдался клеточный дебрис на поверхности ИИ (рис. 3, г).

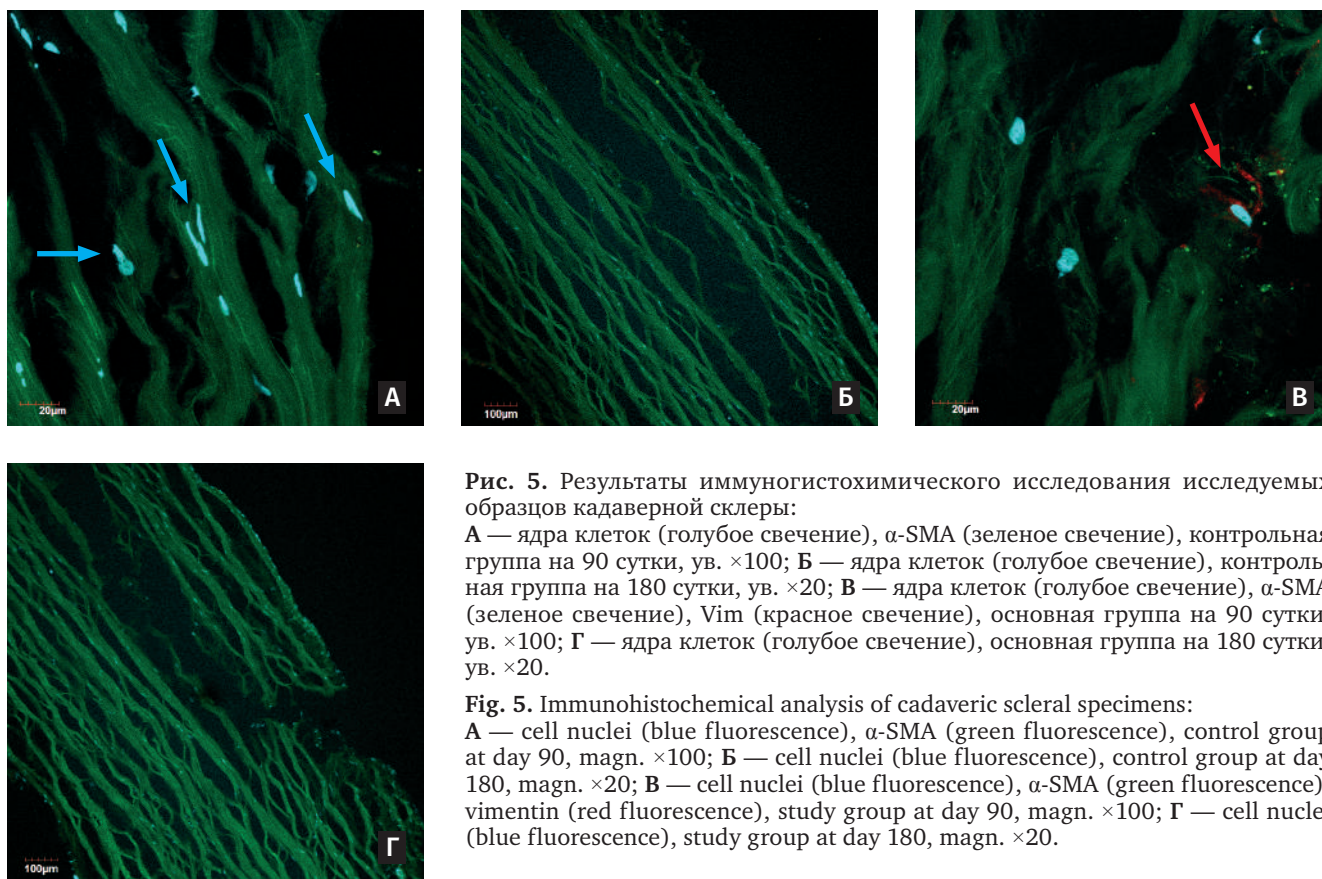
В опытной группе на всем сроке наблюдения на поверхности склерального «ложа» и «крышки» определяли единичные зоны клеточной фиксации, причем в большем количестве на поверхности «крышки». В контрольной группе на всем сроке наблюдения в зоне склерального «ложа» и «крышки» наблюдалось незначительное количество клеточных элементов и коллагеновой неволокнистой ткани (рис. 4).



**Рис. 3.** Результаты сканирующей электронной микроскопии основной группы, ув.  $\times 150$ :  
 А — склеральное ложе с ИИ на 14 сутки наблюдения; Б — склеральное ложе с ИИ на 30 сутки наблюдения;  
 В — поверхность ИИ на 180 сутки наблюдения; Г — клеточный дебрис на поверхности ИИ на 90 сутки наблюдения.  
**Fig. 3.** Scanning electron microscopy findings in the study group, magn.  $\times 150$ :  
 А — scleral bed with the ISI at day 14; Б — scleral bed with the ISI at day 30; В — surface of the ISI at day 180; Г — cellular debris on the surface of the ISI at day 90.



**Рис. 4.** Результаты сканирующей электронной микроскопии контрольной группы, ув.  $\times 100$ :  
 А — склеральное ложе на 30 сутки наблюдения; Б — склеральное ложе на 90 сутки наблюдения.  
**Fig. 4.** Scanning electron microscopy findings in the control group, magn.  $\times 100$ :  
 А — scleral bed at day 30; Б — scleral bed at day 90.



**Рис. 5.** Результаты иммуногистохимического исследования исследуемых образцов кадаверной склеры:

**А** — ядра клеток (голубое свечение),  $\alpha$ -SMA (зеленое свечение), контрольная группа на 90 сутки, ув.  $\times 100$ ; **Б** — ядра клеток (голубое свечение), контрольная группа на 180 сутки, ув.  $\times 20$ ; **В** — ядра клеток (голубое свечение),  $\alpha$ -SMA (зеленое свечение), Vim (красное свечение), основная группа на 90 сутки, ув.  $\times 100$ ; **Г** — ядра клеток (голубое свечение), основная группа на 180 сутки, ув.  $\times 20$ .

**Fig. 5.** Immunohistochemical analysis of cadaveric scleral specimens:

**A** — cell nuclei (blue fluorescence),  $\alpha$ -SMA (green fluorescence), control group at day 90, magn.  $\times 100$ ; **B** — cell nuclei (blue fluorescence), control group at day 180, magn.  $\times 20$ ; **C** — cell nuclei (blue fluorescence),  $\alpha$ -SMA (green fluorescence), vimentin (red fluorescence), study group at day 90, magn.  $\times 100$ ; **D** — cell nuclei (blue fluorescence), study group at day 180, magn.  $\times 20$ .

С помощью ИГХ оценивали пролиферацию и адгезию клеток в зоне АГО с и без ИИ. В каждой из групп отмечали тенденцию к планомерному увеличению количества клеток в течение всего срока наблюдения. В опытной группе на сроке 1 месяц в зоне формирования ПСЛ были обнаружены клеточные популяции виментин-положительных клеток (красное свечение), что соответствует фенотипу фибробластов. На снимках, полученных при выполнении ИГХ на отдаленном сроке наблюдения (до 6 месяцев), в обеих группах отмечали свечение ядер клеток в зоне сформированной ИСП (рис. 5).

## Обсуждение

Одним из персонализированных подходов в хирургии глаукомы является разработка и адаптация дренажа к конкретной операции. Такой подход способствует профилактике избыточного рубцевания в зоне оперативного вмешательства. В случае непроницающей хирургии с этой целью используются сетоны — импланты-вкладыши, имеющие форму, соответствующую сформированному склеральному ложу [7]. Сетоны поддерживают ПСЛ, чем способствуют сохранению достаточного объема ИСП. Таким образом, не происходит адгезия ПСЛ к ИСП, и путь оттока внутриглазной жидкости представляет

собой наиболее приближенный к анатомическому, а именно — передняя камера → ИСП → субтеноново пространство [8].

Из существующих имплантов различной конфигурации чаще всего используют биорезорбируемый «Глаутекс» [9], коллагеновый «Ксенопласт» [10], пластинчатый «Esporer Clip» [11], в том числе в сочетании с медикаментозными препаратами [12] и антиметаболитами [13].

При разработке ИИ мы учли существующие устройства и оптимизировали параметры и дизайн ИИ таким образом, чтобы его расположение в ИСП было конгруэнтно поверхности склеры, а имплантация была простой и малотравматичной.

На результатах СЭМ выявлены минимальные адгезивные свойства полиметилметакрилата к склере с единичными клеточными элементами и отсутствием молодых волокон. Представленная картина, вероятно, обусловлена биоинертными свойствами полиметилметакрилата. Меньшее количество участков клеточной фиксации на поверхности «ложа», по нашему мнению, обусловлено дугообразной формой импланта.

На ИГХ обнаружены ядра клеток в сопоставимом соотношении в обеих группах, что, вероятно, обусловлено ареактивным материалом импланта. Присутствие клеточных популяций фибробластов

свидетельствует о сохранении умеренной пролиферативной активности фибробластов в присутствии ИИ (полимера), а также расценено нами, как ответ на хирургическое вмешательство.

## Заключение

Результаты морфологических исследований позволяют заключить, что пребывание исследуемого ИИ из полиметилметакрилата в ИСП кадаверной склеры не вызвало активного пролиферативного клеточного ответа на всем сроке наблюдения

## Литература

1. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Изд. 4-е, испр. и доп. Под ред. Е.А. Егорова, В.П. Еричева. М: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
2. George R., Panda S., Vijaya L. Blindness in glaucoma: primary open-angle glaucoma versus primary angle-closure glaucoma-a meta-analysis. *Eye (Lond)* 2022; 36(11):2099-2105. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01802-9>.
3. Allison K. Epidemiology of Glaucoma: The Past, Present, and Predictions for the Future. *Cureus* 2020; 12(11): e11686. <https://doi.org/10.7759/cureus.11686>.
4. Drouyer E., Dkhissi-Benyahya O., Chiquet C. et al. Glaucoma alters the circadian timing system. *PLoS ONE* 2008; 3(12):e3931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003931>
5. Юсеф Ю., Антонов А.А., Суббот А.М. и соавт. Проблема избыточного рубцевания в хирургии глауком. Часть 2: Противовоспалительная терапия, антиметаболиты, ингибиторы ангиогенеза. *Национальный журнал глаукома* 2025; 24(3):66-75. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2025-24-3-66-75>
6. Lusthaus J., Goldberg I. Current management of glaucoma. *Med J Aust* 2019; 210(4):180-187. <https://doi.org/10.5694/mja2.50020>.
7. Ходжаев Н.С., Коломейцев М.Н. Экспериментальное исследование дренажных свойств фибриллярно структурированных материалов для антиглаукоматозных операций. *Российский офтальмологический журнал* 2018; 11(4):55-63. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-4-55-63>
8. Buratto L, Caretti, L. Glaucoma Surgery Treatment and Techniques. Switzerland, 2018, Springer International Publishing AG. 128 p.
9. Чупров А.Д., Санеева Ж.Х., Лановская Ю.И. Опыт применения дренажа «Глаутек» при непроникающей глубокой склерэктомии. *Практическая медицина* 2018; 3:197-199.
10. Лоскутов И.А., Андрюхина О.М., Халдеев С.С. Дренажная хирургия глаукомы (обзор литературы). *Эффективная фармакотерапия* 2022; 18(20):20-26. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-20-26>
11. Baxant AD, Klimešová YM, Holubová L, Pluhovský P. et al. Efficacy and Safety of Deep Sclerectomy With the Esnoper Clip Implant for Uncontrolled Primary Open Angle Glaucoma: A 1 Year Prospective Study. *J Glaucoma* 2023; 32(3):227-235. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002137>
12. Германова В.Н., Карлова Е.В., Коригородский А.Р. Методика насыщения биорезорбируемого дренажа циклоспорином А в профилактике послеоперационного рубцевания в хирургии глаукомы. *Медико-фармацевтический журнал «Пulse»* 2018; 20(1):29-33.
13. Захидов А.Б., Селезнев А.В., Газизова И.Р. и др. Интраоперационное применение антиметаболитов в хирургии глаукомы. *Национальный журнал Глаукома* 2020; 19(1):40-45. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.01.06>
14. (до 6 мес). Нами сделан вывод о том, что разработанный ИИ из полиметилметакрилата перспективен для интрасклеральной имплантации в хирургии глаукомы.

## Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Сороколетов Г.В.,

Борзенко С.А., Островский Д.С., Хубецова М.Х.

Сбор и обработка материала: Сластина К.И.

Написание статьи: Сластина К.И.

Редактирование: Сороколетов Г.В., Борзенко С.А.,

Островский Д.С.

## References

1. Natsional'noe rukovodstvo po glaukome dlya praktikuyuschikh vrachei [National Glaucoma Guidelines for Practitioners]. 4th edition, revised and enlarged. Edited by E.A. Egorov, V.P. Eriчев. Moscow: GEOTAR-Media 2019; 384.
2. George R., Panda S., Vijaya L. Blindness in glaucoma: primary open-angle glaucoma versus primary angle-closure glaucoma-a meta-analysis. *Eye (Lond)* 2022; 36(11):2099-2105. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01802-9>.
3. Allison K. Epidemiology of Glaucoma: The Past, Present, and Predictions for the Future. *Cureus* 2020; 12(11): e11686. <https://doi.org/10.7759/cureus.11686>.
4. Drouyer E., Dkhissi-Benyahya O., Chiquet C. et al. Glaucoma alters the circadian timing system. *PLoS ONE* 2008; 3(12):e3931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003931>
5. Yusef Y., Antonov A. A., Subbot A. M., et al. The problem of excessive scarring in glaucoma surgery. Part 2: Anti-inflammatory therapy, antimetabolites, angiogenesis inhibitors. *National Journal of Glaucoma* 2025; 24(3):66-75. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2025-24-3-66-75>
6. Lusthaus J., Goldberg I. Current management of glaucoma. *Med J Aust* 2019; 210(4):180-187. <https://doi.org/10.5694/mja2.50020>.
7. Khodjaev N.S., Kolomeitsev M.N. Experimental study of drainage properties of fibrillar structured materials for antiglaucoma surgeries. *Russian Ophthalmological Journal* 2018; 11(4):55-63. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-4-55-63>
8. Buratto L, Caretti, L. Glaucoma Surgery Treatment and Techniques. Switzerland, 2018, Springer International Publishing AG. 128 p.
9. Chuprov A.D., Saneeva Zh.Kh., Lanovskaya Yu.I. Experience with the use of Glautex drainage in non-penetrating deep sclerectomy. *Practical Medicine* 2018; 3:197-199.
10. Loskutov I.A., Andryukhina O.M., Khaldeev S.S. Glaucoma drainage surgery (literature review). *Effective Pharmacotherapy* 2022; 18(20): 20-26. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-20-26>
11. Baxant AD, Klimešová YM, Holubová L, Pluhovský P. et al. Efficacy and Safety of Deep Sclerectomy With the Esnoper Clip Implant for Uncontrolled Primary Open Angle Glaucoma: A 1 Year Prospective Study. *J Glaucoma* 2023; 32(3):227-235. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000002137>
12. Germanova V.N., Karlova E.V., Korigodskiy A.R. Method of saturation of bioresorbable drainage with cyclosporine A in the prevention of postoperative scarring in glaucoma surgery. *Medical and pharmaceutical journal "Pulse"* 2018; 20(1):29-33.
13. Zakhidov A.B., Seleznev A.V., Gazizova I.R., Kuroedov A.V., Petrov S.Yu., Karimov U. R. Intraoperative use of antimetabolites in glaucoma surgery. *National journal glaucoma* 2020; 19(1):40-45. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.01.06>