

© Team of authors, 2026 / © Коллектив авторов, 2026

3.1.5. Ophthalmology, 3.1.6. Oncology, radiation therapy / 3.1.5. Офтальмология, 3.1.6. Онкология, лучевая терапия

The generation of biogenic silver nanoparticles de novo as an indicator for the diagnosis of tumors of the eyelid and conjunctiva

S.V. Saakyan ¹, A.P. Alekseeva ¹, D.A. Skladnev ², V.V. Sorokin ²¹Federal State Budgetary Institution "Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia²Federal State Institution «Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences», Moscow, Russia

Contacts: Svetlana Vagovna Sahakyan – e-mail: svsaakyan@yandex.ru

Генерация биогенных наночастиц серебра de novo как индикатор для диагностики опухолей век и конъюнктивы

С.В. Саакян ¹, А.П. Алексеева ¹, Д.А. Складнев ², В.В. Сорокин ²¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава РФ, Москва, Россия²Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы Биотехнологии» РАН, Институт микробиологии им. Виноградского, Москва, Россия

Контакты: Саакян Светлана Ваговна – e-mail: svsaakyan@yandex.ru

生物源性银纳米颗粒de novo生成作为眼睑及结膜肿瘤诊断指标

S.V. Saakyan ¹, A.P. Alekseeva ¹, D.A. Skladnev ², V.V. Sorokin ²¹俄罗斯联邦卫生部“赫尔姆霍兹国家眼病医学研究中心”联邦国家预算机构, 莫斯科, 俄罗斯²俄罗斯科学院“生物技术基础联邦研究中心”联邦国家机构, 莫斯科, 俄罗斯

通讯作者: Svetlana Vagovna Sahakyan – e-mail: svsaakyan@yandex.ru

We propose a new nanobiotechnological method of the various types of eyelid and conjunctival tumors diagnostics. The method is based on the spectrometric characteristics of biogenic silver nanoparticles analysis. It has been shown that normal tissues and ocular adnexal tumors are capable of biogenic silver nanoparticles de novo formation. It was found that silver cations activity increases in succession: normal tissue-benign ocular adnexal tumors-malignant ocular adnexal tumors.

Keywords: diagnosis, ocular adnexal tumors, metabolic activity, biogenic silver nanoparticles

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. This work was supported by ongoing institutional funding. No additional grants to carry out or direct this particular research were obtained.

For citation: Saakyan S.V., Alekseeva A.P., Skladnev D.A., Sorokin V.V. The generation of biogenic silver nanoparticles de novo as an indicator for the diagnosis of tumors of the eyelid and conjunctiva. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(3):24–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.3.24-29

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Предложен новый нанобиотехнологический метод для диагностики различных типов опухолей век и конъюнктивы, который основан на анализе спектрометрических характеристик биогенных наночастиц серебра. Впервые показано, что здоровые ткани и опухоли придаточного аппарата глаза способны генерировать de novo наночастицы серебра. Обнаружено, что активность в отношении катионов серебра повышается в ряду здоровые ткани-доброкачественные опухоли-злокачественные опухоли придаточного аппарата глаза.

Ключевые слова: диагностика, опухоли придаточного аппарата глаза, метаболическая активность, биогенные наночастицы серебра

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава РФ. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Саакян С.В., Алексеева А.П., Складнев Д.А., Сорокин В.В. Генерация биогенных наночастиц серебра *de novo* как индикатор для диагностики опухолей век и конъюнктивы. *Head and Neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2026;14(3):24–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.3.24-29

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

研究目的: 提出一种用于眼睑及结膜多种类型肿瘤诊断的新型纳米生物技术方法。

材料与方法: 该方法基于对生物源性银纳米颗粒光谱特征的分析。研究显示, 正常组织及眼附属器肿瘤均具有 *de novo* 生成生物源性银纳米颗粒的能力。

结果: 研究发现, 银阳离子活性呈递增趋势: 正常组织 → 良性眼附属器肿瘤 → 恶性眼附属器肿瘤。

结论: 基于生物源性银纳米颗粒光谱特征的分析方法可作为眼睑及结膜肿瘤诊断的潜在指标。

关键词: 诊断; 眼附属器肿瘤; 代谢活性; 生物源性银纳米颗粒

利益冲突: 作者声明无利益冲突。

经费来源: 本研究未获得任何经费资助。

引用格式: Saakyan S.V., Alekseeva A.P., Skladnev D.A., Sorokin V.V. The generation of biogenic silver nanoparticles *de novo* as an indicator for the diagnosis of tumors of the eyelid and conjunctiva. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(3):24–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.3.24-29

作者对所呈现数据的原创性以及发表插图材料 (表格、图示、患者照片) 的可能性负责。

Введение

Метаболически активные клетки обладают способностью в процессе молекулярного обмена с окружающей средой секретировать низкомолекулярные соединения, которые обладают восстановительной активностью в отношении катионов [1]. В исследованиях на микробных моделях показано наличие четкой корреляции между скоростью генерации *de novo* биогенных наночастиц и уровнем метаболической активности клеток [2].

В данной работе мы показываем, что уровень способности здоровых тканей и опухолей придаточного аппарата глаза формировать *de novo* биогенные наночастицы является отражением общего уровня их метаболической активности и может использоваться в качестве методологической основы для дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей [3].

Новообразования придаточного аппарата глаза представляют собой социально-значимую проблему офтальмологии. На их долю приходится около 70–75% всех опухолевых поражений органа зрения [4]. В структуре доброкачественных опухолей придаточного аппарата глаза наиболее часто встречаются эпителиальные опухоли век (60–70%), новообразования конъюнктивы выявляются у 14–16% пациентов с опухолями придаточного аппарата глаза [5]. В большинстве случаев прогноз при доброкачественных опухолях век и конъюнктивы благоприятный, но иногда, особенно при наличии меланоцитарных новообразований, они могут подвергаться злокачественной трансформации и приводить к потере органа зрения [6]. Большую опасность для жизни пациента представляют злокачественные опухоли придаточного аппарата глаза. Среди злокачественных новообразований век самой распространенной патологией является базальноклеточный рак, второе место занимает плоскоклеточный рак (2–18%) [7]. Реже встречается рак сальной железы

(0,3–7,0%) [8]. К редким опухолям относятся лимфома век (7–11%) и меланома кожи век (менее 1%) [9]. Злокачественные новообразования конъюнктивы представлены эпителиальными, пигментными и лимфоидными опухолями. Практически во всем мире в структуре злокачественных новообразований конъюнктивы преобладают плоскоклеточные поверхностные неоплазии (интраэпителиальная неоплазия конъюнктивы и инвазивный плоскоклеточный рак) – 40–94%. Данные по распространенности меланомы конъюнктивы неоднозначны, показатели встречаемости колеблются от 6 до 39%, а распространенность лимфомы во многих странах составляет 6–12% [10].

Ввиду сложного строения периокулярной области и большого многообразия клинической картины новообразований придаточного аппарата глаза установление доброкачественности или злокачественности опухоли, особенно на ранних стадиях, бывает затруднительно. Сохраняется высокая частота рецидивов злокачественных опухолей вследствие неадекватного выбора тактики ведения и лечения пациентов из-за неправильного первоначального диагноза [11]. Все вышеописанное обуславливает сохранение актуальности проведения исследований и разработки новых диагностических методов, которые позволят быстро и точно установить доброкачественность или злокачественность новообразования придаточного аппарата глаза как до, так и во время операции.

Материал и методы

Объектами исследования явились материалы 187 биопсий из опухолей век: 1-я группа (n=86) и конъюнктивы: 2-я группа (n=101). В качестве группы контроля для каждого образца опухоли использовали минимальный фрагмент биопсии здоровой ткани из того же глаза. Диагностику доброкачественных и злокачественных опухолей век и конъюнктивы проводили в отде-

лении офтальмоонкологии и радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава РФ. Средний возраст 187 больных на момент поступления в стационар составил 53,7 года. Для каждого пациента была проведена оценка клинической картины новообразований с гистологически верифицированным диагнозом опухоли века или конъюнктивы.

Полученные в условиях операционной биоптаты из стромы опухоли и из здоровой ткани того же глаза для контроля помещали в стерильные пластмассовые пробирки для транспортировки в клинично-диагностическую лабораторию. Время от момента забора материала до начала исследования не превышало 10 минут. Генерацию *de novo* биогенных наночастиц серебра проводили, помещая образцы исследуемых тканей в стерильный раствор источника катионов (реактив Толленса $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_3$ объемом 500 мкл в разных концентрациях – 1000 мкг/мл, 500, 250, 125, 63, 31, 16 мкг/мл), получаемых при последовательном разведении дистиллированной водой. Реакционную смесь инкубировали в термостатируемом шейкере при температуре 37 °С в течение 30 минут, отбирая пробы реакционной смеси с наночастицами серебра каждые 5 минут. Далее, после центрифугирования полученную реакционную смесь с наночастицами серебра переносили в лунки микропланшета для определения его оптических свойств. Спектрофотометрическое определение биогенных наночастиц серебра проводили при длинах волн, близких к специфическим для наночастиц серебра (395–420 нм), на планшетном фотометре Synergy MX (Bio-Tek, США). Нормирование результатов проводили на основании измерения массы биоптатов с использованием аналитических весов CPA225D (Sartorius, Германия).

Уровень восстановительной активности опухолей представляли как коэффициент ($\text{Ak} = (\text{Аопухоли} - \text{Аисточника катионов серебра}) / (\text{Аконтроля} - \text{Аисточника катионов серебра})$) отношения показателя оптической плотности (А) реакционной смеси с биогенными наночастицами, сформированными в присутствии биоптата опухолевой ткани к показателю, полученному с контрольным биоптатом нормальной ткани с учетом оптической плотности источника катионов серебра.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программного пакета IBM SPSS Statistics 23. Оценку достоверности различия между группами проводили по критерию Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

Для проведения сравнительной оценки метаболической активности биоптатов из опухолей века и конъюнктивы проведена оптимизация основных параметров протокола: концентрации стандартного источника катионов серебра – $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_3$ и оптимального времени инкубации опухолевых и здоровых тканей век и конъюнктивы с источником катионов серебра.

Определено, что в присутствии опухолевых тканей необходимый уровень генерации биогенных наночастиц серебра наблюдался при концентрации раствора 63 мкг/мл. Одной из важнейших задач исследования явилось определение времени реакции, достаточной для генерации *de novo* биогенных наночастиц. Достоверно высокие уровни генерации наночастиц серебра регистрировали уже на 5-й минуте реакции восстановления катионов серебра клетками здоровых и опухолевых тканей. Здоровые ткани придаточного аппарата глаза после 5-й минуты реакции восстановления не показывали значимых различий в уровне восстановительной способности, что может говорить о прекращении формирования новых наночастиц серебра. Злокачественные эпителиальные опухоли продолжали генерировать наночастицы серебра до 10-й минуты реакции восстановления ($p < 0,05$), а злокачественные меланоцитарные опухоли продолжали активно восстанавливать катионы серебра вплоть до 20-й минут ($p < 0,03$).

При анализе топографии опухолей века (1-я группа, $n=86$) установлено, что злокачественные и доброкачественные опухоли на верхнем ($n=41$) и нижнем веках ($n=39$) распределились практически одинаково, у наружного и внутреннего углов глаза опухоли встречались редко ($n=6$). Злокачественные опухоли на верхнем веке встречали в 18 случаях, на нижнем веке – в 23 случаях. По результатам гистологического исследования среди доброкачественных опухолей век чаще встречался меланоцитарный невус – 24 (57,1%), плоскоклеточная папиллома диагностирована у 9 (21,4%) пациентов, у 8 (19,1%) пациентов был выставлен диагноз кератоза века, у 1 пациента была обнаружена пиломатрикса. Среди злокачественных опухолей век у преобладающего числа пациентов – 25 (56,8%) диагностирован базальноклеточный рак (рис. 1), реже встречался плоскоклеточный рак, опухоль обнаружили у 9 (20,5%) пациентов (рис. 2), 5 (11,4%) пациентов была диагностирована аденокарцинома



Рис. 1. Базально-клеточный рак
Fig. 2. Basal cell carcinoma

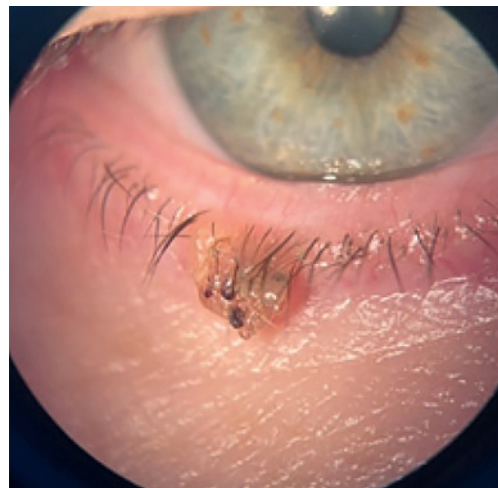


Рис. 2. Плоскоклеточный рак
Fig. 2 Squamous cell carcinoma

сальной железы, также среди опухолей век встречались редкие опухоли, такие как меланома кожи ($n=2$), лимфома ($n=1$), злокачественная гемангиоэндотелиома ($n=1$) и злокачественная акричная спираденома ($n=1$).

В структуре доброкачественных новообразований конъюнктивы чаще встречались меланоцитарные опухоли: невусы конъюнктивы – 43 (65,2%) пациентов (рис. 3), первичный приобретенный меланоз конъюнктивы – у 5 (7,6%), папиллома конъюнктивы – у 7 (10,6%), полип конъюнктивы – у 5 (7,6%), реже встречались гемангиома ($n=2$), сложная хористоста ($n=3$) и липодермоид ($n=1$). Среди злокачественных опухолей меланома конъюнктивы встречалась в 15 (42,9%) случаях (рис. 4), плоскоклеточная поверхностная неоплазия конъюнктивы – в 16 (45,7%), лимфома конъюнктивы – в 4 (11,4%) случаях.

В первой части исследования была проведена оценка восстановительной активности контрольных здоровых тканей век и конъюнктивы. Уровень их восстановительной активности значимо не отличался и составил для здоровых тканей век $0,056 \pm 0,004$, а для здоровых тканей конъюнктивы – $0,054 \pm 0,005$.

Далее мы сравнивали восстановительную активность всех типов опухолей придаточного аппарата глаза с восстановительной активностью здоровых контрольных тканей. В качестве характеристики тканей каждого биоптата использовали измерение оптической плотности биогенных наночастиц серебра генерируемых de novo при длинах волн, специфических для наночастиц серебра (λ от 395 до 420 нм). Значения оптической плотности реакционных смесей с наночастицами серебра, сформированными в присутствии доброкачественных или злокачественных опухолей (Аопухолы), сравнивали со значениями для соответствующих парных контрольных образцов здоровой ткани (Аконтроля). Установлено, что показатели восстановительной активности и век, и конъюнктивы возрастают в порядке: здоровые ткани-ткани доброкачественных опухолей-ткани злокачественных опухолей ($p < 0,05$). Наибольшие средние показатели восстановительной способности среди злокачественных опухолей век наблюдали при меланоме век (4,14–8,11) (рис. 5).

Среди злокачественных эпителиальных опухолей конъюнктивы наибольшие значения восстановительной активности наблюдали при плоскоклеточном раке (2,62–3,98). Все злокачественные эпителиальные опухоли конъюнктивы продолжали генерировать наночастицы серебра до 10-й минуты реакции восстановления, при более длительной инкубации не наблюдали формирования новых наночастиц серебра. Среди злокачественных опухолей конъюнктивы выделялись меланоцитарные опухоли (рис. 6). Мы обнаружили, что меланома конъюнктивы имеет наибольшую восстановительную активность по сравнению с другими злокачественными опухолями конъюнктивы. К тому же меланома конъюнктивы продолжала активно генерировать наночастицы серебра вплоть до 20-й минуты реакции восстановления. Это проявлялось в повышении величины восстановительной активности: разница величин восстановительной активности меланомы конъюнктивы на 5-й (3,32–3,50) и 20-й (6,58–7,63) минутах реакции восстановления составила 2 ($p < 0,002$). Данное превалирование в уровне восстановительной активности и длительной способности к формированию наночастиц серебра у меланомы может объясняться тем, что данная опухоль является крайне агрессивной с наибольшим уровнем потребления глюкозы.



Рис. 3. Невус конъюнктивы

Fig.3 Conjunctival nevus



Рис. 4. Меланома конъюнктивы

Fig.4 Conjunctival melanoma

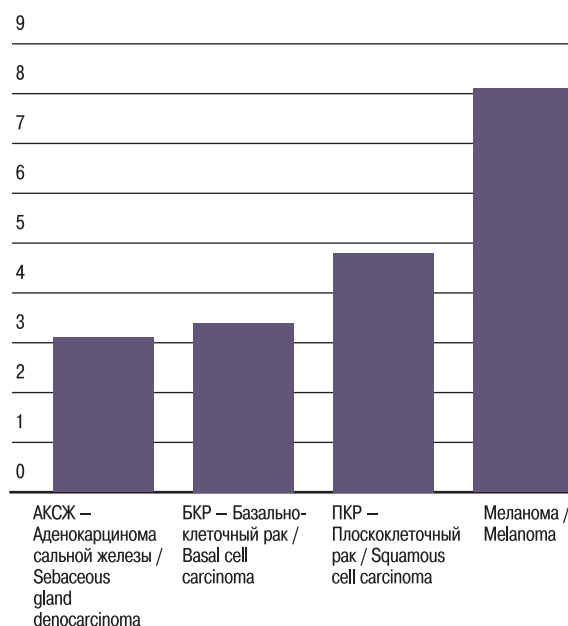


Рис. 5. Восстановительная активность разных гистологических типов злокачественных опухолей век

Fig.5. The regenerative activity of different histological types of eyelids malignant tumors.

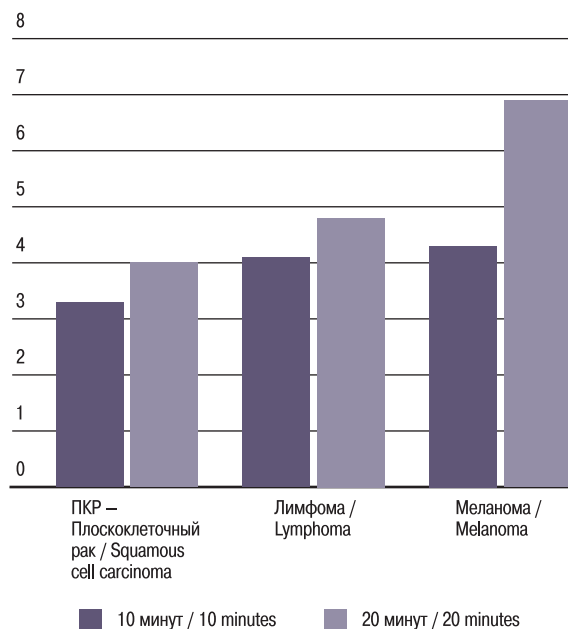


Рис. 6. Восстановительная активность разных гистологических типов злокачественных опухолей конъюнктивы

Fig.6. The regenerative activity of different histological types of conjunctival malignant tumors

Обсуждение

К настоящему времени доказано, что различные опухоли на биохимическом уровне имеют разную метаболическую активность. В литературе ежегодно появляется множество исследований, подтверждающих, что уровень метаболической активности клеток проявляется в их природной способности восстанавливать катионы с последующим формированием *de novo* биогенных наночастиц металлов. Нами предложен метод, основанный на оценке спектрометрической характеристики биогенных наночастиц, формирующихся *de novo*. Разработанный метод позволяет проводить срочную интраоперационную диагностику доброкачественных и злокачественных опухолей придаточного аппарата глаза. Прежде всего, впервые установлено, что здоровые ткани век и конъюнктивы имеют одинаково низкий уровень генерации наночастиц серебра, что может указывать на фундаментально единый уровень метаболической активности здоровых клеток. Полученные нами результаты о высокой восстановительной активности опухолей придаточного аппарата глаза по сравнению со здоровыми тканями подтверждают, что опухолевые клетки имеют генетически запрограммированный высокий уровень метаболизма по сравнению со здоровыми клетками [12].

На большом клиническом материале было достоверно показано, что для злокачественных опухолей характерен более высокий уровень восстановительной активности по сравнению с доброкачественными опухолями, что особенно ярко прослеживается при меланоцитарных опухолях. При этом показатели для различных типов злокачественных опухолей также различаются. Это может объясняться тем, что опухоли отличаются метаболической гибкостью, которая зависит от условий среды роста опухоли, путей получения основного энергетического субстрата, скорости роста образования, его размеров и множества других факторов [13].

Заключение

В настоящей работе впервые предложен нанобиотехнологический метод оценки уровня метаболической активности здоровых тканей и опухолей придаточного аппарата глаза по их способности восстанавливать катионы серебра и генерировать *de novo* биогенные наночастицы. Разработанный метод основан на спектрометрической регистрации уровня биогенного синтеза наночастиц из катионов серебра, который позволяет получить сведения об уровне метаболизма опухолей придаточного аппарата глаза и в дальнейшем определять доброкачественность или злокачественность новообразований придаточного аппарата глаза. Метод прост в реализации, экономичен, помогает за считанные минуты уточнить доброкачественность или злокачественность исследуемой опухоли придаточного аппарата глаза.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Складнев Д.А., Сорокин В. В. Генерация биогенных наночастиц металлов *de novo* как индикатор метаболической активности клеток. *Российские нанотехнологии*. 2023;18(3):377–92. [Skladnev D.A., Sorokin V.V. Generation of Biogenic Metal Nanoparticles *de Novo* as an Indicator of Cell Metabolic Activity. *Russian Nanotechnology*. 2023;18(3):377–92 (In Russ.)].
2. Sorokin V., Pshenichnikova A., Kalenov S., et al. Comparison of the wild-type obligate methylotrophic bacterium *Methylophilus quaylei* and its isogenic streptomycin-resistant mutant via metal nanoparticle generation. *Biol. Trace Element Res*. 2020;193:564–73.
3. Саакян С.В., Складнев Д.А., Алексеева А.П. и др. Возможности спектрометрической диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей конъюнктивы. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(2):119–23. [Saakyan S.V., Skladnev D.A., Alekseeva A.P., et al. Possibilities of Spectrometric Diagnostics of Benign and Malignant Tumors of the Conjunctiva. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(2):119–23 (In Russ.)].
4. Апрелев А.Е., Абдулгазилова З.Ф., Закирова И.И. Эпидемиология новообразований глаза и его придаточного аппарата в Оренбургском регионе. *Российский офтальмологический журнал*. 2022;15(3):7–10. [Aprelev A.E., Abdulgazizova Z.F., Zakirova I.I. Epidemiology of Eye and Adnexal Neoplasms in the Orenburg Region. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(3):7–10 (In Russ.)].
5. Shields J.A., Shields C.L. *Eyelid, conjunctival, and orbital tumors: An atlas and textbook*. Philadelphia. 2015. P. 824.
6. Балаева Р.Н., Касимов Э.М. Невусы конъюнктивы как риск развития меланомы. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(3):21–5. [Balaeva R.N., Kasimov E.M. Conjunctival Nevi as a Risk Factor for Melanoma. *Vestnik Oftalmologii*. 2016;132(3):21–5 (In Russ.)].
7. Бровкина А.Ф., Лернер М.Ю. Рак кожи век: эпидемиология, прогноз. *Опухоли головы и шеи*. 2017;1:81–5. [Brovkina A.F., Lerner M.Yu. Cancer of the eyelid skin: epidemiology, prognosis. *Head and Neck Tumors*. 2017;1:81–5 (In Russ.)].
8. Гришина Е.Е., Бондаренко Е.В., Богатырев А.М. Аденокарцинома сальной железы века. *Точка зрения. Восток–Запад*. 2021;3:100–3. [Grishina E.E., Bondarenko E.V., Bogatyrev A.M. Sebaceous Gland Adenocarcinoma of the Eyelid. *Point of View. East–West*. 2021;3:100–3 (In Russ.)].
9. Гришина Е.Е., Гузенко Е.С. Лимфомы органа зрения: особенности течения и прогноз. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2013;14(1):4–8. [Grishina E.E., Guzenko E.S. Lymphomas of the organ of vision: features of the

- course and prognosis. breast cancer. *Clinical ophthalmology*. 2013;14(1):4–8 (In Russ.).
10. Shields C.L., Alset A.E., Boal N.S., et al. Conjunctival tumors in 5002 cases. Comparative analysis of benign versus malignant counterparts. *The 2016 James D. Allen Lecture. Am. J. Ophthalmol.* 2017;173:106–33.
 11. Панова И.Е., Аракелян А.Э., Кученкова И.А. К вопросу рецидивирующего течения злокачественных новообразований кожи век. Опухоли головы и шеи. 2016;4:26–9. [Panova I.E., Arakelyan A.E., Kuchenkova I.A. On the issue of recurrent course of malignant neoplasms of the eyelid skin. *Head and Neck Tumors*. 2016;4:26–9 (In Russ.).]
 12. Pandey N., Lanke V., Vinod P.K. Network-based metabolic characterization of renal cell carcinoma. *Sci. Rep.* 2020;10(1):5955.
 13. Park J.H., Pyun W.Y., Park H.W. Cancer metabolism: phenotype, signaling and therapeutic targets. *Cells*. 2020;9(10):2308.

Поступила 17.11.2025

Получены положительные рецензии 25.02.26

Принята в печать 17.03.26

Received 17.11.2025

Positive reviews received 25.02.26

Accepted 17.03.26

Вклад авторов. С.В. Саакян, Д.А. Складнев – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, редактирование текста рукописи. А.П. Алексеева – обзор публикаций по теме статьи, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи. В.В. Сорокин – разработка дизайна исследования, редактирование текста рукописи.

The contribution of the authors. S.V. Saakyan, D.A. Skladnev – study design development, data analysis, manuscript editing. A.P. Alekseeva – review of publications on the topic of the article, data acquisition, data analysis, manuscript writing. V.V. Sorokin – study design development, manuscript editing.

Информация об авторах:

Саакян Светлана Ваговна – д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, руководитель отдела офтальмоонкологии и радиологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава РФ. Адрес: 105062, Москва, Садовая-Черногрязская ул., 14/19; e-mail: svsaakyan@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-8591-428X, Scopus ID 6602897459.

Складнев Дмитрий Анатольевич – д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы Биотехнологии» РАН, Институт микробиологии им. Виноградского. Адрес: 117312, Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 7, корп. 2; e-mail: skladda@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6929-6397, Scopus ID: 6701754939.

Алексеева Алена Павловна – к.м.н., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава РФ. Адрес: 105062, Москва, Садовая-Черногрязская ул., 14/19; e-mail: chonai.94@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7568-3016, Scopus ID: 58510019000.

Сорокин Владимир Владиславович – старший научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы Биотехнологии» РАН, Институт микробиологии им. Виноградского. Адрес: 117312, Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 7, корп. 2; e-mail: skladda@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4166-3105, Scopus ID: 7201463451.

Information about the authors:

Saakyan Svetlana Vagovna – MD, PhD, Professor, Corresponding member of the RAS, Head of Department of Ocular Oncology and Radiology, Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases. Address: 105062, Moscow, Russia, Sadovaya-Chernogryazskaya Str., 14/19; e-mail: svsaakyan@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-8591-428X, Scopus ID 6602897459.

Skladnev Dmitry Anatolievich – PhD, Professor, Principal Researcher of the Laboratory of Viability of Microorganisms, Federal State Institution «Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences». Address: 117312, Moscow, Prospekt 60-letiya Oktyabrya, 7/2; e-mail: skladda@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6929-6397, Scopus ID: 6701754939.

Alekseeva Alena Pavlovna – MD, PhD, Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases. Address: 105062, Moscow, Russia, Sadovaya-Chernogryazskaya Str., 14/19; e-mail: chonai.94@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7568-3016, Scopus ID: 58510019000.

Sorokin Vladimir Vladislavovich – Senior of the Laboratory of Viability of Microorganisms, Federal State Institution «Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology» of the Russian Academy of Sciences». Address: 117312, Moscow, Prospekt 60-letiya Oktyabrya, 7/2; e-mail: skladda@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4166-3105, Scopus ID: 7201463451.