

**ФРАНЦ АЛЕКСАНДРОВИЧ МИСЮН**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии, лор-болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*transophtech@mail.ru*

**ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ВАПИРОВ**

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*vapirov@petrsu.ru*

**ИННА ЮРЬЕВНА ПОРОМОВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии, лор-болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*poromova.5@yandex.ru*

**ИЛЬЯ ОЛЕГОВИЧ ГАВРИЛЮК**

соискатель кафедры госпитальной хирургии, лор-болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*iluaayaks@gmail.com*

## МИКРОХИРУРГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МИСЮНА ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОЗА РОГОВИЦЫ ГЛАЗА

### I. Микрохирургический инструмент для внедрения микрочастиц в роговицу глаза экспериментального животного

Запатентованные инновационные принципы конструкторских решений позволили впервые создать микрохирургический комплекс для введения микрочастиц в роговицу глаза экспериментальных животных. Микрохирургический комплекс состоит из устройства для изготовления микрочастиц, инструмента для захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц, универсального микрохирургического инструмента для формирования микрораны в роговице глаза экспериментального животного, микрохирургического инжектора для введения микрочастиц в микроскопическую рану на дозированную глубину и устройства для работы с этим инжектором. Применение данного комплекса в эксперименте позволило воспроизвести травму роговицы глаза инородными телами, что открывает широкие возможности ее клинического, гистологического и биохимического изучения.

Ключевые слова: роговица глаза, инородные тела роговицы, микрохирургический инструмент

На сегодняшний день, ввиду техногенных катастроф, стихийных бедствий, террористических актов и непрекращающихся военных конфликтов, на передний план выходит массовость поражений, среди которых частота травм глаза инородными телами значительно возросла. Так, по данным [8], только 10 % глазных инородных тел имеют место в промышленном и бытовом травматизме, а остальные 90 % получены в результате военных конфликтов. При этом наблюдается значительное увеличение процентного соотношения глазных травм к общему числу ранений, полученных в условиях военных конфликтов. С середины IX до конца XX века этот показатель увеличился почти в 23 раза [10], [13].

Кроме того, в настоящее время с особой остротой встает проблема минно-взрывного характера поражения глаз в результате террористических актов. При этом процент глазных ранений с 1969 по 2001 год увеличился почти в 32 раза [9], [12]. Травма глаза в 2001 году во время теракта во Всемирном торговом центре США достигла 26,0 % [9].

Общеизвестно, что среди прочих повреждений глаза травмы роговицы являются наиболее частыми. Среди травм переднего отрезка глаза инородные тела роговицы составляют от 40 до 69 %. Эта травма роговицы приводит к нарушению ее прозрачности, что вызывает снижение или потерю зрения.

Несмотря на очевидную актуальность изучения травм роговицы инородными телами, следует отметить, что на сегодняшний день отсутствует изученная картина течения этого травматического процесса. Это обусловлено:

1. Многофакторностью поражений (инородные тела разной химической структуры и величины, разное их количество, разная глубина залегания и т. д.).
2. Разрозненностью клинических наблюдений (эти наблюдения клиницисты получают в момент обращения пациентов к разным окулистам на разных стадиях течения травматических процессов, что позволяет фиксировать только фрагменты течения патологии и не создает единой полной картины течения этой травмы).
3. Неизученностью травм роговицы глаза инородными телами в эксперименте.

Единственная возможность воссоздать клинико-анатомический комплекс симптомов, характеризующий эту патологию, раскрыть патогенез ее развития и возможности терапевтического и хирургического лечения – воспроизвести эту патологию в эксперименте [1]. При этом вполне понятно, что полной аналогии с течением этого травматического процесса в роговице глаза человека в силу разной специфики анатомических структур нам не получить, но мы сможем получить необходимые знания о моделируемом объекте [2], [7].

Проблема внедрения инородных тел в роговицу глаза экспериментального животного заключается в том, что ее толщина у половозрелого кролика колеблется в пределах 0,3–0,4 мм [11], а у неполовозрелого животного может быть в пределах 0,2–0,3 мм. Указанные размеры роговицы накладывают ограничения не только на размеры внедряемых микрочастиц, которые должны быть соразмерны глубине внедрения, но и на инструменты. Для решения данной проблемы необходимо было разработать технологию и изготовить микрочастицы, микрохирургические инструменты и устройства.

#### Устройство для изготовления микрочастиц

Устройство для изготовления микрочастиц (УМ) монтируется на пластмассовом прямоугольном основании и состоит из пластины, режущего лезвия и трубчатого сегмента. Пластина расположена перпендикулярно основанию и жестко соединена с ним. С одной стороны в нее подвижно вмонтировано режущее лезвие с ручкой. Лезвие имеет одностороннюю заточку, плоской частью обращенную к пластине. Движение его ниже трубчатого сегмента ограничено стопором.

С другой стороны пластины смонтировано устройство для фиксации сменных трубчатых сегментов, что позволяет подобрать их под необходимый диаметр проволоки. Трубчатый сегмент с одной стороны имеет конусовидное расширение, куда вставляется проволока и выдвигается с другой стороны для нарезания. Фиксация трубчатого сегмента осуществляется так, чтобы его конец, из которого выдвигается проволока, занимал положение, соответствующее нулевой отметке микрометрической шкалы. Микрометрическая шкала вмонтирована в пластмассовое основание, расположенное ниже трубчатого сегмента.

Под заранее изготовленный диаметр проволоки подбирается трубчатый сегмент, который стандартно фиксируется и заряжается проволокой. Под контролем микроскопа, ориентируясь по микрометрической шкале, проволока выдвигается на необходимую длину. Опусканием лезвия проволока разрезается точно в месте выходного отверстия.

#### Инструмент для захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц [3]

Ни один из существующих офтальмохирургических инструментов не позволяет захватывать, удерживать и дозированно перемещать необходимые для внедрения микрочастицы. То есть принцип механического захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц не срабатывает.

Разработанный, изготовленный и защищенный патентом на изобретение Инструмент для захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц (ИЗУДП) состоит из корпуса 1, силиконовой насадки 2 и силиконовой ручки 3 (рис. 1).

Корпус инструмента изготовлен из стекла и представляет полуцилиндрическую трубку, которая конусообразно сужается к концевой части,

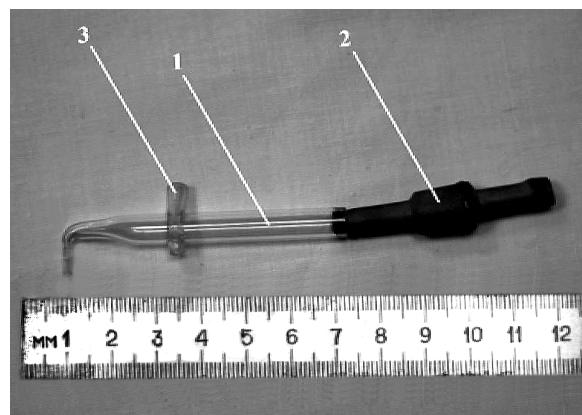


Рис. 1. Инструмент для захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц

переходя в изгиб. Этот изгиб предотвращает выпадение микрочастиц из инструмента. Прозрачность стекла позволяет визуально контролировать положение микрочастиц.

Эластическая силиконовая насадка имеет вид полой трубы с одним закрытым концом. Другой конец этой насадки надет на цилиндрическую часть корпуса. Назначение эластической силиконовой насадки заключается в изменении давления воздуха внутри инструмента, что обеспечивает движение воздушной струи как в инструмент, так и из него. Силиконовая ручка, надетая на корпус инструмента, обеспечивает удобную фиксацию его в руке.

Для захвата микрочастицы необходимо сжать силиконовую пневмонасадку, частично выпустив воздух из инструмента. Кончик инструмента поднести к микрочастице и, отпустив силиконовую насадку, воздушной струей захватить ее в инструмент. Затем поднести кончик инструмента к головке инжектора и сжатием силиконовой пневмонасадки воздушным потоком доставить микрочастицу в головку.

#### **Универсальный микрохирургический инструмент для формирования микрораны в роговице глаза экспериментального животного [5]**

Универсальный микрохирургический инструмент для формирования микрораны в роговице глаза экспериментального животного (МИ) состоит из ручки 1, конусовидного перехода 2 и рабочей части 3 (рис. 2).

Ручка имеет цилиндрическую форму с насечками, которые обеспечивают удобство манипуляций.

Конусовидный переход к рабочей части состоит из трубчатых сегментов 4, уменьшающихся в диаметре и впрессованных друг в друга. Это позволяет удлинять или укорачивать инструмент за счет изменения количества сегментов. Меняя

диаметр последнего трубчатого сегмента, в который вставляется рабочая часть, мы получаем возможность широко варьировать технические параметры рабочей части инструмента, что дает возможность формировать микроканал в роговице глаза разного диаметра и глубины.

Рабочая часть инструмента имеет плоскоизогнутую форму с колюще-режущим рабочим кончиком и плоской тупой концевой частью, что позволяет фиксировать ее в концевом трубчатом сегменте простым обжатием и при необходимости быстро осуществить замену.

Параметры рабочей части инструмента подбираются под диаметр микрочастиц, что способствует плотному их охвату тканями роговицы и более надежной их фиксации в ране. Длина инструмента варьируется в зависимости от заданной глубины внедрения микрочастицы. Необходимая глубина залегания микрочастицы в ране (0,1; 0,2; 0,3 мм) определяется исходя из требований эксперимента, после чего на заданном расстоянии от острия рабочей части инструмента наносится риска. Далее под контролем микроскопа производится вкол рабочей части инструмента в роговицу до уровня риски, что обеспечивает одинаковую глубину раны для всей серии.

#### **Микрохирургический инжектор для введения микрочастиц в микроскопическую рану на дозированную глубину**

Сложность введения микрочастиц в сформированную микрорану заключается в том, что она сразу закрывается, как только МИ удаляется из тканей. При этом рана даже под микроскопом становится едва видна. Поэтому для решения данной проблемы потребовался инструмент, который позволил бы быстро ввести микрочастицу в только что сформированную микроскопическую рану. Указанным требованиям отвечает разработанный и изготовленный нами Микро-

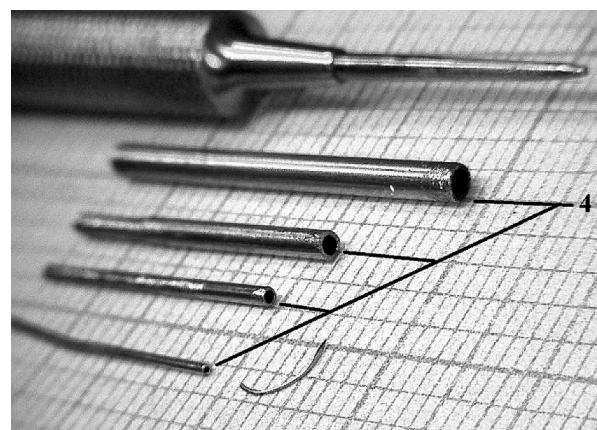
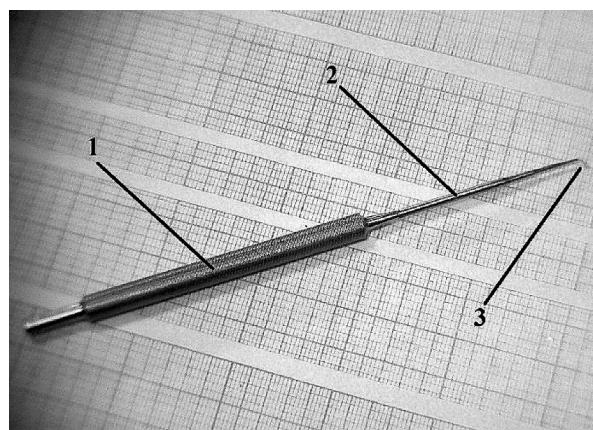


Рис. 2. Универсальный микрохирургический инструмент для формирования микрораны в роговице глаза экспериментального животного

хирургический инжектор для введения микрочастиц в микроскопическую рану на дозированную глубину (И), который защищен патентом на изобретение [4]. Он состоит из головки 1, тела 2 и толкателя 3 с ручкой 4 (рис. 3).

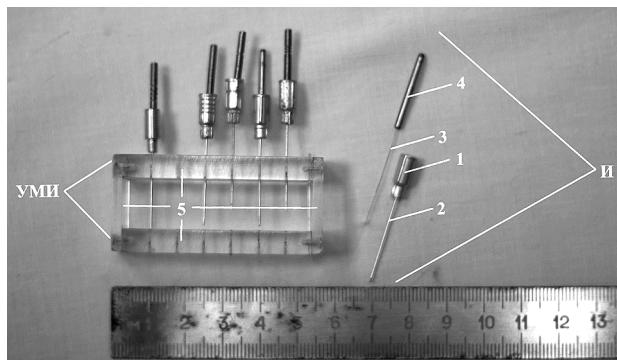


Рис. 3. Микрохирургический инжектор для введения микрочастиц в микроскопическую рану на дозированную глубину и Устройство для работы с микрохирургическими инжекторами

Внутренняя часть головки инжектора имеет цилиндрическую форму, куда вносятся микрочастицы необходимого размера. Ниже цилиндрическая форма головки переходит в конус, захватывающийся в теле инжектора. Через конус микрочастица попадает к началу тела инжектора.

Тело инжектора представляет собой полую трубку, внутренний диаметр которой несколько больше диаметра микрочастицы и соответствует диаметру входного отверстия сформированной микроскопической раны. Оно предназначено для проведения микрочастицы и плотной фиксации концевой части инжектора в раневом канале. При этом создается сплошная трубка, по которой продвигается инородное тело. Для обеспечения плотной фиксации в ране роговицы концевая часть инжектора зашлифована на конус.

Для продвижения микрочастицы по сплошной трубке и ее введения на заданную глубину инжектор оснащен специальным толкателем, состоящим из ручки и тела. Ручка предназначена для удержания толкателя пальцами. Повторяя внутренние размеры и форму головки инжектора, она входит в последнюю, где надежно фиксируется. Тело толкателя имеет цилиндрическую форму, а его диаметр несколько меньше внутреннего диаметра тела инжектора. Выстояние кончика толкателя за пределы тела инжектора определяет глубину вхождения толкателя в микрорану. Это позволяет вводить микрочастицы в рану на дозированную глубину.

Микрочастица, захваченная И, помещается в головку инжектора, по которой подходит к началу тела инжектора. Толкателем микрочастица

смещается до половины тела инжектора, после чего он горизонтально подносится к ране и его рабочий кончик плотно прижимается к ней. Надавив на ручку толкателя, микрочастица вводится в рану.

### Устройство для работы с микрохирургическими инжекторами

Для удобства работы с И нами было разработано и изготовлено специальное Устройство для работы с микрохирургическими инжекторами (УМИ), защищенное патентом на изобретение [6].

УМИ представляет из себя вытянутый четырехугольник, состоящий из четырех пластин 5 (двух горизонтальных и соединяющих их с боков двух вертикальных) (см. рис. 3). В верхней горизонтальной пластине имеются вертикальные сквозные отверстия, диаметр которых точно соответствует наружному диаметру тел микрохирургических инжекторов. В эти отверстия вставляются микрохирургические инжекторы и плотно в них удерживаются. Строго по вертикали, соответственно верхним сквозным отверстиям, в нижней горизонтальной пластине находятся цилиндрические углубления, диаметр которых точно соответствует наружному диаметру тел микрохирургических инжекторов и обеспечивает вторую плотную фиксацию. На дне цилиндрических углублений строго по центру впрессованы металлические штыри, наружный диаметр которых строго соответствует внутреннему диаметру тел И. Металлические штыри входят в тело инжектора и жестко фиксируют микрочастицу снизу. Кроме того, они обеспечивают третью жесткую фиксацию инжекторов, предотвращая их смещение при различных положениях устройства.

На верхней горизонтальной пластине имеется цифровая маркировка функциональных возможностей инжекторов (величина микрочастиц и глубина введения их в микрорану).

Особенности конструкторской разработки определяют следующие технические возможности:

1. Вертикальное положение микрохирургического инжектора способствует быстрой и серийной зарядке его микрочастицами.
2. Наличие постоянной длины штыря в устройстве позволяет всегда на заданном уровне надежно фиксировать микрочастицу, зажимая ее в инжекторе между штырем и толкателем.
3. Жесткая фиксация микрохирургического инжектора и микрочастицы в нем позволяет перевести заряженное устройство в удобное для хирурга горизонтальное положение и горизонтально вынимать заряженный инжектор, предотвращая выпадение из него микрочастиц.

4. Устройство для работы с инжекторами позволяет серийно проводить их зарядку микрочастицами и серийно вводить в микрораны.
5. Цифровая маркировка функциональных возможностей инжекторов исключает ошибки в работе и позволяет быстро ввести микрочастицы другим идентичным инжектором, если первое введение не удалось.

Микрохирургические инжекторы без толкателей через отверстия в верхней пластине вводятся в цилиндрические углубления нижней пластины и насаживаются на штыри. При помощи ИЗУДП микрочастица вносится в цилиндрическое отверстие головки, где она сама смещается в конусовидный переход и толкателем инжектора продвигается до фиксирующего штыря. При внедрении

микрочастиц в микрораны УМИ переводится из вертикального в горизонтальное положение, что позволяет горизонтально снять каждый заряженный инжектор, после чего горизонтально подвести его к микроране, предотвратив выпадение микрочастицы.

Таким образом, запатентованные новые принципы конструкторских решений впервые позволили изготовить микрохирургический комплекс для введения микрочастиц в роговицу глаза экспериментальных животных. Применение данного комплекса в эксперименте позволило воспроизвести травму роговицы глаза инородными телами, что открывает широкие возможности ее клинического, гистологического и биохимического изучения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Да в о в с к и й И. В. Проблема причинности в медицине (этиология). М.: Медгиз, 1962. 176 с.
2. З и н о в ь е в А. А., Р е в з и н И. И. Логическая модель как средство научного исследования // Вопросы философии. 1960. № 1. С. 82–90.
3. Инструмент для захвата, удержания и дозированного перемещения микрочастиц. Патент на изобретение № 2553569 от 20 июня 2015 г. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петропавловский государственный университет». Автор патента: Мисюн Ф. А.
4. Микрохирургический инжектор для введения микрочастиц в микроскопическую рану на дозированную глубину. Патент на изобретение № 2553514 от 20.05.2015 г. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петропавловский государственный университет». Автор патента: Мисюн Ф. А.
5. Универсальный микрохирургический инструмент для формирования микрораны в роговице глаза экспериментального животного. Заявка на изобретение № 2014132829 от 08.08.2014 г. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петропавловский государственный университет». Авторы патента: Мисюн Ф. А., Гаврилюк И. О., Вапиоров В. В.
6. Устройство для работы с микрохирургическими инжекторами. Патент на изобретение № 2553389 от 18.05.2015 г. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петропавловский государственный университет». Авторы патента: Мисюн Ф. А., Поромова И. Ю., Гаврилюк И. О., Мешков В. В.
7. Ф р о л о в И. Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем // Вопросы философии. 1981. № 2. С. 39–51.
8. В а у т а н Jr. W. C. Management of penetrating injuries with a retained intraocular foreign body // Ophthalmic care of the combat casualty. 1917. Vol. 41. № 2. P. 227.
9. Centers for Disease Control and Prevention et al. Rapid assessment of injuries among survivors of the terrorist attack on the World Trade Center-New York City, September 2001 // MMWR: Morbidity and mortality weekly report. 2002. Vol. 51. № 1. P. 1–5.
10. D u k e - E l d e r S., M a c F a u l P. A. War injuries // System of Ophthalmology. St. Louis, 1972. P. 49–56.
11. G w o n A. Animal Models in eye research. Panagiotis A. Tsouli (ed). Academic Press, 2008. P. 215.
12. H a d d e n W. A., R u t h e r f o r d W. H., M e r r e t t J. D. The injuries of terrorist bombing: A study of 1532 consecutive patients // Br. J. Surg. 1978. Vol. 65. P. 525–531.
13. J a n k o v i c S., Z u l j a n I., S a p u n a r D., B u c a A., P l e s t i n a - B o r j a n I. Clinical and radiological management of wartime eye and orbit injuries // Mil. Med. 1998. Vol. 163. P. 423–426.

**Misyun F. A.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Vapirov V. V.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Poromova I. Yu.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Gavriluk I. O.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

#### MISYUN'S MICROSURGICAL COMPLEX FOR REPRODUCTION AND RESEARCH OF CORNEAL METALLOSION

##### I. Microsurgical instruments for micro fragments' insertion into the cornea of experimental animals

Patented innovative principles of constructive decisions facilitated in the creation of special microsurgical complex instrumental in the insertion of micro particles into the cornea of experimental animals. The microsurgical complex consists of the device aimed at

manufacturing micro particles; an instrument for trapping, holding and dosed shifting of micro particles; a universal microsurgical instrument for forming micro-injuries in the cornea of experimental animals; a microsurgical injector for micro particles' insertion into the cornea incision at a predetermined depth; and devices to operate the injector. This complex was used in our experiments. The complex helped to reproduce corneal injuries caused by foreign bodies. The obtained results open up wide opportunities for clinical, histological and biochemical study of such injury.

Key words: cornea, foreign bodies, microsurgical instruments

#### REFERENCES

1. Davydovskiy I. V. *Problema prichinnosti v meditsine (etiologiya)* [The problem of causality in medicine (etiology)]. Moscow, Medgiz Publ., 1962. 176 p.
2. Zinov'ev A. A., Revzin I. I. The logic model as a means of scientific research [Logicheskaya model' kak sredstvo nauchnogo issledovaniya]. *Voprosy filosofii* [Problems of Philosophy]. 1960. № 1. P. 82–90.
3. *Instrument dlya zakhvata, uderzhaniya i dozirovannogo peremeshcheniya mikrochastits* [Instrument for trapping, holding and dosed shifting of microparticles]. Misyun F. A., Patent RF, № 2553569, 20.05.2015.
4. *Mikrokhirurgicheskiy inzhektor dlya vvedeniya v mikroskopicheskuyu ranu na dozirovannuyu glubinu* [Microsurgical injector for introducing the microparticles in a microscopic depth of the wound on dosage]. Misyun F. A., Patent RF, № 2553514, 20.05.2015.
5. *Universal'nyy mikrokhirurgicheskiy instrument dlya formirovaniya mikrorany v rogovitse glaza eksperimental'nogo zhivotnogo* [Universal microsurgical instruments for the formation of the cornea mikrorany in experimental animal]. Misyun F. A., Gavril'yuk I. O., Vapirov V. V. Patent RF, № 2014132829, 08.08.2014.
6. *Ustroystvo dlya raboty mikrokhirurgicheskimi inzhektorami* [A device for the use of microsurgical injectors]. Misyun F. A., Poromova I. Yu., Gavril'yuk I. O., Meshkov V. V. Patent RF, № 2553389, 18.05.2015.
7. Frolov I. T. Epistemological problems of modeling biological systems [Gnoseologicheskie problemy modelirovaniya biologicheskikh sistem]. *Voprosy filosofii* [Problems of Philosophy]. 1981. № 2. P. 39–51.
8. Baumann Jr. W. C. Management of penetrating injuries with a retained intraocular foreign body // Ophthalmic care of the combat casualty. 1917. Vol. 41. № 2. P. 227.
9. Centers for Disease Control and Prevention et al. Rapid assessment of injuries among survivors of the terrorist attack on the World Trade Center-New York City, September 2001 // MMWR: Morbidity and mortality weekly report. 2002. Vol. 51. № 1. P. 1–5.
10. Duke-Elder S., MacFaul P. A. War injuries // System of Ophthalmology. St. Louis, 1972. P. 49–56.
11. Gwon A. Animal Models in eye research. Panagiotis A. Tsouis (ed). Academic Press, 2008. P. 215.
12. Hadden W. A., Rutherford W. H., Merrett J. D. The injuries of terrorist bombing: A study of 1532 consecutive patients // Br. J. Surg. 1978. Vol. 65. P. 525–531.
13. Jankovic S., Zuljan I., Sapunar D., Bucă A., Plestina-Borjan I. Clinical and radiological management of wartime eye and orbit injuries // Mil. Med. 1998. Vol. 163. P. 423–426.

Поступила в редакцию 26.10.2015