



WEBSITE  
WWW.FOR-MEDEX.RU  
PUBLISHED SINCE 2015

ISSN 2411-8729 PRINT  
ISSN 2409-4161 ONLINE

**RUSSIAN  
JOURNAL  
OF  
FORENSIC  
MEDICINE**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**СУДЕБНАЯ  
МЕДИЦИНА**

Том 7 | № 4 | 2021 • Vol. 7 | Issue 4 | 2021

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТКАНИ ПРИ ВЫСТРЕЛЕ ИЗ GLOCK 17



## «БЫСТРАЯ ДНК» — ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ



## ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СЛУЧАЕ ИНГАЛЯЦИИ ГЕЛИЯ



RUSSIA

ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ / OFFICIAL PUBLICATION OF:

АССОЦИАЦИЯ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТОВ  
[www.ассоциация-смэ.рф](http://www.ассоциация-смэ.рф)

ASSOCIATION OF FORENSIC MEDICAL EXPERTS  
[www.asme.nichost.ru](http://www.asme.nichost.ru)

## УЧРЕДИТЕЛИ

- Ассоциация судебно-медицинских экспертов
- ООО «Эко-Вектор»

## ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,  
Аптекарский переулок, д. 3, литера А,  
помещение 1Н

E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)

WEB: <https://eco-vector.com>

## ПОДПИСКА

[www.journals.eco-vector.com/](http://www.journals.eco-vector.com/)

[www.akc.ru](http://www.akc.ru)

[www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)

## OPEN ACCESS

В электронном виде журнал распространяется бесплатно — в режиме немедленного открытого доступа

## ИНДЕКСАЦИЯ

- SCOPUS
- DOAJ
- РИНЦ
- Google Scholar
- Dimensions
- CyberLeninka
- WorldCat
- Ulrich's Periodicals Directory

## РЕДАКЦИЯ

### Заведующий редакцией

Шифман Борис Михайлович

Телефон: +7(906)702-71-08

E-mail: [formed@eco-vector.com](mailto:formed@eco-vector.com)

### Оригинал-макет

подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».

Литературный редактор,

корректор: *М.Н. Шошина*

Верстка и оформление: *Ф.А. Игнащенко*

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».  
196105, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, 69.  
Тел.: (812) 646-33-77

© ООО «Эко-Вектор», 2021

ISSN 2411-8729 (Print)

ISSN 2409-4161 (Online)

# Судебная медицина

Том 7 | Выпуск 4 | 2021

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ  
СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Издается с 2015 года

### Главный редактор

Клевно Владимир Александрович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-5693-4054

### Заместители главного редактора

Барин Евгений Христофорович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0003-4236-4219

Виейра Дуарте Нуно, MD, PhD, Prof. (Португалия)

ORCID: 0000-0002-7366-6765

Иванов Павел Леонидович, д.б.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0002-4753-3125

Тсокок Михаэль, MD, PhD, Prof. (Германия)

ORCID: 0000-0001-7805-6352

### Ответственный секретарь

Романько Наталья Александровна, к.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0003-2113-0480

### Редакционная коллегия

Авдеев Александр Иванович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0003-1506-5547

Бишарян Мгер Спандарович, д.м.н., проф. (Армения)

ORCID: 0000-0003-4229-8012

Галицкий Франц Антонович, д.м.н., проф. (Казахстан)

ORCID: 0000-0002-5548-0967

Гасанов Адалят Бейбала оглы, д.м.н., проф. (Азербайджан)

ORCID: 0000-0002-1156-056X

Зайратьянц Олег Вадимович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0003-3606-3823

Зимица Эльвира Витальевна, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0002-3590-753X

Искандеров Алишер Искандерович, д.м.н., проф. (Узбекистан)

ORCID: 0000-0001-6007-2629

Кильдюшов Евгений Михайлович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-7571-0312

Леонов Сергей Валерьевич, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0003-4228-8973

Мадея Буркхард, MD, PhD, Prof. (Германия)

ORCID: 0000-0002-1248-1556

Мальцев Алексей Евгеньевич, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-7756-6959

Мимасака Сотаро, MD, PhD, Prof. (Япония)

ORCID: 0000-0002-1790-9726

Назаров Юрий Викторович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0002-4629-4521

Парилов Сергей Леонидович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0001-9888-4534

Ромодановский Павел Олегович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-9421-8534

Феррара Санто Давиде, MD, PhD, Prof. (Италия)

ORCID: 0000-0002-5900-8715

Хохлов Владимир Васильевич, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0002-6439-7110

Шигеев Сергей Владимирович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0003-2219-5315

### Редакционный совет

Александрова Оксана Юрьевна, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-5106-8644

Ашиджиоглу Фарук, MD, PhD, Prof. (Турция)

ORCID: 0000-0003-1691-6171

Буромский Иван Владимирович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0002-1530-7852

Власюк Игорь Валентинович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0002-9023-6898

Кактурский Лев Владимирович, д.м.н., проф., член-корр. РАН

(Россия)

ORCID: 0000-0001-7896-2080

Капело Хосе Луис Мартинес, MD, PhD, Prof. (Португалия)

ORCID: 0000-0001-6276-8507

Конов Владимир Павлович, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0002-3702-0174

Пузин Сергей Никифорович, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия)

ORCID: 0000-0002-9711-3532

Максимов Александр Викторович, д.м.н. (Россия)

ORCID: 0000-0003-1936-4448

Тали Майкл, MD, PhD, Prof. (Швейцария)

ORCID: 0000-0002-2613-6956

Ткаченко Андрей Анатольевич, д.м.н., проф. (Россия)

ORCID: 0000-0001-9922-3818

Хван Олег Иннокентьевич, д.м.н. (Узбекистан)

ORCID: 0000-0002-8849-3043

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://for-medex.ru/>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя — издательства «Эко-Вектор».



## FOUNDERS

- Association of Forensic Medical Experts
- Eco-Vector

## PUBLISHER

Eco-Vector

Address: Aptekarskiy pereulok, 3A, office 1H,  
Saint-Petersburg, Russian  
Federation, 191186

E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)

WEB: <https://eco-vector.com>

## SUBSCRIPTION

[www.journals.eco-vector.com/](http://www.journals.eco-vector.com/)

## OPEN ACCESS

Immediate Open Access is mandatory for  
all published articles

## PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

## INDEXATION

- SCOPUS
- DOAJ
- Google Scholar
- Dimensions
- CyberLeninka
- WorldCat
- Ulrich's Periodicals Directory

## EDITORIAL

### Managing editor

Boris M. Shifman

E-mail: [formed@eco-vector.com](mailto:formed@eco-vector.com)

Phone: +7(906)702-71-08

## TYPESET

complete in Eco-Vector

Copyeditor, proofreader: *M.N. Shoshina*

Layout editor: *P.A. Ignashchenko*

ISSN 2411-8729 (Print)

ISSN 2409-4161 (Online)

# Russian Journal of Forensic Medicine

Volume 7 | Issue 4 | 2021

INTERNATIONAL PEER-REVIEW JOURNAL  
IN FORENSIC AND RELATED SCIENCES

Publish since 2015

## EDITOR-IN-CHIEF

**Vladimir A. Klevno**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-5693-4054

## DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

**Evgeniy Kh. Barinov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0003-4236-4219

**Pavel L. Ivanov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0002-4753-3125

**Michael Tsokos**, MD, PhD, Prof. (Germany)

ORCID: 0000-0001-7805-6352

**Duarte Nuno Vieira**, MD, PhD, Prof. (Portugal)

ORCID: 0000-0002-7366-6765

## EXECUTIVE SECRETARY

**Natalia A. Romanko**, MD, Cand. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0003-2113-0480

## EDITORIAL BOARD

**Aleksandr I. Avdeev**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0003-1506-5547

**Mger S. Bisharyan**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Armenia)

ORCID: 0000-0003-4229-8012

**Santo Davide Ferrara**, MD, PhD, Prof. (Italy)

ORCID: 0000-0002-5900-8715

**Frants A. Galitskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Kazakhstan)

ORCID: 0000-0002-5548-0967

**Adalat Beybala oglu Gasanov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Azerbaijan)

ORCID: 0000-0002-1156-056X

**Alisher I. Iskandarov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Uzbekistan)

ORCID: 0000-0001-6007-2629

**Vladimir V. Khokhlov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0002-6439-7110

**Evgeniy M. Kil'dyushov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-7571-0312

**Sergey V. Leonov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0003-4228-8973

**Burkhard Madea**, MD, PhD, Prof. (Germany)

ORCID: 0000-0002-1248-1556

**Aleksey E. Mal'tsev**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-7756-6959

**Sohtaro Mimasaka**, MD, PhD, Prof. (Japan)

ORCID: 0000-0002-1790-9726

**Yuriy V. Nazarov**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0002-4629-4521

**Sergey L. Parilov**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0001-9888-4534

**Pavel O. Romodanovskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-9421-8534

**Sergey V. Shigeev**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0003-2219-5315

**Oleg V. Zairat'yants**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0003-3606-3823

**El'vira V. Zimina**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0002-3590-753X

## EDITORIAL COUNCIL

**Faruk Aşıcıoğlu**, MD, PhD, Prof. (Turkey)

ORCID: 0000-0003-1691-6171

**Oksana Yu. Alexandrova**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-5106-8644

**Ivan V. Buromskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0002-1530-7852

**Jose Luis Martinez Capelo**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Portugal)

ORCID: 0000-0001-6276-8507

**Lev V. Kakturskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-7896-2080

**Oleg I. Khvan**, MD, Dr. Sci. (Med.), (Uzbekistan)

ORCID: 0000-0002-8849-3043

**Vladimir P. Konev**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0002-3702-0174

**Sergey N. Puzin**, MD, PhD, Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0002-9711-3532

**Aleksandr V. Maksimov**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0003-1936-4448

**Michael Thali**, MD, PhD, Prof. (Switzerland)

ORCID: 0000-0002-2613-6956

**Andrey A. Tkachenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), Prof. (Russia)

ORCID: 0000-0001-9922-3818

**Igor V. Vlasjuk**, MD, Dr. Sci. (Med.) (Russia)

ORCID: 0000-0002-9023-6898

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://for-medex.ru/>. Full or partial reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the publisher — the Eco-Vector publishing house.

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

-  *С.А. Степанов, К.Н. Крупин, И.В. Глоба, А.В. Максимов, М.А. Кислов*  
Определение очерёдности повреждений хлопчатобумажной ткани, смоченной водой, при выстреле из пистолета Glock 17. .... 5
-  *С.В. Леонов, П.В. Пинчук, М.А. Сухарева, Ю.П. Шакирьянова, Ю.Ю. Шишкин*  
Особенности выброса и топографии распределения частиц металла разрушенного снаряда после преодоления преграды из триплексного стекла автомобиля ..... 13
-  *Г.В. Недугов*  
Двойная экспоненциальная модель охлаждения трупа в условиях линейно изменяющейся внешней температуры. .... 19
-  *Е.Ю. Земскова, Н.Р. Соколова, С.В. Исупов, П.Л. Иванов*  
«Быстрая ДНК» — перспективы судебно-экспертного исследования ДНК с использованием генетических анализаторов полного цикла ..... 29

## ЭКСПЕРТНАЯ ПРАКТИКА

-  *Л.Г. Александрова, А.А. Анисимов*  
Патоморфологические изменения в случае ингаляции гелия: случай из экспертной практики ..... 39

## НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

-  *А.А. Тхакахов*  
О классификации и терминологии трупных явлений ..... 45
-  *И.В. Буромский, Е.С. Сидоренко, Ю.В. Ермакова*  
Пути стандартизации терминологии, используемой в судебной медицине ..... 51

## РЕЦЕНЗИИ

-  *Л.А. Букалорова, А.В. Остроушко*  
Рецензия на коллективную монографию Семиной Т.В., Клевно В.А., Гусева А.Ю., Веселкиной О.В. «Уголовная ответственность врача в современной России» под общей редакцией Т.В. Семиной. .... 57
-  *И.В. Буромский, Ю.В. Ермакова, Е.С. Сидоренко*  
Рецензия на коллективную монографию В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» под редакцией В.А. Клевно ..... 63

# CONTENTS

---

## ORIGINAL STUDIES

-  *Sergey A. Stepanov, Konstantin N. Krupin, Irina V. Globa, Aleksandr V. Maksimov, Maksim A. Kislov*  
Determination of the order of damage to a cotton cloth moistened with water  
when fired from a Glock 17 pistol ..... 5
-  *Sergey V. Leonov, Pavel V. Pinchuk, Marina A. Suhareva, Juliya P. Shakiryanova, Yuri Yu. Shishkin*  
Features of the ejection and topography of the distribution of metal particles of a destroyed  
projectile after overcoming an obstacle made of triplex glass of a car ..... 13
-  *German V. Nedugov*  
Double exponential model of corpse cooling under conditions of linearly varying ambient temperature ..... 19
-  *Elena Yu. Zemskova, Natalia R. Sokolova, Sergey V. Isupov, Pavel L. Ivanov*  
"Rapid DNA" — new horizons of forensic DNA profiling using full cycle genetic analyzers ..... 29

## CASE REPORTS

-  *Liliya G. Aleksandrova, Andrei A. Anisimov*  
Pathomorphological changes due to helium inhalation: an expert case report ..... 39

## REVIEWS

-  *Almir A. Tkhakakhov*  
On the classification and terminology of cadaveric phenomena ..... 45
-  *Ivan V. Buromskiy, Elena S. Sidorenko, Yulia V. Ermakova*  
Ways to standardize the terminology used in forensic medicine ..... 51

## BOOK REVIEWS

-  *Liudmila A. Bukalerova, Alexander V. Ostroushko*  
Review of the collective monograph by T.V. Semina, V.A. Klevno, A.Yu. Gusev, O.V. Veselkina  
"Criminal liability of a doctor in modern Russia" edited by T.V. Semina. .... 57
-  *Ivan V. Buromskiy, Yuliya V. Ermakova, Elena S. Sidorenko*  
Review of the monograph by V.A. Klevno, S.N. Kulikov, A.V. Kopylov  
"Atlas of medical criteria of harm to health" edited by V.A. Klevno ..... 63

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm667>

# Определение очерёдности повреждений хлопчатобумажной ткани, смоченной водой, при выстреле из пистолета Glock 17

С.А. Степанов<sup>1</sup>, К.Н. Крупин<sup>1</sup>, И.В. Глоба<sup>1</sup>, А.В. Максимов<sup>2</sup>, М.А. Кислов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Для определения очерёдности выстрела из огнестрельного оружия исследуют наличие отложения копоти и дополнительных факторов выстрела на поверхности ткани. Эти признаки были обнаружены и проверены на сухих мишенях, однако в доступной литературе отсутствуют данные, позволяющие определять очерёдность выстрела на смоченной водой мишени.

**Цель исследования** — выявить морфологические отличия огнестрельных повреждений сухой и смоченной водой ткани.

**Материал и методы.** Для проведения эксперимента использованы мишень-объект из хлопчатобумажной ткани (бязь); пистолет Glock 17; патроны калибра 9×19 Parabellum. Выделены две группы мишеней — смоченная проточной водой из пульверизатора и сухая. После пропитывания ткань вывешивалась в вертикальное положение на подложку из плотного картона, и далее производился выстрел. Огнестрельное оружие (Glock 17) закреплялось на станине, дульный конец был направлен в сторону мишени под углом 90°. Выстрелы производились с расстояния 5 см, 10 см, 20 см и далее с шагом 10 см до 100 см включительно. С каждого расстояния произведено по 10 выстрелов, затем отобрано по 3 мишени с наиболее выраженными морфологическими изменениями — термически изменёнными волокнами на лицевой поверхности мишени, по краю огнестрельного повреждения и глубине проникновения пояска обтирания. После этого ствол огнестрельного оружия очищали. Исследование поражённых мишеней проводили с помощью стереомикроскопа Leica M125. Результаты, полученные в ходе эксперимента, заносили в таблицу MS Excel, где производили статистическую обработку. Для каждого признака рассчитывали условную вероятность. Производили расчёт диагностического коэффициента; для оценки информативности выбранных признаков использовали формулу Кульбака.

**Результаты.** На сухих мишенях выявлены признаки термического действия и отложение копоти на лицевой стороне. Термическое воздействие проявляется образованием колбо- и пенькообразных окончаний волокон нитей по краю огнестрельного повреждения. На мокрых мишенях термически изменённые нити не обнаружены, а продукты выстрела проникают в межволоконное пространство.

**Заключение.** Признаки термического воздействия, а также отложение копоти только на лицевой поверхности мишени позволяют говорить о том, что выстрел произведён в сухую ткань. Проникновение продуктов, формирующих поясок металлизации, в межволоконное пространство, а также отсутствие термически изменённых нитей характерно для огнестрельного повреждения влажных мишеней.

Описанные изменения могут использоваться для упрощения восприятия морфологии повреждений в заключениях эксперта. Результаты данного исследования позволят проводить более качественную ситуалогическую экспертизу.

**Ключевые слова:** судебная медицина; огнестрельное повреждение; пистолет Glock 17; мокрая ткань.

## Как цитировать

Степанов С.А., Крупин К.Н., Глоба И.В., Максимов А.В., Кислов М.А. Определение очерёдности повреждений хлопчатобумажной ткани, смоченной водой, при выстреле из пистолета Glock 17 // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm667>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm667>

# Determination of the order of damage to a cotton cloth moistened with water when fired from a Glock 17 pistol

Sergey A. Stepanov<sup>1</sup>, Konstantin N. Krupin<sup>1</sup>, Irina V. Globa<sup>1</sup>, Aleksandr V. Maksimov<sup>2</sup>, Maksim A. Kislov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> I.M.Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** To determine the order of the shot from a firearm, the presence of soot deposits and additional factors of the shot on the surface of the fabric is investigated. These signs were detected and tested on dry targets, but not studied on a wet target. There is no data in the available literature that allows determining the order of a shot on a water-soaked target.

**AIMS:** To identify morphological differences between gunshot wounds of dry and water-soaked tissue.

**MATERIAL AND METHODS:** For the experiment, a target object made of cotton calico was used; a Glock 17 pistol; 9×19 Parabellum cartridges. There were two groups of targets — moistened with running water from a spray gun and dry. After impregnation, the fabric was hung in a vertical position on a thick cardboard substrate, and then a shot was fired. The firearm (Glock 17) was fixed on the frame, the muzzle end was directed towards the target at an angle of 90°. Shots were fired from a distance of 5 cm, 10 cm, 20 cm and further in increments of 10 cm to 100 cm inclusive. At each distance, 10 shots were fired, from which 3 targets were selected that had the most pronounced morphological changes: thermally altered fibers on the front surface of the target, along the edge of the gunshot injury, along the depth of penetration of the wiping belt. After that, the barrel of the firearm was cleaned. The study of the affected targets was carried out using a Leica M125 stereomicroscope. The results obtained during the experiment were entered into the MS Excel table where statistical processing was performed. A conditional probability was calculated for each feature. The diagnostic coefficient (DC) was calculated, and the Kulbak formula was used to assess the informativeness of the selected features.

**RESULTS:** It was revealed that signs of thermal action and the deposition of soot on the front side of the target are found on dry targets. Thermally altered filaments were not detected on wet targets, and the products of the shot penetrate the inter-fiber space. The thermal effect is manifested by the formation of flask-like and hemp-like endings of the fibers of the threads along the edge of the gunshot injury.

**CONCLUSION:** The detection of signs of thermal exposure, as well as the deposition of soot only on the front surface of the target, suggests that the shot was fired into a dry cloth. Penetration of the products forming the metallization belt into the inter-fiber space, as well as the absence of thermally altered threads, is characteristic of gunshot damage to wet targets.

Described changes in the protocol for registration of morphological lesions in the presence of an expert. The results of this study provide a better situational expertise.

**Keywords:** forensic medicine; gunshot injury; Glock 17 gun; wet cloth.

## To cite this article

Stepanov SA, Krupin AV, Globa IV, Maksimov AV, Kislov MA. Determination of the order of damage to a cotton cloth moistened with water when fired from a Glock 17 pistol // *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):5–11. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm667>

Received: 01.11.2021

Accepted: 27.01.2022

Published: 21.02.2022

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование огнестрельных повреждений не теряет своей актуальности, что связано с распространением огнестрельного оружия и связанным с его применением высоким показателем числа преступлений [1–4].

Исследуя место преступления, а также вещественные доказательства, полученные в результате огнестрельной травмы, судебно-медицинский эксперт должен ответить на множество вопросов, которые ставят перед ним следственные органы, и в частности определить очерёдность выстрела. Для этого исследуют основные (отложение копоти) и дополнительные факторы выстрела на поверхности ткани; на костях — морфологию образованных трещин [5, 6].

Ранее были обнаружены и проверены признаки термического воздействия огнестрельного снаряда на сухие объекты, однако до сих пор не описаны результаты дополнительных факторов выстрела, в частности его очерёдность, с использованием мокрой мишени. Визуальное исследование представленных материалов является важным методом определения огнестрельного повреждения.

**Цель исследования** — выявить морфологические отличия огнестрельных повреждений сухой и смоченной водой ткани.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента нами использованы мишень-объект из отбелённой хлопчатобумажной ткани (бязь) полотняного переплетения плотностью 142 г/м<sup>2</sup> размером 30×30 см (далее — ткань); пульверизатор; короткоствольное огнестрельное оружие (пистолет Glock 17) (рис. 1, *a*); патроны калибра 9×19 Parabellum (рис. 1, *b*). В качестве подкладки под мишень использовали плотный

лист картона. Все выстрелы производили в закрытом помещении стрелкового тира для минимизации внешних воздействий.

Для проведения сравнительного эксперимента все мишени разделены на две группы. Первая группа мишеней представлена неизменённой сухой тканью. Во второй группе мишеней ткань, расположенную вертикально, смачивали проточной водой из пульверизатора. Через 10 секунд, необходимых для пропитывания, ткань вывешивали в вертикальное положение на подложку из плотного картона, далее производился выстрел. Огнестрельное оружие (Glock 17) закрепляли на специально оборудованной станине, дульный конец был направлен в сторону мишени под углом 90°. Выстрелы производили с заранее установленного расстояния — 5 см, 10 см, 20 см и далее с шагом 10 см до 100 см включительно. На каждом расстоянии произведено по 10 выстрелов, затем отобрано по 3 мишени с наиболее выраженными морфологическими изменениями: термически изменённые волокна на лицевой поверхности мишени, по краю огнестрельного повреждения, по глубине проникновения пояска обтирания. После этого ствол огнестрельного оружия очищали.

Поражённые мишени снимали со стенда, высушивали в вертикальном положении и исследовали. Для определения глубины проникновения пояска металлизации производили изучение изнаночной и лицевой стороны мишени с расплетением нитей на волокна. Для оценки термического воздействия огнестрельного снаряда на мишень изучали повреждения краевых нитей с целью выявления колбообразных вспучиваний волокон. Исследование поражённых мишеней проводили с помощью стереомикроскопа Leica M125 (Leica Microsystems, Германия), фиксирование полученных результатов осуществляли фотоаппаратом Nikon D90 (Nikon Corporation, Япония).



**Рис. 1.** Короткоствольное огнестрельное оружие и снаряд: *a* — огнестрельное оружие (пистолет Glock 17); *b* — патроны калибра 9×19 Parabellum.

**Fig. 1.** Short-barreled firearms and projectiles: *a* — firearms Glock 17 gun; *b* — 9×19 Parabellum caliber cartridges.



**Рис. 2.** Лицевая поверхность мишени с термически изменёнными нитями (расстояние выстрела 5 см).

**Fig. 2.** The front surface of the target with thermally modified threads (shot distance 5 cm).

Результаты, полученные в ходе эксперимента, заносили в таблицу MS Excel, где производили статистическую обработку. Для каждого признака рассчитывали условную вероятность. Производили расчёт диагностического коэффициента (ДК); для оценки информативности выбранных признаков использовали формулу Кульбака.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На мишенях первой группы с расстояния выстрела от 5 до 40 см включительно на лицевой поверхности объекта выявлялись нити с термически изменёнными волокнами — коричневого цвета и колбообразными утолщениями на концах (рис. 2). ДК=20,04, информативность признака на данном расстоянии — 10,02.

На всех расстояниях выстрела выявлено термическое воздействие в виде колбообразных и пенькообразных окончаний волокон нитей по краю огнестрельного повреждения. Волокна имели колбообразное вспучивание (увеличение объёма) на концах в сравнении с неизменённым объёмом остальной части. Пенькообразные окончания представляли ровно прерванные окончания волокон (рис. 3). ДК=20,04, информативность признака на исследуемых расстояниях — 10,02.

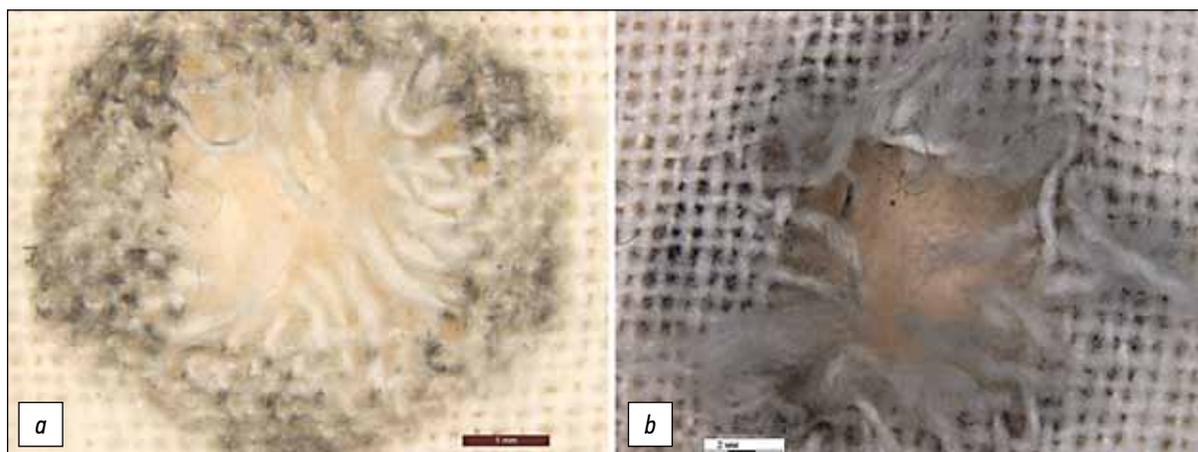
При изучении локализации продуктов выстрела, образующих поясok металлизации, выявлено, что они не проникали в плетение нитей, а загрязняли только лицевую поверхность мишени и не отображались на изнаночной стороне (рис. 4).

При исследовании мишеней второй группы с расстояния выстрела от 5 до 100 см выявлено полное отсутствие термически изменённых волокон как на лицевой поверхности объекта, так и на нитях, формирующих края огнестрельного повреждения. Поясок металлизации регистрировался на всех расстояниях выстрела, локализовался на лицевой поверхности мишени и проникал вглубь плетения нитей (рис. 5). ДК=20,04, информативность признака на всех исследуемых расстояниях выстрела — 10,02.



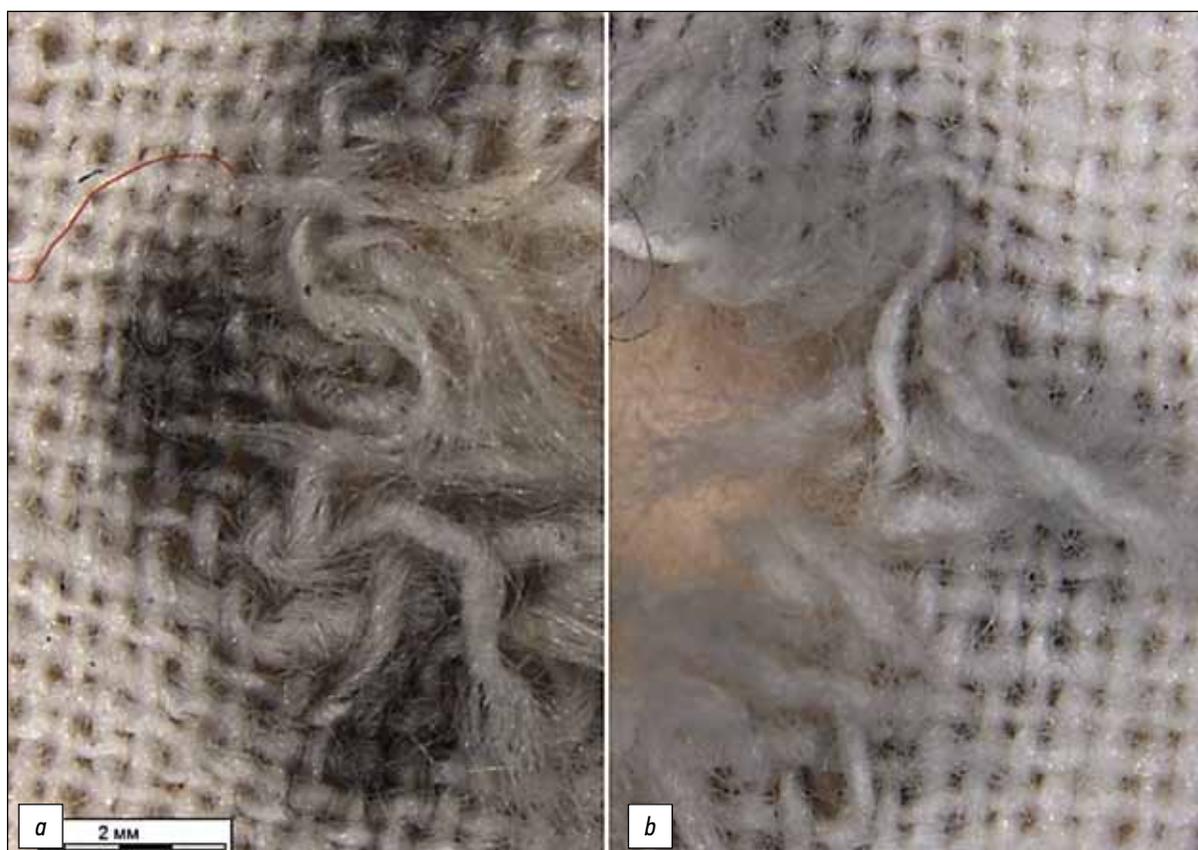
**Рис. 3.** Огнестрельное повреждение сухой мишени с расстояния 10 см: *a* — пенькообразная и колбообразная форма волокон чёрного цвета (выделены красным пунктиром),  $\times 20$ ; *b* — пенькообразная и колбообразная форма волокон чёрного цвета (выделены красным пунктиром),  $\times 100$ .

**Fig. 3.** Fire damage to a dry target from a distance of 10 cm: *a* — hemp-shaped and flask-shaped fibers of black color are (highlighted with a red dotted line),  $\times 20$ ; *b* — hemp-shaped and flask-shaped fibers of black color are (highlighted with a red dotted line),  $\times 100$ .



**Рис. 4.** Повреждение сухой бязевой мишени, причинённое выстрелом из пистолета Glock 17 с расстояния 40 см: *a* — лицевая сторона мишени; *b* — изнаночная сторона мишени.

**Fig. 4.** Damage to a dry calico target caused by a shot from a Glock 17 gun from a distance of 40 cm: *a* — the front side of the target; *b* — the wrong side of the target.



**Рис. 5.** Изнаночная сторона мишени с расстояния выстрела 40 см: *a* — мокрая мишень,  $\times 20$ ; *b* — сухая мишень,  $\times 20$ .

**Fig. 5.** The wrong side of the target from shot distance of 40 cm: *a* — a wet target,  $\times 20$ ; *b* — dry target,  $\times 20$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённое нами исследование показало значительное отличие между визуальным компонентом морфологии огнестрельного повреждения на сухой и мокрой мишени.

Отсутствие на мишенях второй группы термически изменённых волокон объясняется высокой

теплопроводностью воды. Данное свойство воды обеспечивало защиту волокон нитей от термического действия пламени выстрела на расстоянии до 40 см включительно на лицевой поверхности мишени. На расстояниях выстрела свыше 40 см данное свойство жидкости защищало волокна нитей от термического действия огнестрельного снаряда по краям огнестрельного

повреждения, что подтверждается данными статистической обработки (ДК=20,04, информативность признака, рассчитанная по мере Кульбака, — 10,02). В литературе указывается, что при воздействии высокой температуры при огнестрельном повреждении волокна хлопчатобумажной ткани претерпевают изменения, которые характеризуются изменением цвета с коричневого до чёрного. Структурное изменение волокна не описывается [7]. В то же время другими авторами подчёркивается, что отличительной особенностью белого хлопчатобумажного волокна является его вздутие при термическом воздействии [8]. Данная особенность обусловлена строением хлопчатобумажного волокна, которое представляет собой полую трубку, скрученную вокруг своей оси [9, 10]. При термическом воздействии полость внутри волокна расширяется, что и придаёт концам волокон колбообразную, либо пенькообразную форму.

Проникновение жидкости в межволоконное пространство определяется капиллярными свойствами хлопчатобумажной ткани, что в литературе называется фитильным эффектом [11, 12]. Жидкость, проникшая в межволоконное пространство, делает нить более рыхлой, что способствует проникновению продуктов, образующих поясok металлизации, в толщу нити. Таким образом, на мишенях второй группы проникновение пояска обтирания в толщу нити обусловлено фитильным эффектом, а отсутствие данного эффекта приводит к отложению продуктов, образующих поясok металлизации только на лицевой стороне мишени, что также подтверждено результатами статистического анализа (ДК=20,04, информативность признака, рассчитанная по мере Кульбака, — 10,02).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование позволяет выявить отличия огнестрельного повреждения на сухой и мокрой мишенях. Обнаружение колбовидных и пенькообразных изменений волокон при термическом воздействии, а также отложение копоти только на лицевой поверхности мишени позволяет говорить о том, что выстрел был произведён в сухую ткань. Проникновение продуктов, формирующих поясok металлизации, в межволоконное пространство, а также отсутствие термически изменённых нитей

характерно для огнестрельного повреждения мокрых мишеней. Описанные изменения могут быть объективно визуализированы в бинокулярном микроскопе и в дальнейшем использоваться для упрощения восприятия морфологии повреждений в заключениях эксперта.

Таким образом, проведённое исследование выявило дополнительный признак, который позволяет устанавливать очерёдность огнестрельного повреждения в зависимости от состояния мишени в момент повреждения. Результаты данного исследования позволяют проводить более качественную ситуалогическую экспертизу.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** С.А. Степанов — сбор данных; И.В. Глоба — написание черновика рукописи; К.Н. Крупин — научная редакция рукописи; М.А. Кислов, А.В. Максимов — рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** S.A. Stepanov — data collection; I.V. Globa — writing of the manuscript; K.N. Krupin — critical revision of the manuscript for important intellectual content; M.A. Kislov, A.V. Maksimov — review and approve the final manuscript. Authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Global Burden of Disease 2016 Injury Collaborators; Naghavi M., Marczak L.B., Kutz M., et al. Global mortality from firearms, 1990–2016 // *JAMA*. 2018. Vol. 320, N 8. P. 792–814. doi: 10.1001/jama.2018.10060
2. Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь–декабрь 2020 года. Режим доступа: <https://xn--b1aew.xn--p1ai/reports/item/22678184>. Дата обращения: 06.10.2021.
3. Kislov M.A., Chauhan M., Leonov S.V., Pigolkin Yu.I. Forensic medical characteristics of firearm exit wounds in cases with armour protection // *Legal Med*. 2022. Vol. 54. P. 102002. doi: 10.1016/j.legalmed.2021.102002
4. Kislov M., Chauhan M., Zakharov S., et al. Computer assisted three-dimensional reconstruction of scene in firearm homicide // *Med Leg J*. 2021. Vol. 89, N 3. P. 193–198. doi: 10.1177/00258172211018359

5. Yen K., Thali M.J., Kneubuehl B.P., et al. Blood-spatter patterns: hands hold clues for the forensic reconstruction of the sequence of events // *Am J Forensic Med Pathol.* 2003. Vol. 24, N 2. P. 132–140. doi: 10.1097/01.paf.0000065164.92878.2f
6. Viel G., Gehl A., Spermhake J.P. Intersecting fractures of the skull and gunshot wounds. Case report and literature review // *Forensic Sci Med Pathol.* 2009. Vol. 5, N 1. P. 22–27. doi: 10.1007/s12024-008-9062-8
7. Кустанович С.Д. Исследование повреждений одежды в судебно-медицинской практике: методические указания. Москва: Медицина, 1965. 217 с.
8. Коровкин Д.С., Исаков В.Д., Сухарев А.Г. Образцы описаний повреждений на одежде: методическое пособие. Санкт-Петербург, 2011. 250 с.

## REFERENCES

1. The Global Burden of Disease 2016 Injury Collaborators; Naghavi M, Marczak LB, Kutz M, et al. Global mortality from firearms, 1990–2016. *JAMA.* 2018;320(8):792–814. doi: 10.1001/jama.2018.10060
2. Brief description of the state of crime in the Russian Federation for January–December 2020. (In Russ). Available from: <https://xn--b1aew.xn--p1ai/reports/item/22678184>. Accessed: 06.10.2021.
3. Kislov MA, Chauhan M, Leonov SV, Pigolkin YuI. Forensic medical characteristics of firearm exit wounds in cases with armour protection. *Legal Med.* 2022;54:102002. doi: 10.1016/j.legalmed.2021.102002
4. Kislov M, Chauhan M, Zakharov S, et al. Computer assisted three-dimensional reconstruction of scene in firearm homicide. *Med Leg J.* 2021;89(3):193–198. doi: 10.1177/00258172211018359
5. Yen K, Thali MJ, Kneubuehl BP, et al. Blood-spatter patterns: hands hold clues for the forensic reconstruction of the sequence of events. *Am J Forensic Med Pathol.* 2003;24(2):132–140. doi: 10.1097/01.paf.0000065164.92878.2f
6. Viel G, Gehl A, Spermhake JP. Intersecting fractures of the skull and gunshot wounds. Case report and literature review. *Forensic Sci Med Pathol.* 2009;5(1):22–27. doi: 10.1007/s12024-008-9062-8

9. Одинцова О.И., Кротова М.Н., Смирнова С.В. Основы текстильного материаловедения: текст лекций. Иваново, 2009. 64 с.
10. ГОСТ Р 56561–2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Материалы текстильные. Определение состава идентификация волокон. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124125>. Дата обращения: 06.10.2021.
11. Öztürk M.K., Nergis B., Candan C. A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics // *Textile Res J.* 2011. Vol. 81, N 3. P. 324–328. doi: 10.1177/0040517510383611
12. Бонцевич Д.Н. Капиллярность и фитильность модифицированного и традиционного шовного материала // *Проблемы здоровья и экологии.* 2007. № 3. С. 135–140.

7. Kustanovich SD. Investigation of clothing damage in forensic medical practice: a practical guide. Moscow: Meditsina; 1965. 217 p. (In Russ).
8. KoroVkin DS, Isakov VD, Sukharev AG. Samples of damage descriptions on clothing: a methodological guide. Saint Petersburg; 2011. 250 p. (In Russ).
9. Odintsovo OI, Krotova MN, Smirnova SV. Fundamentals of textile materials science: text of lectures. Ivanovo; 2009. 64 p. (In Russ).
10. GOST R 56561–2015. National standard of the Russian Federation. Textiles. Composition testing. Identification of fibres. (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200124125>. Accessed: 06.10.2021.
11. Öztürk MK, Nergis B, Candan C. A study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics. *Textile Res J.* 2011;81(3):324–328. doi: 10.1177/0040517510383611
12. Boncevitch DN. Capillary and wicking of modified and tradition suture material. *Health and Ecology.* 2007;(3):135–140. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

\* **Кислов Максим Александрович**, д.м.н., профессор; адрес: Россия, 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-7640>; eLibrary SPIN: 3620-8930; e-mail: [kislov@1msmu.ru](mailto:kislov@1msmu.ru)

**Степанов Сергей Алексеевич**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7888-3104>; eLibrary SPIN: 9673-3580; e-mail: [stepanov\\_s\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:stepanov_s_a@staff.sechenov.ru)

**Крупин Константин Николаевич**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6999-8524>; eLibrary SPIN: 1761-8559; e-mail: [krupin@1msmu.ru](mailto:krupin@1msmu.ru)

**Глоба Ирина Владимировна**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7185-4324>; eLibrary SPIN: 3976-6782; e-mail: [globa\\_i\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:globa_i_v@staff.sechenov.ru)

**Максимов Александр Викторович**, д.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1936-4448>; eLibrary SPIN: 3134-8457; e-mail: [maksimov@sudmedmo.ru](mailto:maksimov@sudmedmo.ru)

## AUTHORS INFO

\* **Maksim A. Kislov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; address: 61/2 Shepkina street, Moscow, 129110, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9303-7640>; eLibrary SPIN: 3620-8930; e-mail: [kislov@1msmu.ru](mailto:kislov@1msmu.ru)

**Sergey A. Stepanov**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7888-3104>; eLibrary SPIN: 9673-3580; e-mail: [stepanov\\_s\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:stepanov_s_a@staff.sechenov.ru)

**Konstantin N. Krupin**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6999-8524>; eLibrary SPIN: 1761-8559; e-mail: [krupin@1msmu.ru](mailto:krupin@1msmu.ru)

**Irina V. Globa**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7185-4324>; eLibrary SPIN: 3976-6782; e-mail: [globa\\_i\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:globa_i_v@staff.sechenov.ru)

**Aleksandr V. Maksimov**, MD, Dr. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1936-4448>; eLibrary SPIN: 3134-8457; e-mail: [maksimov@sudmedmo.ru](mailto:maksimov@sudmedmo.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm386>

# Особенности выброса и топографии распределения частиц металла разрушенного снаряда после преодоления преграды из триплексного стекла автомобиля

С.В. Леонов<sup>1, 2</sup>, П.В. Пинчук<sup>1, 3</sup>, М.А. Сухарева<sup>2</sup>, Ю.П. Шакирьянова<sup>1, 2</sup>,  
Ю.Ю. Шишкин<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> 111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Бюро судебно-медицинской экспертизы Ивановской области, Иваново, Российская Федерация

<sup>5</sup> Ивановская государственная медицинская академия, Иваново, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В статье изложены результаты экспериментального исследования по изучению особенностей запреградной огнестрельной травмы с применением новейших современных методов судебно-медицинских исследований.

**Цель исследования** — изучение характера распределения частиц металла разрушенного огнестрельного снаряда после прохождения им преграды — триплексного стекла автомобиля.

**Материал и методы.** В качестве преграды использованы автомобильные лобовые триплексные стёкла, расположенные под углом 60° к линии прицеливания. Выстрелы производили из карабина «Сайга-МК» патронами 5,45×39 БПЗ FMJ. При производстве экспериментов выстрелы осуществляли с расстояния 10 м (всего произведено 30 выстрелов). В качестве мишени использована белая хлопчатобумажная ткань (бязь) размером 100×150 см, закреплённая на древесно-стружечном щите. Расстояние между мишенью и преградой — 100 см. Исследование мишеней проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi FlexSem 1000 II и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра Bruker Quantax 80. В процессе эксперимента проводилась скоростная видеосъёмка видеокамерой Sony RX0 с частотой 1000 кадров в секунду.

**Результаты.** Покадровое изучение полученных видеозаписей показало, что отклонение полёта осколков снаряда от первоначальной траектории составляло до 10° в сторону нормали к тыльной поверхности стекла. Осколки снаряда, преодолев преграду, двигались поэтапно, в три фазы: преодоление преграды; выброс осколков в виде конуса; пробитие мишени и ретроградное движение осколков преграды. Проведённые посредством сканирующего электронного микроскопа и энергодисперсионного анализа исследования продемонстрировали соответствие топографии и морфологии распределения металлов на поверхности мишени данным анализа движения частей огнестрельного снаряда при скоростной видеосъёмке. Сплав металлов, обнаруженный на мишени, имел в своём составе свинец (Pb), медь (Cu), сурьму (Sb) и калий (K).

**Заключение.** При проведении экспериментального исследования установлено, что на поверхности мишени регистрируются различные виды частиц разрушившегося при прохождении преграды огнестрельного снаряда. Характер распределения частиц на мишени и их морфология позволят определять запреградное расстояние выстрела.

**Ключевые слова:** триплексное стекло автомобиля; металл выстрела; сканирующий электронный микроскоп; энергодисперсионный анализ.

## Как цитировать

Леонов С.В., Пинчук П.В., Сухарева М.А., Шакирьянова Ю.П., Шишкин Ю.Ю. Особенности выброса и топографии распределения частиц металла разрушенного снаряда после преодоления преграды из триплексного стекла автомобиля // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm386>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm386>

# Features of the ejection and topography of the distribution of metal particles of a destroyed projectile after overcoming an obstacle made of triplex glass of a car

Sergey V. Leonov<sup>1,2</sup>, Pavel V. Pinchuk<sup>1,3</sup>, Marina A. Suhareva<sup>2</sup>,  
Juliya P. Shakiryanova<sup>1,2</sup>, Yuri Yu. Shishkin<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Chief State Center for Forensic Medicine and Forensic Expertise 111, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Ivanovo Regional Bureau of Forensic Medical Expertise, Ivanovo, Russian Federation

<sup>5</sup> Ivanovo State Medical Academy, Ivanovo, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The article describes experimental studies aimed at studying the features of post-retrograde gunshot trauma using the latest modern methods of forensic medical research.

**AIMS:** The aim of the work was to study the nature of the distribution of metal particles of a destroyed firearm projectile after passing through an obstacle — triplex glass.

**MATERIAL AND METHODS:** As a barrier, car windshield triplex windows are used, located at an angle of 60° to the aiming line. The shots were fired from the Saiga-MK carbine with 5.45×39 BPZ FMJ cartridges. During the experiments, shots were fired from a distance of 10 m (a total of 30 shots were fired). White cotton fabric (calico) with dimensions of 100×150 cm, fixed on a chipboard, was used as targets. The distance between the target and the barrier was 100 cm. The targets were studied using a scanning electron microscope Hitachi FlexSem 1000 II and an energy-dispersive X-ray spectrometer Bruker Quantax 80. In the course of the experiment, high-speed video shooting was carried out with a Sony RX0 video camera with a frequency of 1000 fps.

**RESULTS:** A frame-by-frame study of the obtained video recordings showed that the deviation of the flight of the projectile fragments from the original trajectory was up to 10° side of the normal to the back surface of the glass. The fragments of the projectile, having overcome the barrier, moved in stages, in 3 phases: overcoming the barrier, ejecting fragments in the form of a cone, breaking through the target and retrograde movement of the fragments of the barrier. The scanning electron microscope and energy dispersive spectroscopy studies showed that the topography and morphology of the distribution of metals on the target surface correspond to the data of the analysis of the movement of parts of a firearm during high-speed video shooting. The metal alloy found on the target contained the following elements: plumbum (Pb), cuprum (Cu), antimony (Sb), and kalium (K).

**CONCLUSION:** When conducting an experimental study, it was found that various types of particles that were destroyed during the passage of the barrier, a firearm projectile, are registered on the surface of the target. The nature of the particle distribution and their morphology are very specific, and most likely a qualitative assessment of the projectile particles on the target will allow us to determine the distance of the shot beyond the barrier.

**Keywords:** triplex car glass; shot metal; scanning electron microscope; energy dispersion analysis.

## To cite this article

Leonov SV, Pinchuk PV, Suhareva MA, Shakiryanova JP, Shishkin YuYu. Features of the ejection and topography of the distribution of metal particles of a destroyed projectile after overcoming an obstacle made of triplex glass of a car. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):13–18. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm386>

Received: 22.03.2021

Accepted: 27.04.2021

Published: 21.02.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

Оценка поражающих свойств огнестрельных снарядов после преодоления ими различных преград широко представлена в специальной отечественной литературе. Работы известных советских и российских учёных-криминалистов [1–8] посвящены особенностям повреждений тканей человека после преодоления огнестрельными снарядами различных преград: некоторых видов стекла, листового металла, древесины, одежды и т.д. Акцент всех работ приходился на оценку морфологии и топографии входных огнестрельных повреждений кожного покрова и методик установления основных и дополнительных факторов выстрела. Несмотря на существенную давность издания большинства приведённых выше научных работ, в них рассматриваются возможности применения таких высокотехнологичных методов, как спектральные исследования, рентгенофлуоресцентный анализ и т.д. Вместе с тем применение электронной сканирующей микроскопии (scanning electron microscope, SEM) в сочетании с энергодисперсионным анализом (energy dispersive spectroscopy, EDS) позволяет не только исследовать частицы преграды на значительных увеличениях, но и визуально оценивать топографию распределения химических элементов в исследуемых образцах.

**Цель исследования** — изучение характера распределения частиц металла разрушенного огнестрельного снаряда после прохождения им преграды — триплексного стекла автомобиля.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе ФГКУ «111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз» Минобороны России и открытого тира стрелкового комплекса «Бисерово-спортинг» в период с 2019 по 2021 г.

В указанный период первоначально проводились экспериментальные отстрелы различных преград, после этого — исследования мишеней с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi FlexSem 1000 II (Hitachi High-Tech Europe GmbH, Япония) и энергодисперсионного рентгеновского спектрометра Bruker Quantax 80 (Bruker Nano GmbH, Германия). Сканирование производили в режиме низкого вакуума (VP-SEM 30 Pa). Применяли увеличение от 45 до 2500 крат. Ускоряющее напряжение — 15 кВ, величина силы поглощённого тока — 600–800 пА, рабочая дистанция — 8,4–14 мм. Набор спектра осуществляли в автоматическом режиме до получения статистически достоверного результата (1 млн импульсов).

В качестве преграды использованы автомобильные лобовые триплексные стекла (от моделей автомобилей AUDI, BMW и Mercedes-Benz), расположенные под углом 60° к линии прицеливания. Выстрелы производили

из самозарядного карабина «Сайга-МК» (Концерн «Калашников», Россия) под патрон 5,45×39. При экспериментальных выстрелах применяли спортивно-охотничьи патроны 5,45×39 БПЗ FMJ с оболочечной биметаллической пулей (HP) со свинцовым сердечником, пустотой в головной части и срезанной вершинкой; масса пули — 3,85 г, начальная скорость пули — 940 м/с.

При производстве экспериментов выстрелы осуществляли с расстояния 10 м (всего произведено 30 выстрелов). В качестве мишени использована белая хлопчатобумажная ткань (бязь) размером 100×150 см, закреплённая на древесно-стружечном щите. Расстояние между мишенью и преградой — 100 см, что примерно соответствует расстоянию от лобового стекла автомобиля до водителя и пассажира переднего сидения.

Все быстропротекающие процессы взаимодействия огнестрельного снаряда и преграды изучали с помощью скоростной видеосъёмки видеокамерой Sony RX0 с частотой 1000 кадров в секунду, расположенной слева от мишени.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

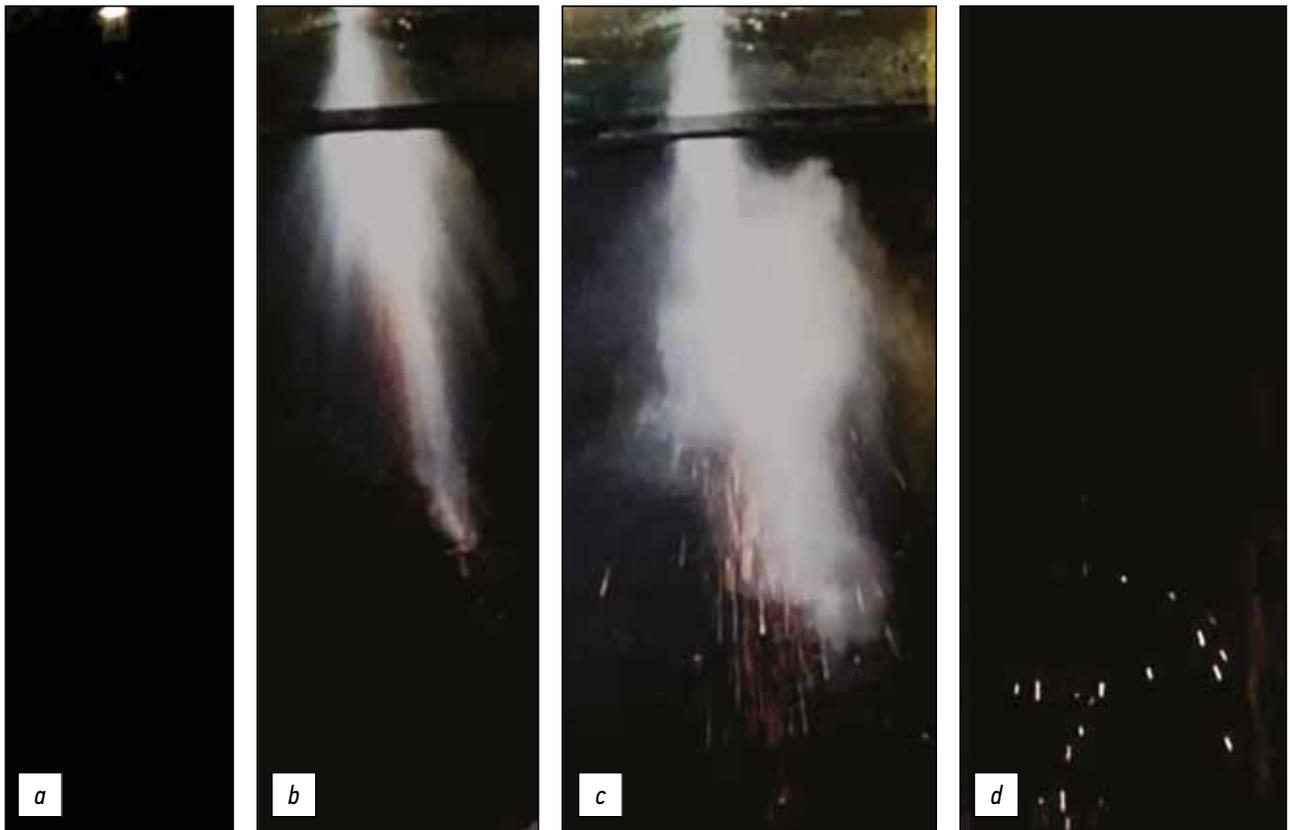
Покадровое изучение полученных видеозаписей показало, что отклонение полёта осколков снаряда от первоначальной траектории составляло до 10° в сторону нормали к тыльной поверхности стекла. Осколки снаряда, преодолев преграду, двигались поэтапно, в три фазы.

**Первая фаза выброса осколков преграды (0,5 мс).** Внедряясь в преграду, снаряд значительно деформировался, и его кинетическая энергия переходила в тепловую [9]. Эту фазу (преодоление преграды) камера запечатлела как светящееся оранжевое пятно (рис. 1, а). После пробития преграды камера регистрировала светящиеся частицы металла. В эту фазу выброс частиц снаряда представлялся в виде цилиндра, тыльное основание которого имело тенденцию к расширению (рис. 1, б).

**Вторая фаза выброса осколков преграды (1 мс).** Тотчас за преградой происходило резкое конусообразное расширение выброса частиц металла. Угол конуса равен 45° (рис. 1, в).

**Третья фаза выброса осколков преграды (7–15 мс).** Достигнув мишени, большая часть фрагментов, осколков и частиц снаряда пробивают материал мишени или фиксируются на её поверхности. Кроме этого, наблюдается отражение частиц металла от поверхности мишени в виде летящих в сторону от мишени в направлении стороны выстрела светящихся частиц (рис. 1, д).

Выполненные с применением электронной сканирующей микроскопии и энергодисперсионного анализа исследования показали соответствие топографии и морфологии распределения металлов на поверхности мишени данным анализа движения фрагментов огнестрельного снаряда при скоростной видеосъёмке. Сплав металлов,



**Рис. 1.** Выброс осколков снаряда: *a* — внедрение пули в преграду; *b* и *c* — вторая фаза выброса частиц снаряда; *d* — разброс отражённых от мишени частиц снаряда.

**Fig. 1.** Ejection of projectile fragments: *a* — the introduction of the bullet into the barrier; *b* and *c* — the second phase of the ejection of projectile particles; *d* — the spread of projectile particles reflected from the target.

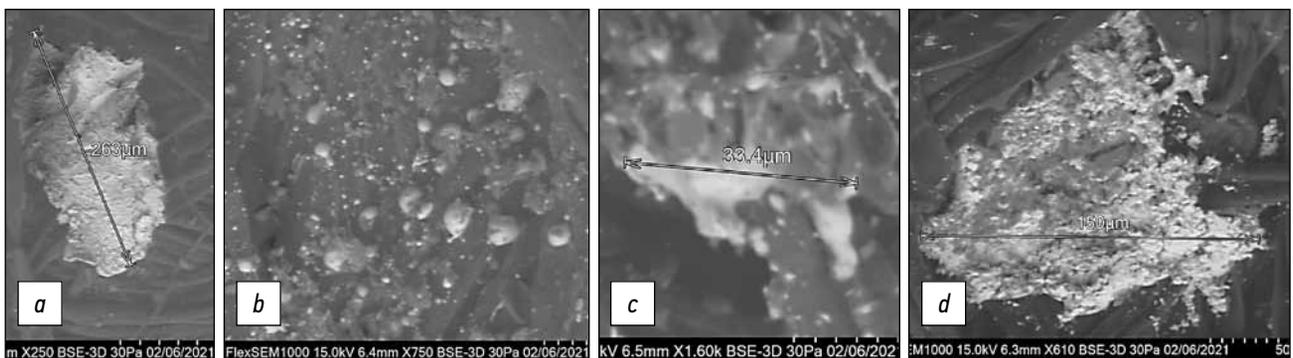
обнаруживаемый на мишени, имел в своём составе следующие элементы: свинец (Pb), медь (Cu), сурьму (Sb) и калий (K).

Повреждения, причинённые крупными фрагментами пули, располагались в окружности диаметром  $12 \pm 4$  мм. Морфология их существенно различалась — от прямоугольных до щелевидных дефектов, и напрямую зависела от формы пулевого осколка, сформировавшего повреждение. Этот вид фрагментов имел поверхности,

характерные для разрушения материала в условиях сложного напряжённо-деформированного состояния с хорошо читаемыми поверхностями излома. Размеры фрагментов сильно варьировали, часто достигая размеров поперечного сечения снаряда (рис. 2, *a*).

Микроскопические частицы свинца на поверхности мишени оставляли три вида следов:

1) осыпь мелких сферических частиц металла, фиксированных к поверхности волокон нитей материала



**Рис. 2.** Виды частиц снаряда: *a* — крупный фрагмент снаряда; *b* — сферические частицы; *c* — застывшие лужи расплавленного металла; *d* — полурасплавленная частица.

**Fig. 2.** Types of projectile particles: *a* — a large fragment of a projectile; *b* — spherical particles; *c* — frozen puddles of molten metal; *d* — a semi-molten particle.

- мишени; частицы имели различные размеры — от 1,2 до 20 мкм (рис. 2, *b*);
- 2) застывшие лужи отложившегося на поверхности мишени расплавленного металла размером до 150 мкм; неровные края этих следов имеют характеристику, свойственную разбрызгиванию в виде вторичных брызг, образовавшихся при соударении больших расплавленных частиц металла с мишенью (рис. 2, *c*);
- 3) частицы, имеющие шероховатую растрескавшуюся поверхность в центре и неровные края, характерные для разбрызгивания с выбросом вторичных элементов при соударении. Очевидно, что с преградой взаимодействовала не полностью расплавленная частица металла (рис. 2, *d*).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого экспериментального исследования установлено, что на поверхности мишени регистрируются различные виды частиц огнестрельного снаряда, разрушившегося при прохождении преграды. Характер распределения частиц и их морфология весьма специфичны. Полагаем, что количественная и качественная оценка частиц снаряда на мишени позволит определять запреградное расстояние выстрела в пределах действия частей огнестрельного снаряда (фрагментов, осколков, мелких частиц расплавленного металла).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйдлин Л.М. Огнестрельные повреждения: врачебное распознавание и криминалистическая оценка. Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1939. 223 с.
2. Эйдлин Л.М. Огнестрельные повреждения. 2-е изд., доп. и перераб. Ташкент: Медгиз, 1963. 331 с.
3. Бедрин Л.М. Об особенностях повреждений при обычных и некоторых своеобразных поражениях пульей винтовки: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.24. Воронеж, 1951. 21 с.
4. Огарков И.Ф. Влияние некоторых видов одежды и обуви на картину входных и выходных отверстий при выстрелах из винтовки с близких расстояний // Вопросы судебно-медицинской экспертизы / под ред. М. И. Авдеева. Москва, 1954. С. 40–45.

## REFERENCES

1. Eidlin LM. Gunshot injuries: medical recognition and forensic assessment. Voronezh: Voronezh Regional Publishing House; 1939. 223 p. (In Russ).
2. Eidlin LM. Gunshot injuries. 2nd ed., revised and updated. Tashkent: Medgiz; 1963. 331 p. (In Russ).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** С.В. Леонов, М.А. Сухарева, Ю.П. Шакирьянова — сбор данных; М.А. Сухарева, Ю.П. Шакирьянова — написание черновика рукописи; П.В. Пинчук — научная редакция рукописи; С.В. Леонов, П.В. Пинчук, М.А. Сухарева, Ю.П. Шакирьянова, Ю.Ю. Шишкин — рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** S.V. Leonov, M.A. Suhareva, J.P. Shakiryanova — data collection; M.A. Suhareva, J.P. Shakiryanova — drafting of the manuscript; P.V. Pinchuk — critical revision of the manuscript for important intellectual content; S.V. Leonov, P.V. Pinchuk, M.A. Suhareva, J.P. Shakiryanova, Yu.Yu. Shishkin — review and approve the final manuscript. Authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

5. Калмыков К.Н. Судебно-медицинская характеристика поражения обыкновенными и специальными пулями образца 1943 г., предварительно преодолевшими преграду: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.24. Ленинград, 1961. 23 с.
6. Молчанов В.И. Некоторые вопросы судебно-медицинской экспертизы огнестрельных повреждений: Дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.24. Ленинград, 1964. 683 с.
7. Кустанович С.Д. Исследование повреждений одежды в судебно-медицинской практике. Москва: Медицина, 1965. 220 с.
8. Попов В.Л., Шигеев В.Б., Кузнецов Л.Е. Судебно-медицинская баллистика. Санкт-Петербург: Гиппократ, 2002. 431 с.
9. Зукас Дж.А., Николас Т., Свифт Х.Ф., и др. Динамика удара. Москва: Мир, 1985. 296 с.

3. Bedrin LM. On the features of damage in ordinary and some peculiar rifle bullet injuries: 14.00.24 [dissertation abstract]. Voronezh; 1951. 21 p. (In Russ).
4. Ogarkov IF. Influence of some types of clothing and shoes on the picture of the entrance and exit holes when firing a rifle from

close distances. In: Questions of forensic medical examination. Ed. by M.I. Avdeev. Moscow; 1954. P. 40–45. (In Russ).

5. Kalmykov KN. Forensic medical characteristics of the defeat by ordinary and special bullets of the 1943 sample, which previously overcame the obstacle: 14.00.24 [dissertation abstract]. Leningrad; 1961. 23 p. (In Russ).

6. Molchanov VI. Some questions of forensic medical examination of

gunshot injuries: 14.00.24 [dissertation]. Leningrad; 1964. 683 p. (In Russ).

7. Kustanovich SD. Investigation of clothing damage in forensic medical practice. Moscow: Meditsina; 1965. 220 p. (In Russ).

8. Popov VL, Shigeev VB, Kuznetsov LE. Forensic ballistics. Saint-Petersburg: Gippokrat; 2002. 431 p. (In Russ).

9. Zukas JA, Nicholas T, Swift HF, et al. Impact dynamics. Moscow: Mir; 1985. 296 p. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**\*Леонов Сергей Валерьевич**, д.м.н., профессор;  
адрес: Россия, 105094, Москва, пл. Госпитальная, д. 3;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-8973>;  
eLibrary SPIN: 2326-2920; e-mail: sleonoff@inbox.ru

**Пинчук Павел Васильевич**, д.м.н., доцент;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>;  
eLibrary SPIN: 7357-3038; e-mail: pinchuk1967@mail.ru

**Сухарева Марина Анатольевна**, к.м.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>;  
eLibrary SPIN: 4692-0197; e-mail: suha@yandex.ru

**Шакирьянова Юлия Павловна**, к.м.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-5561>;  
eLibrary SPIN: 1429-6230; e-mail: tristeza\_ul@mail.ru

**Шिशкин Юрий Юрьевич**, д.м.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1029-9056>;  
eLibrary SPIN: 6170-1340; e-mail: shishkinuu@rambler.ru

## AUTHORS INFO

**\*Sergey V. Leonov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
address: 3, Hospital square, Moscow, 105094, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4228-8973>;  
eLibrary SPIN: 2326-2920; e-mail: sleonoff@inbox.ru

**Pavel V. Pinchuk**, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>;  
eLibrary SPIN: 7357-3038; e-mail: pinchuk1967@mail.ru

**Marina A. Suhareva**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-6043>;  
eLibrary SPIN: 4692-0197; e-mail: suha@yandex.ru

**Juliya P. Shakiryanova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-5561>;  
eLibrary SPIN: 1429-6230; e-mail: tristeza\_ul@mail.ru

**Yuri Yu. Shishkin**, MD, Dr. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1029-9056>;  
eLibrary SPIN: 6170-1340; e-mail: shishkinuu@rambler.ru

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm429>

# Двойная экспоненциальная модель охлаждения трупа в условиях линейно изменяющейся внешней температуры

Г.В. Недугов

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Основным условием корректного определения давности наступления смерти, одновременно ограничивающим область применения метода термометрии глубоких тканей трупа, является постоянство температуры внешней среды. Приоритет термометрии ядра тела в диагностике давности наступления смерти объясняется более медленным остыванием глубоких тканей, позволяющим увеличить продолжительность посмертного интервала, доступного диагностике, и меньшей подверженностью влиянию различных случайных факторов на процесс охлаждения. Предложенные в последнее время конечно-элементные модели могут учитывать практически все существенные условия охлаждения, в том числе и изменения внешней температуры, однако из-за своей высокой сложности требуют наличия серьёзной физико-математической подготовки и технических навыков, дорогостоящего программного обеспечения и посмертной компьютерной томографии. По этим причинам они не нашли пока широкого применения в экспертной практике.

В настоящей статье предложена математическая модель охлаждения ядра трупа при линейно изменяющейся внешней температуре.

**Цель исследования** — построить математическую модель охлаждения ядра трупа на основе феноменологического закона Marshall-Hoare в условиях линейно изменяющейся внешней температуры; найти численный алгоритм решения построенной модели и разработать реализующую его компьютерную программу.

**Материал и методы.** На базе феноменологического закона охлаждения Marshall-Hoare выполнено прямое аналитическое моделирование охлаждения трупа в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды.

**Результаты.** Разработана математическая модель охлаждения ядра трупа в условиях линейно изменяющейся внешней температуры. В качестве численного алгоритма решения этой модели предложен метод хорд. Разработанная математическая модель и итерационный алгоритм её решения, а также вычисления интервальных оценок посмертного интервала реализованы на языке C# в формате компьютерной программы Warm Bodies MNH.

**Заключение.** Предложенную модель и реализующую её программу целесообразно использовать в судебно-медицинской экспертной практике при определении давности наступления смерти по ректальной или краниоэнцефальной температуре трупа в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды.

**Ключевые слова:** охлаждение трупа; двойная экспоненциальная модель; давность наступления смерти; изменяющаяся внешняя температура; метод хорд.

## Как цитировать

Недугов Г.В. Двойная экспоненциальная модель охлаждения трупа в условиях линейно изменяющейся внешней температуры // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm429>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm429>

# Double exponential model of corpse cooling under conditions of linearly varying ambient temperature

German V. Nedugov

Samara State Medical University, Samara, Russia Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The main condition for the correctness of determining the postmortem interval by the method of thermometry of the deep tissues of the corpse is the constancy of the ambient temperature. This condition significantly limits the range of application of the method. The priority of thermometry of the core of the body in the diagnosis of prescription of death is explained by the slower cooling of deep tissues, which allows to increase the duration of the postmortem interval available for diagnosis, and less exposure to the influence of various random factors on the cooling process. The finite element models proposed recently can take into account almost all essential cooling conditions, including changes in ambient temperature, however, due to their high complexity, they require serious physical and mathematical training and technical skills, expensive software and postmortem computed tomography. For these reasons, they have not yet found wide application in expert practice.

In this article, a mathematical model of cooling the core of a corpse at a linearly varying ambient temperature is proposed.

**AIMS:** Construction a mathematical model of cooling the core of a corpse based on the Marshall-Hoare phenomenological law under conditions of linearly varying external temperature, to find a numerical algorithm for solving the model and to develop a computer program that implements it.

**MATERIAL AND METHODS:** A direct analytical modeling of the corpse cooling under conditions of linearly varying ambient temperature was carried out, performed on the basis of the Marshall-Hoare phenomenological cooling law and focused on solving the problem of determination of the postmortem interval by rectal or cranioencephalic temperature.

**RESULTS:** A mathematical model of cooling the core of a corpse under conditions of linearly varying ambient temperature has been developed. The chord method is proposed as a numerical algorithm for solving this model. The developed mathematical model and an iterative algorithm for its solution, as well as procedures for calculating interval estimates of the postmortem interval, are implemented in the C# language in the format of the Warm Bodies MHNH computer program.

**CONCLUSIONS:** It is advisable to use the proposed model and the program implementing it in forensic medical expert practice when determining the postmortem interval by the rectal or cranioencephalic temperature of a corpse in conditions of linearly varying ambient temperature.

**Keywords:** corpse cooling; double exponential model; postmortem interval; changing ambient temperature; chord method.

## To cite this article

Nedugov GV. Double exponential model of corpse cooling under conditions of linearly varying ambient temperature. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):19–28. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm429>

## ОБОСНОВАНИЕ

Термометрическое определение давности наступления смерти (ДНС) по-прежнему строится с учётом степени охлаждения практически одних лишь только глубоких тканей трупа. Приоритет термометрии ядра тела в диагностике ДНС объясняется более медленным остыванием глубоких тканей, позволяющим увеличить продолжительность посмертного интервала, доступного диагностике, и меньшей подверженностью влиянию различных случайных факторов на процесс охлаждения. Наиболее востребованными диагностическими показателями при этом остаются ректальная и краниоэнцефальная температура, а основой определения ДНС является предложенная в 1962 г. Т.К. Marshall и F.E. Hoare феноменологическая модель вида

$$\frac{T - T_a}{T_0 - T_a} = \frac{p}{p - k} e^{-kt} - \frac{k}{p - k} e^{-pt}, \quad (1)$$

где  $T$  — текущая температура ядра тела, °С;  $T_a$  — температура внешней среды, °С;  $T_0$  — начальная температура в момент наступления смерти человека, °С;  $k$  — постоянная охлаждения;  $p$  — постоянная температурного плато;  $t$  — ДНС, ч [1].

Модель (1) охлаждения ядра трупа была построена Т.К. Marshall и F.E. Hoare путём введения в закон охлаждения Ньютона-Рихмана  $[\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a)]$ , предназначенный для описания остывания поверхностей физических тел, дополнительной экспоненциальной функции, аппроксимировавшей феномен температурного плато. С учётом этого закон охлаждения ядра трупа при постоянной температуре внешней среды приобрёл вид дифференциального уравнения

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a) + Ce^{-pt}, \quad (2)$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности дополнительной экспоненциальной функции, определяемый как

$$C = k(T_0 - T_a). \quad (3)$$

Решением дифференциального уравнения (2) и явилась феноменологическая модель (1), получившая из-за наличия в своей структуре второй экспоненциальной функции наименование двойной экспоненциальной. Следует отметить, что в строгом смысле двойной экспоненциальной называется функция с наличием второй экспоненты в показателе степени:

$$f(x) = e^{(e^x)}.$$

В этой связи модель охлаждения (1) Marshall-Hoare представляет собой не двойную экспоненциальную, а сумму двух отдельных экспоненциальных функций. Однако термин «двойная экспоненциальная модель» прочно укоренился в судебно-медицинской научной литературе,

поэтому при дальнейшем изложении, согласно сложившейся традиции, данным термином будет именоваться сумма двух «простых» экспоненциальных функций.

В 1988 г. немецкий судебный медик С. Henssge предложил собственные методы генерации значений постоянного охлаждения и температурного плато в модели (1) и осуществил масштабную проверку её точности на экспериментальном материале и практических наблюдениях. В результате, модификации С. Henssge позволили определять не только точечные, но и интервальные оценки ДНС с учётом характера одежды на трупе, особенностей его ложа и внешней среды [2, 3].

Наиболее существенный и вследствие этого сильно ограничивающий область применения недостаток двойной экспоненциальной модели (1) характеризуется её корректностью только при постоянной температуре внешней среды. По этой причине закономерными явились многочисленные попытки адаптации модели (1) к условиям изменяющейся внешней температуры. В результате удалось разработать эмпирические модификации двойной экспоненциальной модели, позволившие определять ДНС при однократном дискретном снижении или повышении внешней температуры с последующим сохранением её постоянства [4, 5]. Однако построить феноменологическую модель охлаждения ядра тела для остальных типов возможных изменений внешней температуры, имеющих более актуальное значение, до сих пор так и не удалось.

Вместе с тем основной недостаток двойной экспоненциальной модели (1), связанный с её непригодностью при изменяющейся внешней температуре, может быть преодолен путём обобщения закона (2) на указанные условия охлаждения тела. В целом решать подобные задачи возможно методами прямого или обратного моделирования охлаждения трупа [6]. Однако к уравнению (2) Marshall-Hoare из-за наличия в его структуре дополнительной экспоненциальной функции температурного плато, содержащей в качестве одной из переменных показатель ДНС, применим только метод прямого моделирования. Последний, в свою очередь, также может быть успешно использован только при условии постоянства скорости изменений внешней температуры, т.е. при соответствии изменений температуры внешней среды линейному закону [6]. В связи с тем, что двойная экспоненциальная модель, как и любая её модификация, представляет собой неявно заданную функцию, которую невозможно преобразовать с выведением показателя ДНС в явном виде, актуальным при построении модификаций уравнения (1) является также поиск численного алгоритма их решения с последующей его реализацией в формате компьютерной программы [7].

**Цель исследования** — построение математической модели охлаждения ядра трупа на основе феноменологического закона Marshall-Hoare в условиях линейно изменяющейся внешней температуры; поиск численного

алгоритма решения построенной модели и последующая его реализация в формате компьютерной программы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методологический дизайн исследования представляет собой математическое моделирование охлаждения ядра трупа в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды, выполненное на базе феноменологического закона охлаждения Marshall-Hoare и ориентированное на решение задачи определения ДНС по ректальной или краниоэнцефальной температуре.

Математическое моделирование осуществляли прямым аналитическим методом с использованием приложения Wolfram|Alpha. Частные решения построенной математической модели охлаждения ядра трупа получали методом хорд. Вычислительные процедуры, связанные с реализацией итерационного алгоритма метода хорд, производили с использованием приложений Microsoft Excel пакета Office 2016. Визуализацию кривых охлаждения выполняли с помощью приложения Statistica (StatSoft) версии 7.0. Код программы для ЭВМ, реализующей построенную математическую модель охлаждения ядра трупа, а также итерационный алгоритм её решения, составляли на языке программирования C# с использованием приложения Microsoft Visual Studio 2019.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Метод построения основанной на законе Marshall-Hoare модели охлаждения ядра тела в условиях линейно изменяющейся внешней температуры связан с заменой в дифференциальном уравнении (2) константы температуры внешней среды на соответствующую линейную функцию и последующим решением полученного дифференциального уравнения.

Пусть труп с начальной температурой в диагностической зоне  $T_0$  находится в среде с начальной температурой  $T_{a0}$ , и охлаждение ядра тела протекает согласно уравнению (2) Marshall-Hoare с постоянными коэффициентами  $k$  и  $p$ . В процессе охлаждения температура внешней среды изменяется линейно по закону

$$T_a = T_{a0} + \beta t, \quad (4)$$

где  $\beta$  — скорость изменения внешней температуры, °C/ч.

Необходимо описать динамику температуры ядра тела в указанных условиях.

Для линейно изменяющейся внешней температуры в дифференциальном уравнении (2) следует заменить показатель  $T_a$ , в том числе и в составе константы дополнительной экспоненциальной функции (3), линейным уравнением (4):

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{a0} - \beta t) + k(T_0 - T_{a0} - \beta t)e^{-pt}. \quad (5)$$

Решением полученного дифференциального уравнения (5) является функция

$$T = T_{a0} + \beta \left( t - \frac{1}{k} \right) + \left( T_0 - T_{a0} + \frac{\beta}{k} \right) e^{-kt} + \frac{k}{k-p} \times \left( \left( T_0 - T_{a0} - \frac{\beta(kt - pt - 1)}{k-p} \right) e^{-pt} - \left( T_0 - T_{a0} + \frac{\beta}{k-p} \right) e^{-kt} \right). \quad (6)$$

Из условия (4) следует, что

$$T_{a0} = T_a - \beta t. \quad (7)$$

Подставляя правую часть (7) вместо  $T_{a0}$  в формулу (6), окончательно находим феноменологический закон охлаждения ядра тела в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды:

$$T(t) = T_a - \frac{\beta}{k} + \left( T_0 - T_a + \beta t + \frac{\beta}{k} \right) e^{-kt} + \frac{k}{k-p} \times \left( \left( T_0 - T_a + \beta t - \frac{\beta(kt - pt - 1)}{k-p} \right) e^{-pt} - \left( T_0 - T_a + \beta t + \frac{\beta}{k-p} \right) e^{-kt} \right). \quad (8)$$

Классическая модель (1) Marshall-Hoare, найденная при равной нулю скорости изменения внешней температуры, т.е. при её постоянстве, является частным случаем общего уравнения (8). Аналогично закон охлаждения (2) является частным случаем уравнения (5).

Как и в классической модели (1) Marshall-Hoare, неизвестные коэффициенты  $k$  и  $p$  в уравнении (8) не могут быть однозначно определены путём динамической термометрии трупа. Именно поэтому постоянные охлаждения и температурного плато по-прежнему целесообразно определять в соответствии с рекомендациями С. Henssge [2, 3, 8, 9].

### Пример 1

Труп массой 100,0 кг обнаружен в безветренную погоду лежащим на сухой земле в затенённом месте. На трупе два слоя тонкой одежды. Ректальная температура трупа 34,10°C, краниоэнцефальная — 26,16°C. Температура воздуха на уровне тела на момент его осмотра составила 22,0°C, при этом в предшествующие осмотру 10 ч температура воздуха возрастала по линейному закону со скоростью 0,5°C/ч. Необходимо определить ДНС.

Согласно С. Henssge, корректирующий фактор для трупа массой 70 кг в тонкой двухслойной одежде равен 1,1 [3, 8, 9]. Адаптация корректирующего фактора для ложа трупа не проводится. Адаптацию корректирующего фактора по массе тела находим по формуле

$$f = \frac{\left[ \frac{-1,2815}{-3,24596e^{-0,89959 \cdot 1,1} \cdot (100^{-0,625} - 0,028) - 0,0354} \right]^{1,6}}{100} = 1,06043.$$

Тогда

$$k = 0,0284 - 1,2815(1,06043 \cdot 100)^{-0,625} = -0,04107.$$

Поскольку модель (8) является обобщением уравнения (1) Marshall-Noare, то она предполагает положительное значение постоянной охлаждения, поэтому для дальнейших расчетов возьмём последнюю с противоположным знаком.

Так как температура окружающей среды на момент осмотра трупа и в предшествующий ему период была меньше 23,2°C, то константа температурного плато в данном случае равна  $p = 5k = 5 \cdot 0,04107 = 0,205346$ .

Тогда

$$0 = \left( 37,2 - 22 + 0,5t + \frac{0,5}{0,041107} \right) e^{-0,041107t} + 22 - \frac{0,5}{0,041107} + \frac{0,041107}{0,041107 - 0,205346} \times$$

$$\times \left( \left( 37,2 - 22 + 0,5t - \frac{0,5(0,041107t - 0,205346t - 1)}{0,041107 - 0,205346} \right) e^{-0,205346t} - \right. \quad (9)$$

$$\left. - \left( 37,2 - 22 + 0,5t + \frac{0,041107}{0,041107 - 0,205346} \right) e^{-0,041107t} \right) - 34,1.$$

Решением неявного уравнения (9) является  $t=9,30$  ч. Без учёта изменений внешней температуры оценка ДНС равнялась бы 10,03 ч, а относительная ошибка её определения составила 7,8%.

## Пример 2

Найдем ДНС по краниоэнцефальной температуре для данных примера 1. Согласно С. Henssge, константы двойной экспоненциальной модели принимают следующие значения [9]:  $k = 0,127$  и  $p = 1,07$ .

Тогда

$$0 = 22 + \left( 37,2 - 22 + 0,5t + \frac{0,5}{0,127} \right) e^{-0,127t} + \frac{0,127}{0,127 - 1,07} \times$$

$$\times \left( \left( 37,2 - 22 + 0,5t - \frac{0,5(0,127t - 1,07t - 1)}{0,127 - 1,07} \right) e^{-1,07t} - \right. \quad (10)$$

$$\left. - \left( 37,2 - 22 + 0,5t + \frac{0,127}{0,127 - 1,07} \right) e^{-0,127t} \right) - \frac{0,5}{0,127} - 26,16.$$

Итерационным методом находим, что  $t=9,30$  ч. Без учёта изменений внешней температуры оценка ДНС равнялась бы 11,18 ч, а относительная ошибка её определения составила уже 20,2%.

Геометрическая интерпретация результатов изложенных примеров приведена на рис. 1, на котором температурный тренд внешней среды условно продолжен до 26 ч посмертного периода. Это позволило визуализировать факт соответствия температуры обеих диагностических точек температуре внешней среды после их выравнивания.

Уравнение (8) также представляет собой неявную заданную функцию, на основе которой невозможно

аналитическое определение ДНС. Однако значение (8) может быть найдено с помощью численных методов. Для этого необходимо преобразовать уравнение (8) путём переноса переменной  $T$  в его правую часть и найти численным методом значение ДНС, обращающее полученную функцию вида  $f(t) = 0$  в нуль. Так, подобным образом частные случаи модели (8) в примерах 1 и 2 преобразованы в уравнения (9) и (10).

В качестве численного метода решения двойных экспоненциальных моделей охлаждения трупа был предложен метод касательных Ньютона [7]. Однако при попытках

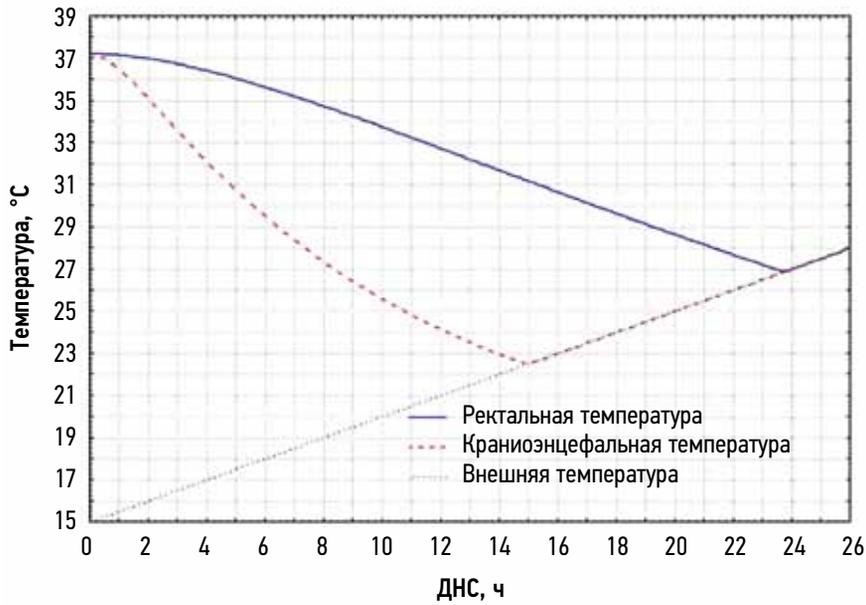


Рис. 1. Температурные кривые из примеров 1 и 2.  
Примечание. ДНС — давность наступления смерти.

Fig. 1. Temperature curves from examples 1 and 2.  
Note. ДНС — the postmortem interval, hours.

решения методом Ньютона выяснилось, что полученная от (8) неявная функция имеет два корня, один из которых является искомым решением, а второй — отрицательным числом (рис. 2). При этом метод Ньютона практически при любых начальных значениях  $t_0$  сходится к отрицательному корню уравнения. По этой причине положительный корень уравнений (9), (10) и остальных частных случаев модели (8) было решено находить с помощью иного численного алгоритма — метода хорд, в рамках

которого сущность итерационного процесса определяется формулой

$$t_{n+1} = t_n - \frac{f(t_n)}{f(t_n) - f(t_0)}(t_n - t_0), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

где  $t_0$  и  $t_n$  — начальные значения концов отрезка со значениями ДНС, первый из которых с абсциссой  $t_0$  является неподвижным, а второй сходится к положительному корню.

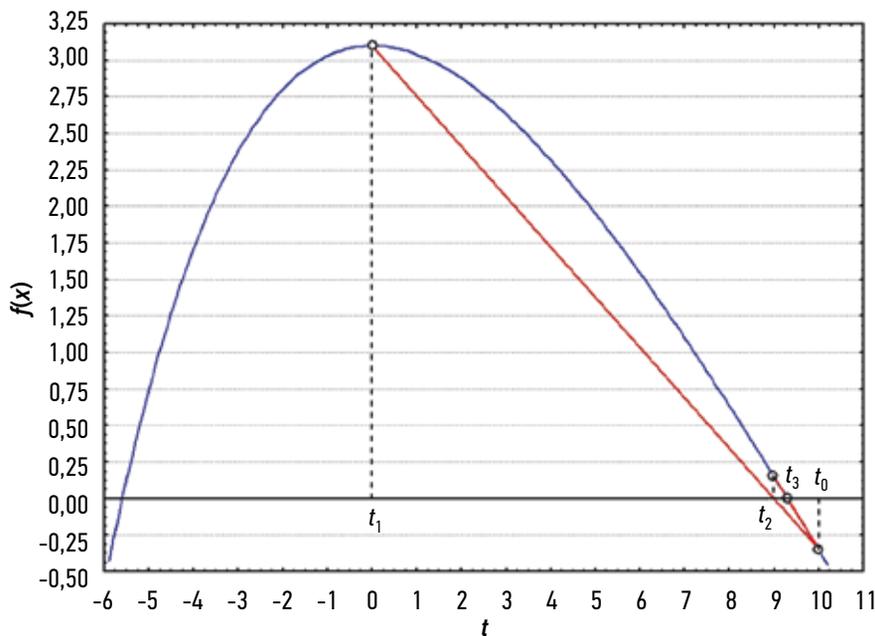
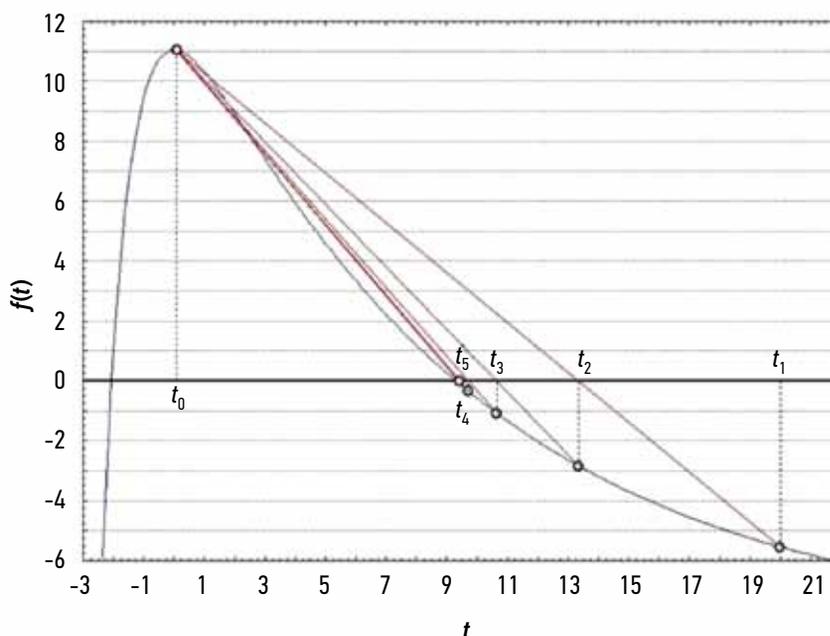


Рис. 2. Геометрия решения уравнения (9) методом хорд для данных примера 1. Показаны первые 3 итерации при  $t_0=10$  и  $t_1=0,1$  ч.  
Fig. 2. The geometry of the solution of equation (9) by the chord method for the data of Example 1. The first 3 iterations are shown at  $t_0=10$  and  $t_1=0,1$  h.



**Рис. 3.** Геометрия решения уравнения (10) методом хорд для данных примера 2. Показаны первые 5 итераций при  $t_0=0,1$  и  $t_1=20$  ч.  
**Fig. 3.** The geometry of the solution of equation (10) by the chord method for the data of Example 2. The first 5 iterations are shown at  $t_0=0,1$  and  $t_1=20$  h.

Выбор неподвижного конца хорды определяется формой неявной функции в области положительных значений переменной  $t$ . В случаях, когда данная функция на указанном промежутке является выпуклой кверху, в качестве неподвижного следует выбирать правый конец хорды (см. рис. 2). Подобная форма неявных функций имеет место при определении ДНС по ректальной температуре с оценкой констант охлаждения и температурного плато методом Henssge. Если же функция на указанном промежутке является выпуклой книзу, что наблюдается при определении ДНС по краниоэнцефальной температуре, то неподвижным нужно принять левый её конец (рис. 3).

Учитывая, что асимптотическая скорость сходимости метода хорд меньше, чем метода Ньютона, для нахождения корня (9) с точностью до 2 знаков в дробной части результата требуется всего 3, а с точностью до 9 знаков — 8 итераций.

Метод хорд может быть легко реализован с помощью наиболее распространённого табличного процессора Microsoft Excel. Структура рабочей области в Excel, предназначенной для решения уравнения (8), зависит от метода вычисления констант охлаждения и температурного плато. Общей чертой любой такой рабочей области является наличие в её составе разделов для введения исходных физических величин, вычисления значений констант охлаждения и температурного плато и собственно реализации метода хорд (рис. 4).

Интервальные оценки ДНС в условиях линейно изменяющейся внешней температуры могут быть определены по тем же принципам, что и аналогичные оценки по методу С. Henssge [2, 8, 9]. Применение этого метода

оправдано, поскольку все модели С. Henssge являются частными случаями уравнения (8).

Для удобства математическая модель (8) и итерационный алгоритм её решения, а также вычисления интервальных оценок ДНС были реализованы на языке C# в формате программы Warm Bodies MHHH (свидетельство о государственной регистрации № 2021664764).

Значения постоянных охлаждения и температурного плато приложение определяет в соответствии с рекомендациями С. Henssge [8, 9]. Кроме точечных возможно также определение одно- и двусторонних интервальных оценок ДНС при любом уровне доверительной вероятности. Интервальные оценки ДНС приложение определяет путём вычисления остаточного стандартного отклонения на основе регрессионных аппроксимаций [10].

При определении ДНС по ректальной температуре из-за различий значений константы температурного плато и, следовательно, структуры модели (8) в зависимости от внешней температуры в случаях, когда внешняя температура в посмертном периоде сначала была меньше, а затем больше  $23,2$  °С, или наоборот, приложение Warm Bodies MHHH вычисляет константу температурного плато по формуле  $p = 7,5k$ .

Для работы с программой пользователю необходимо выбрать требуемую диагностическую зону трупа, указать её начальную температуру, результаты измерения температуры тела и внешней среды на момент осмотра трупа, величину статистической ошибки и почасовую скорость изменения температуры внешней среды. При выборе ректальной температуры в качестве измеряемого показателя дополнительно требуется указать вес трупа и значение корректирующего фактора для условий охлаждения

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	$T_0$	$T_a$	$T$	$W$	$f_{70}$	$f$	$k$	$p$	$\beta$	$t_0$	$t_n$	$f_0$	$f_n$	$t_{n+1}$
2	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	0,10	-5,4502	3,099364	7,314094214
3	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	7,314094214	-5,4502	0,956169	9,207502511
4	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,207502511	-5,4502	0,046708	9,299208285
5	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,299208285	-5,4502	0,001235	9,301632893
6	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301632893	-5,4502	3,15E-05	9,301694758
7	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301694758	-5,4502	8,03E-07	9,301696335
8	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301696335	-5,4502	2,05E-08	9,301696375
9	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301696375	-5,4502	5,22E-10	9,301696376
10	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301696376	-5,4502	1,33E-11	9,301696376
11	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301696376	-5,4502	3,41E-13	9,301696376
12	37,2	22	34,1	100	1,1	1,06	0,041069	0,205346	0,5	20	9,301696376	-5,4502	0	9,301696376

Рис. 4. Рабочая область Excel с данными примера 1 для решения функции (9) применительно к ректальной температуре методом хорд. Цветом выделены ячейки, предназначенные для ввода исходных физических величин. Остальные числовые данные генерируются автоматически.

Fig. 4. The Excel workspace with the data of Example 1 for solving the function (9) in relation to rectal temperature by the chord method. The cells intended for the introduction of initial physical quantities are highlighted in color. The remaining numeric data is generated automatically.

и ложа трупа массой 70 кг. Адаптация корректирующего фактора по массе трупа осуществляется приложением. При нулевой скорости изменения внешней температуры ( $\beta=0$ ) результат работы программы эквивалентен таковому стандартного метода Henssge.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Основной недостаток феноменологической модели охлаждения Marshall-Hoare связан с её применимостью только в условиях постоянной внешней температуры. Многочисленные исследования, направленные на адаптацию модели (1) к условиям меняющейся температуры окружающей среды, привели лишь к разработке эмпирических модификаций данной модели, предназначенных для определения ДНС при однократном дискретном снижении или повышении внешней температуры с последующим сохранением её постоянства [4, 5]. Подобные изменения условий охлаждения наблюдаются, например, при однократных перемещениях трупа в среду с иной постоянной температурой. Однако каких-либо математических моделей, основанных на феноменологическом законе охлаждения Marshall-Hoare или на предназначенных для глубокой термометрии аппроксимациях закона охлаждения Ньютона-Рихмана и пригодных для использования при монотонных изменениях внешней температуры, предложено не было. Именно поэтому основные усилия исследователей в последние десятилетия сконцентрировались на построении сложных конечно-элементных моделей

посмертного теплообмена [11–13]. Предложенные конечно-элементные модели могут учитывать практически все существенные условия охлаждения, в том числе и изменения внешней температуры, однако из-за своей высокой сложности требуют наличия серьёзной физико-математической подготовки и технических навыков, дорогостоящего программного обеспечения и посмертной компьютерной томографии. По этим причинам они не нашли пока широкого применения в экспертной практике.

В рамках настоящего исследования феноменологический закон охлаждения Marshall-Hoare распространён на случай линейных изменений внешней температуры. На основе указанного обобщения построена феноменологическая модель (8) охлаждения ядра трупа в условиях линейно изменяющейся температуры окружающей среды. Поскольку уравнение (8) представляет собой неявно заданную функцию, не допускающую возможность аналитического поиска её корней, предложено находить их численными методами, наиболее подходящим из которых оказался метод хорд. Данный итерационный метод может быть легко воспроизведён с помощью табличного процессора Excel или приложения Warm Bodies MHHN, написанного на языке C#.

Корректность результатов модели (8) сохраняется только при отсутствии таких факторов изменчивости постоянных охлаждения и температурного плато, как инсоляция, естественная или принудительная конвекция, изменения условий охлаждения мёртвого тела. Кроме того, на практике колебания температуры внешней среды вне

помещений обычно имеют линейный характер в период времени продолжительностью до 12 ч, реже дольше. Иногда указанные колебания на больших временных промежутках удаётся аппроксимировать линейной регрессией, однако в большинстве случаев модель (8) может быть востребована лишь в первые 12 ч, предшествующие осмотру трупа на месте его обнаружения.

Не исключено, что использование в модели (8) эмпирических коэффициентов, оценённых С. Henssge в условиях постоянной внешней температуры, может повлиять на результаты определения ДНС при значительных изменениях температуры окружающей среды. Обнаружение подобного влияния потребует адаптации процедуры задания коэффициентов модели (8) для той скорости изменений внешней температуры и их перепадов, при которых оно будет выявлено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана математическая модель охлаждения ядра трупа в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды, основанная на феноменологическом законе охлаждения Marshall-Hoare. Классическая двойная экспоненциальная модель Marshall-Hoare является частным случаем новой модели, реализуемым при нулевой скорости изменения внешней температуры. В качестве численного алгоритма решения разработанной математической модели предложен метод хорд.

Разработанная математическая модель и итерационный алгоритм её решения, а также процедуры вычисления

интервальных оценок ДНС реализованы на языке C# в формате компьютерной программы Warm Bodies MHNH.

Предложенный метод и реализующую его компьютерную программу целесообразно использовать в судебно-медицинской экспертной практике при определении ДНС по ректальной или краниоэнцефальной температуре трупа в условиях линейно изменяющейся температуры внешней среды.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (разработка концепции, проведение исследования и подготовка статьи, одобрение финальной версии перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The author declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** The author made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Marshall T.K., Hoare F.E. Estimating the time of death. The rectal cooling after death and its mathematical expression // *J Forensic Sci.* 1962. Vol. 7, N 1. P. 56–81.
2. Henssge C. Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram // *Forensic Sci Int.* 1988. Vol. 38, N 3–4. P. 209–236. doi: 10.1016/0379-0738(88)90168-5
3. Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions // *Forensic Sci Int.* 1992. Vol. 54, N 1. P. 51–66. doi: 10.1016/0379-0738(92)90080-g
4. Althaus L., Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature // *Forensic Sci Int.* 1999. Vol. 99, N 3. P. 171–178. doi: 10.1016/s0379-0738(98)00188-1
5. Bisegna P., Henssge C., Althaus L., Giusti G. Estimation of the time since death: sudden increase of ambient temperature // *Forensic Sci Int.* 2008. Vol. 176, N 2–3. P. 196–199. doi: 10.1016/j.forsciint.2007.09.007
6. Недугов Г.В. Математическое моделирование охлаждения трупа в условиях изменяющейся температуры окружающей среды // *Судебная медицина.* 2021. Т. 7, N 1. С. 29–35. doi: 10.17816/fm360
7. Недугов Г.В. Численный метод решения двойных экспоненциальных моделей охлаждения трупа при установлении дав-

- ности наступления смерти // *Судебно-медицинская экспертиза.* 2021. Т. 64, N 6. С. 25–28. doi: 10.17116/sudmed20216406125
8. Madea B. Methods for determining time of death // *Forensic Sci Med Pathol.* 2016. Vol. 12, N 4. P. 451–485. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
9. Henssge C., Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period // *Forensic Sci Int.* 2004. Vol. 144, N 2–3. P. 167–175. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051
10. Недугов Г.В. Новые компьютерные технологии определения давности наступления смерти по методу Henssge // *Судебная медицина.* 2021. Т. 7, N 3. С. 152–158. doi: 10.17816/fm406
11. Mall G., Eisenmenger W. Estimation of time since death by heat-flow Finite-Element model. Part I: method, model, calibration and validation // *Leg Med (Tokyo).* 2005. Vol. 7, N 1. P. 1–14. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.06.006
12. Mall G., Eisenmenger W. Estimation of time since death by heat-flow Finite-Element model. Part II: application to non-standard cooling conditions and preliminary results in practical casework // *Leg Med (Tokyo).* 2005. Vol. 7, N 2. P. 69–80. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.06.007
13. Schenkl S., Muggenthaler H., Hubig M., et al. Automatic CT-based finite element model generation for temperature-based death time estimation: feasibility study and sensitivity analysis // *Int J Legal Med.* 2017. Vol. 131, N 3. P. 699–712. doi: 10.1007/s00414-016-1523-0

## REFERENCES

1. Marshall TK, Hoare FE. Estimating the time of death. The rectal cooling after death and its mathematical expression. *J Forensic Sci.* 1962;7(1):56–81.
2. Henssge C. Death time estimation in case work. I. The rectal temperature time of death nomogram. *Forensic Sci Int.* 1988;38(3-4):209–236. doi: 10.1016/0379-0738(88)90168-5
3. Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: dependence of corrective factors on the body weight under stronger thermic insulation conditions. *Forensic Sci Int.* 1992;54(1):51–66. doi: 10.1016/0379-0738(92)90080-g
4. Althaus L, Henssge C. Rectal temperature time of death nomogram: sudden change of ambient temperature. *Forensic Sci Int.* 1999;99(3):171–178. doi: 10.1016/s0379-0738(98)00188-1
5. Bisegna P, Henssge C, Althaus L, Giusti G. Estimation of the time since death: sudden increase of ambient temperature. *Forensic Sci Int.* 2008;176(2-3):196–199. doi: 10.1016/j.forsciint.2007.09.007
6. Nedugov GV. Mathematical modeling of the corpse cooling under conditions of varying ambient temperature. *Russian Journal of Forensic Medicine.* 2021;7(1):29–35. (In Russ.) doi: 10.17816/fm360
7. Nedugov GV. Numerical method for solving double exponential models of corpse cooling in the determination of the time of death. *Forensic Medical Expertise.* 2021;64(6):25–28. (In Russ.) doi: 10.17116/sudmed20216406125
8. Madea B. Methods for determining time of death. *Forensic Sci Med Pathol.* 2016;12(4):451–485. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
9. Henssge C, Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period. *Forensic Sci Int.* 2004;144(2-3):167–175. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051
10. Nedugov GV. New computer technologies for determining the postmortem interval by the Henssge method. *Russian Journal of Forensic Medicine.* 2021;7(3):152–158. (In Russ.) doi: 10.17816/fm406
11. Mall G, Eisenmenger W. Estimation of time since death by heat-flow Finite-Element model. Part I: method, model, calibration and validation. *Leg Med (Tokyo).* 2005;7(1):1–14. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.06.006
12. Mall G, Eisenmenger W. Estimation of time since death by heat-flow Finite-Element model. Part II: application to non-standard cooling conditions and preliminary results in practical casework. *Leg Med (Tokyo).* 2005;7(2):69–80. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.06.007
13. Schenkl S, Muggenthaler H, Hubig M, et al. Automatic CT-based finite element model generation for temperature-based death time estimation: feasibility study and sensitivity analysis. *Int J Legal Med.* 2017;131(3):699–712. doi: 10.1007/s00414-016-1523-0

## ОБ АВТОРАХ

**Недугов Герман Владимирович**, д.м.н., доцент;  
адрес: Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, д. 89;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7380-3766>;  
eLibrary SPIN: 3828-8091; e-mail: nedugovh@mail.ru

## AUTHORS INFO

**German V. Nedugov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor;  
address: 89 Chapaevskaya street, Samara, 443099, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7380-3766>;  
eLibrary SPIN: 3828-8091; e-mail: nedugovh@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm678>

# «Быстрая ДНК» — перспективы судебно-экспертного исследования ДНК с использованием генетических анализаторов полного цикла

Е.Ю. Земскова<sup>1</sup>, Н.Р. Соколова<sup>1</sup>, С.В. Исупов<sup>2</sup>, П.Л. Иванов<sup>1</sup><sup>1</sup> Российский центр судебно-медицинской экспертизы, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup> ООО «Лабиндекс», Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Технология «быстрой ДНК» в перспективе станет оперативной и высокоэффективной процедурой судебно-экспертного молекулярно-генетического исследования, направленного на получение генетической информации о принадлежности биологического материала конкретному лицу.

**Цель исследования.** Работа представляет собой часть комплексных исследований, проводимых ФГБУ РЦСМЭ Минздрава России, конечной целью которых является развитие новых высокоэффективных технологий молекулярно-генетической индивидуализации и внедрение их в сферу деятельности отечественной судебно-медицинской экспертизы.

**Материал и методы.** Методической основой работы является генотипирование полиморфных STR-локусов хромосомной ДНК (анализ полиморфизма длины амплифицированных фрагментов хромосомной ДНК) в объектах биологической природы с помощью высокотехнологичных автоматизированных генетических анализаторов полного цикла. В настоящей работе использованы станции IntegenX RapidHIT 200 (IntegenX, США) и RapidHIT ID (Thermo Fisher-IntegenX, США).

**Результаты.** В качестве валидационных тест-объектов, которые были проанализированы с помощью автоматизированных генетических анализаторов полного цикла, исследованы образцы буккального эпителия и крови как наиболее распространённые в судебно-медицинской практике. Далее были выполнены эксперименты с реальными объектами экспертного исследования: в качестве тест-образцов были исследованы сигаретные окурки, волосы, ногти, кости, жевательная резинка, смывы биоматериала с различных поверхностей. Полученные экспериментальные данные пригодны для судебно-экспертного молекулярно-генетического идентификационного анализа.

**Заключение.** На основании полученных данных можно констатировать, что технология «быстрой ДНК», реализованная в автоматизированных генетических анализаторах полного цикла, в целом отвечает представлению о целесообразности её внедрения в судебно-экспертную практику ДНК-идентификации.

**Ключевые слова:** молекулярно-генетическая судебная экспертиза; технология «быстрой ДНК»; генетический анализатор полного цикла RapidHIT 200/RapidHIT ID.

## Как цитировать

Земскова Е.Ю., Соколова Н.Р., Исупов С.В., Иванов П.Л. «Быстрая ДНК» — перспективы судебно-экспертного исследования ДНК с использованием генетических анализаторов полного цикла // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm678>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm678>

# “Rapid DNA” — new horizons of forensic DNA profiling using full cycle genetic analyzers

Elena Yu. Zemskova<sup>1</sup>, Natalia R. Sokolova<sup>1</sup>, Sergey V. Isupov<sup>2</sup>, Pavel L. Ivanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian Centre of Forensic Medical Expertise, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Limited Liability Company “LABINDEX”, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The study is a part of a comprehensive research conducted at the Russian Center of Forensic Medical Expertise of the Ministry of Health of the Russian Federation with the ultimate goal of development and implementation of new effective technologies for molecular genetic identity testing and kinship analysis in the realm of national forensic expertise.

**AIMS:** The objective of the study is to evaluate the possibilities of the “Rapid DNA” technology in application to forensic DNA analysis. One may expect that this technology in the future will ensure the creation of an operational and highly effective procedure for forensic DNA profiling.

**MATERIAL AND METHODS:** The methodical basis of the work is the genotyping of polymorphic STR-loci of chromosomal DNA in biological material using high-tech fully automated (full cycle) analytical platform RapidHIT: namely, RapidHIT 200 (Integenx, USA) and RapidHIT-ID (Life Technologies/Thermo Fisher, IntegenX (USA) instruments.

**RESULTS:** Buccal epithelium and blood samples, while being the most common in a forensic DNA testing, have been examined as a validation test objects. Then experiments were carried out with real expert material such as cigarette butts, hair, nails, bones, chewing gum; swabs from different surfaces were examined as test samples as well.

**CONCLUSIONS:** Based on the data obtained, it can be stated that the Rapid DNA technology as it is implemented in the full-cycle genetic analyzers IntegenX RapidHIT 200 (Integenx, USA) and RapidHIT ID (Thermo Fisher, IntegenX, USA), according to the criteria studied, in general supports the idea of to be introduced into the practice of forensic DNA analysis.

**Keywords:** forensic DNA identity testing; forensic DNA kinship analysis; Rapid DNA; genetic analyzer RapidHIT 200/RapidHIT ID.

## To cite this article

Zemskova EYu, Sokolova NR, Isupov SV, Ivanov PL. “Rapid DNA” — new horizons of forensic DNA profiling using full cycle genetic analyzers // *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):29–38. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm678>

Received: 16.12.2021

Accepted: 31.01.2022

Published: 21.02.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

Совершенствование и повышение эффективности молекулярно-генетических методик представляет очевидный интерес для судебных и следственных органов, поскольку на сегодняшний день это наиболее доказательные методы исследования биологических объектов при производстве судебно-медицинской экспертизы. В последнее время одной из горячих точек в этом направлении стала разработка технологии так называемой «быстрой ДНК» (rapid DNA) — вида судебно-экспертного анализа ДНК, осуществляемого с применением высокотехнологичных автоматизированных генетических анализаторов полного цикла, которые обеспечивают выполнение полного набора необходимых аналитических процедур с минимальным участием эксперта.

Это понятно: в настоящее время для выполнения судебной молекулярно-генетической экспертизы необходимы специально оборудованные лабораторные помещения, высококвалифицированный персонал и целый парк специализированной аппаратуры. Сам процесс предусматривает множество этапов, и на каждом этапе требуется участие экспертов и лаборантов. При этом всегда, особенно при большом объёме работы, имеется риск человеческой ошибки. Меры по снижению этого риска приводят к дополнительным материальным затратам и увеличению сроков производства экспертизы. Преодоление этих негативных моментов стало побудительным мотивом разработки технологических подходов и технических решений, которые могли бы упростить и одновременно сделать более надёжным процесс извлечения генетической информации из объектов биологической природы.

Очевидно, что достигнуть желаемой цели можно путём минимизации участия в этом процессе человека. В результате на рынке лабораторного оборудования появилось несколько высокоспециализированных аналитических платформ, воплотивших в себе принцип «быстрой ДНК» и предназначенных для решения на новом уровне задач судебной молекулярно-генетической экспертизы. Отличительной чертой этих инструментов является полная автоматизация всего процесса генотипирования — от первичной обработки исходного объекта до получения конечного результата.

Концепция «быстрой ДНК» была впервые сформулирована в 2010-х [1, 2]. Сейчас технология «быстрой ДНК» всё ещё имеет статус экспериментальной, однако накопленный положительный зарубежный опыт [3–6] заставляет задуматься о её внедрении в нашей стране.

**Цель исследования** — валидационное изучение возможностей технологии «быстрой ДНК» применительно к судебно-экспертным молекулярно-генетическим

исследованиям на примере использования аппаратно-программных комплексов полного цикла семейства RapidHIT: RapidHIT 200 (IntegenX, США) и RapidHIT-ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Одноцентровое, интервенционное, одномоментное пилотное исследование.

### Условия проведения

Исследование выполнено в 2018–2020 гг. на базе отдела молекулярно-генетических экспертиз ФГБУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Минздрава России (РЦСМЭ). Автоматизированная рабочая станция полного цикла RapidHIT 200 (IntegenX, США) была предоставлена в РЦСМЭ на апробацию компанией ООО «Альгимед» (Россия) — официальным представителем компании-производителя IntegenX на территории Российской Федерации.

### Методы исследования

Начальный этап работы был нацелен на изучение возможностей и недостатков одной из первых моделей автоматизированных генетических анализаторов — рабочей станции полного цикла RapidHIT 200 (IntegenX, США). Поскольку формат оригинальной статьи не даёт возможности подробно вникнуть в схему и принцип работы устройства<sup>1</sup>, мы ограничимся лишь необходимым кратким описанием.

RapidHIT 200 позволяет анализировать до 7 образцов одновременно. Используемые наборы реагентов представляют собой одноразовые картриджи, содержащие все необходимые компоненты для выделения ДНК, ПЦР-амплификации и капиллярного электрофореза, а также ёмкости для загрузки исследуемых образцов. Разовый запуск состоит из двух картриджей, в каждом из которых имеется по 4 камеры для образцов. Исходные биологические объекты, например образцы крови на специальных картах-носителях, проводят через процедуру пробоподготовки, которая в данном случае сводится к приготовлению вырезок заданного размера. Эти вырезки затем помещают в камеры в операционном картридже. После запуска системы все процессы осуществляются автоматически, без участия пользователя, с применением предусмотренных протоколов. Длительность рабочего цикла менее 2 ч.

RapidHIT 200 способна работать с тремя мультиплексными панелями: NGM Select (Life Technologies, США), PowerPlex 16HS (Promega, США) и GlobalFiler Express (Life

<sup>1</sup> Rapid DNA Solutions — Because Every Minute Counts [Internet]. ThermoFisher Scientific. Режим доступа: <https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification.html?cid=fl-WE42547>. Дата обращения: 15.10.2021.

Technologies, США). Анализ данных производится с помощью штатного программного обеспечения GeneMarker HID (SoftGenetics, США); результат читается на встроенном сенсорном экране. Процессированные данные оказываются совместимыми с различными базами данных и другим программным обеспечением для анализа файлов типа «.fsa» или «.hid» (например, GeneMapper ID-X, Life Technologies, США).

Для изучения особенностей генотипирования биологических объектов с применением автоматизированной рабочей станции полного цикла RapidHIT 200 (IntegenX, США) в качестве валидационных тест-объектов были выбраны образцы буккального эпителия и образцы крови как наиболее распространённые в судебно-медицинской практике. В последнем случае тестирование предполагалось проводить в нескольких вариантах, используя для постановки эксперимента участки предмета-носителя разной насыщенности и площади — от стандартной минивырезки (punch) диаметром 1,2 мм до макровырезок площадью от 9 до 144 мм<sup>2</sup>. Далее по аналогичной схеме планировалось выполнить эксперименты с реальными объектами экспертного исследования. Для этого в качестве тест-образцов использовали сигаретные окурки, волосы, жевательную резинку, смывы биоматериала с различных поверхностей.

Второй этап работы приурочен к тому моменту, когда модельный ряд генетических анализаторов полного цикла семейства RapidHIT расширился, и в дополнение к модели RapidHIT 200 появилась новая усовершенствованная аналитическая платформа «быстрой ДНК» — автоматический генетический анализатор RapidHIT ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США), в связи с чем дальнейшая работа в рамках выполняемой НИР была переориентирована на использование этой новой модели рабочей станции.

Технологический принцип работы станции RapidHIT ID такой же, как и станции RapidHIT 200, — генотипирование полиморфных STR-локусов хромосомной ДНК. Система состоит из основного блока; одноразовых картриджей, содержащих все необходимые компоненты для экстрагирования ДНК, её последующей амплификации и электрофоретического фракционирования амплифицированных продуктов; встроенного программного обеспечения. Для генотипирования используется высокотехнологичная мультиплексная аналитическая панель GlobalFiler Express (Life Technologies, США): возможно также использование панели AmpFLSTR NGM SElect Express этого же производителя. Основное функциональное отличие заключается в ограничении самостоятельного пользовательского выбора аналитического протокола: тот или иной тип картриджа (на сегодняшний день имеются два типа) строго предопределяет выбор одного из предустановленных рабочих циклов, оптимизированных для работы

с референтными образцами или иными объектами. Второе отличие — анализ электрофореграмм с помощью того же штатного программного обеспечения GeneMarker HID (SoftGenetics, США) позволяет осуществлять последующий импорт данных в аналитическое ПО RapidLink (IntegenX-Life Technologies, США) для выполнения расширенного сравнительного анализа генотипов<sup>2</sup>.

Исходя из того, что основная задача всего исследования — это изучение функциональных возможностей технологии «быстрой ДНК» в применении к объектам судебно-экспертного исследования, на втором этапе работы в качестве приоритетной была поставлена задача оценить на количественном уровне разрешающую способность аналитической платформы RapidHIT ID, а именно возможность разделять амплифицированные фрагменты ДНК с разницей в длине равной *одному* нуклеотиду.

### Этическая экспертиза

Проект научного исследования рассмотрен и одобрен на заседании локального этического комитета ФГБУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Минздрава России от 03.12.2021 (протокол No5).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результатом первого этапа работы стали полученные полные генетические профили для всех взятых на исследование валидационных образцов. Все эксперименты выполнялись с использованием в качестве основного и предпочтительного варианта мультиплексной панели RapidHIT GlobalFiler Express Kit (Life Technologies, США), которая относится к последнему поколению аналитических STR-панелей и позволяет проводить генотипирование сразу 24 полиморфных локусов хромосомной ДНК. Репрезентативные данные (электрофореграммы) приведены на рис. 1.

Важно отметить, что эти данные оказались полностью сопоставимыми с результатами генотипирования, полученными по традиционной технологии. Этот вывод явился результатом отдельной аналитической работы: два одинаковых биологических образца от одного и того же человека (использовали заведомо известные данные биологических образцов из архива проведенных экспертиз) были генотипированы параллельно — один по технологии «быстрой ДНК» с использованием станции RapidHIT 200, второй — по традиционной многоэтапной схеме судебно-экспертного анализа ДНК: экстрагирование и очистка генетического материала / оценка матричной активности ДНК в полученном препарате / постановка мультиплексной ПЦР / электрофоретическое фракционирование амплификационных продуктов. Результаты генотипирования, одинаковые во всех гомологичных локусах, представлены на рис. 2.

<sup>2</sup> Rapid DNA Solutions — Because Every Minute Counts [Internet]. ThermoFisher Scientific. Режим доступа: <https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification.html?cid=fl-WE42547>. Дата обращения: 15.10.2021.

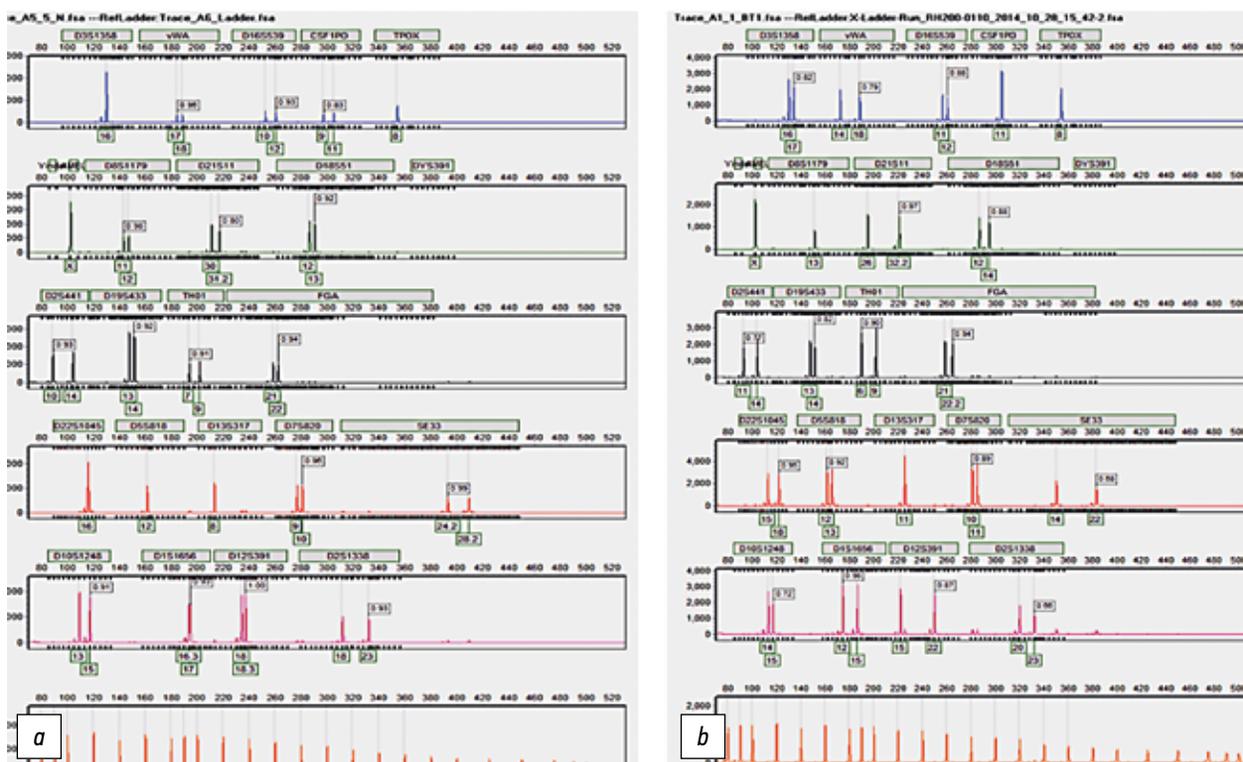


Рис. 1. Генетические профили (электрофореграммы), полученные при помощи генетического анализатора RapidHIT 200: *a* — образец буккального эпителия на стандартном аппликаторе; *b* — образец крови на бумажном носителе (вырезка Ø 1,2 мм).

Fig. 1. Analytical electropherograms obtained with RapidHIT 200: *a* — dried buccal swab on standard applicator; *b* — dried blood sample deposited on paper card (punch Ø 1,2 mm)

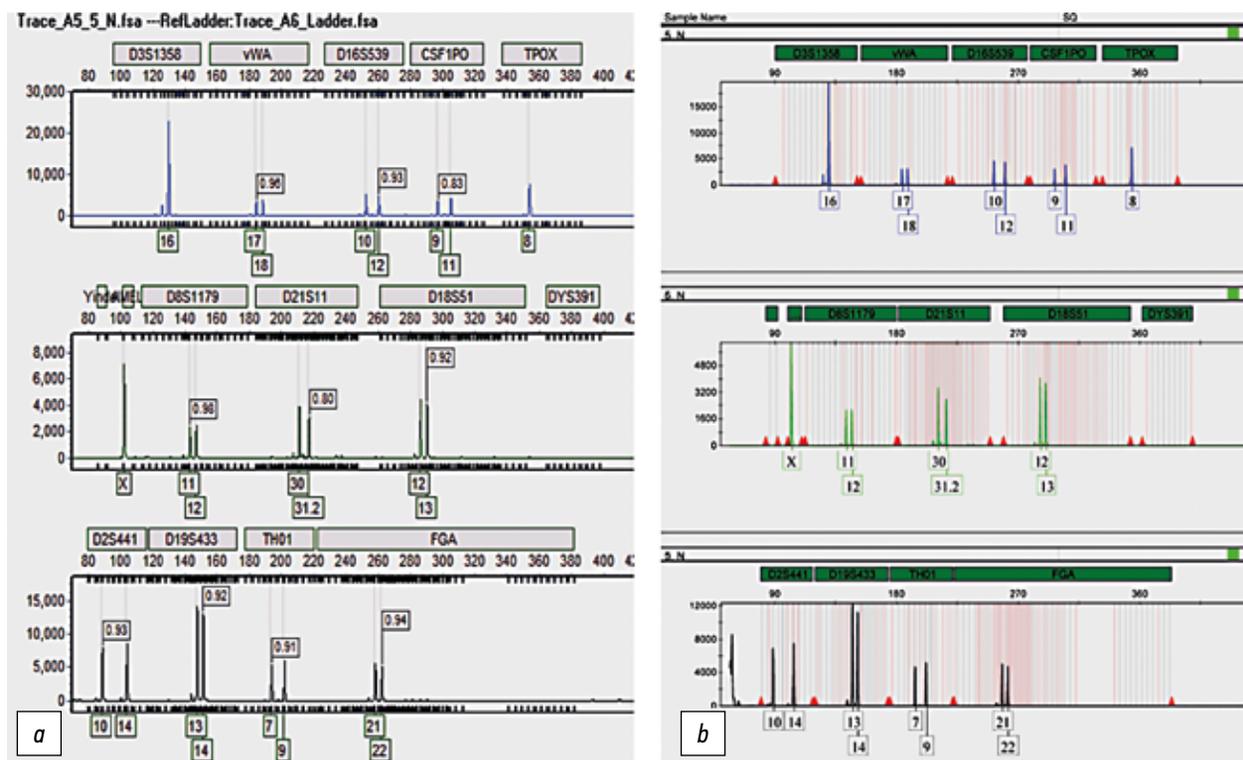


Рис. 2. Генетические профили (фрагмент электрофореграммы), полученные для одного и того же образца буккального эпителия с использованием генетического анализатора полного цикла RapidHIT 200 (*a*) и по стандартной процедуре генотипирования с использованием генетического анализатора ABI 3500 (*b*).

Fig. 2. Analytical electropherograms (a partial image is shown) obtained for the two samples of the same buccal swab: *a* — with RapidHIT 200; *b* — with ABI 3500 (through standard DNA profiling procedure).

Таблица. Репрезентативные данные для RapidHIT 200

Table. Representative data for RapidHIT 200

Маркер	Аллели	Сигнал (среднее значение)	Дисбаланс пиков
D3S1358	14,16	2189	0.86
vWA	16,18	382	0.97
D16S539	9,11	967	0.86
CSF1PO	10,12	557	0.92
TPOX	8,9	1010	0.96
Amel	X	927	-
D8S1179	12,14	220	0.95
D21S11	28,29	651	0.90
D18S51	16,18	604	0.96
D2S441	12,14	2412	0.94
D19S433	14,14	9130	-
TH01	9.3,10	2085	0.85
FGA	20,23	2855	0.99
D22S1045	16,16	3295	-
D5S818	12,13	704	0.98
D13S317	9,10	787	0.65
D7S820	9,12	2150	0.97
SE33	27.2,27.2	4810	-
D10S1248	13,14	2249	0.95
D1S1656	14,18.3	707	0.63
D12S391	18,19	1416	0.77
D2S1338	17,18	1120	0.90
Среднее значение		1874	0.89

Сопоставимыми оказались также величины среднего значения уровня детектируемого сигнала и дисбаланса пиков для гетерозиготных генотипов. Репрезентативные данные для RapidHIT 200 приведены в таблице.

Далее по такой же схеме были выполнены эксперименты с реальными объектами экспертного исследования: в качестве тест-образцов были взяты сигаретные окурки, волосы, жевательная резинка, смывы биоматериала с различных поверхностей. В последнем случае целью была оценка возможности работы с так называемыми контактными следами, остающимися на поверхности предметов в результате их физического взаимодействия с телом человека, как модель применения методики «быстрой ДНК» для анализа подобных объектов в экспертной практике, а также для мониторинга контаминации рабочих поверхностей и оборудования в лаборатории. В ходе этого эксперимента положительные результаты с качественными генетическими профилями (средняя интенсивность сигналов 486–2500 RFU) были получены, в том числе, для смывов с двух кофейных чашек и с руля автомобиля. Полученные результаты генотипирования выборочно представлены на рис. 3.

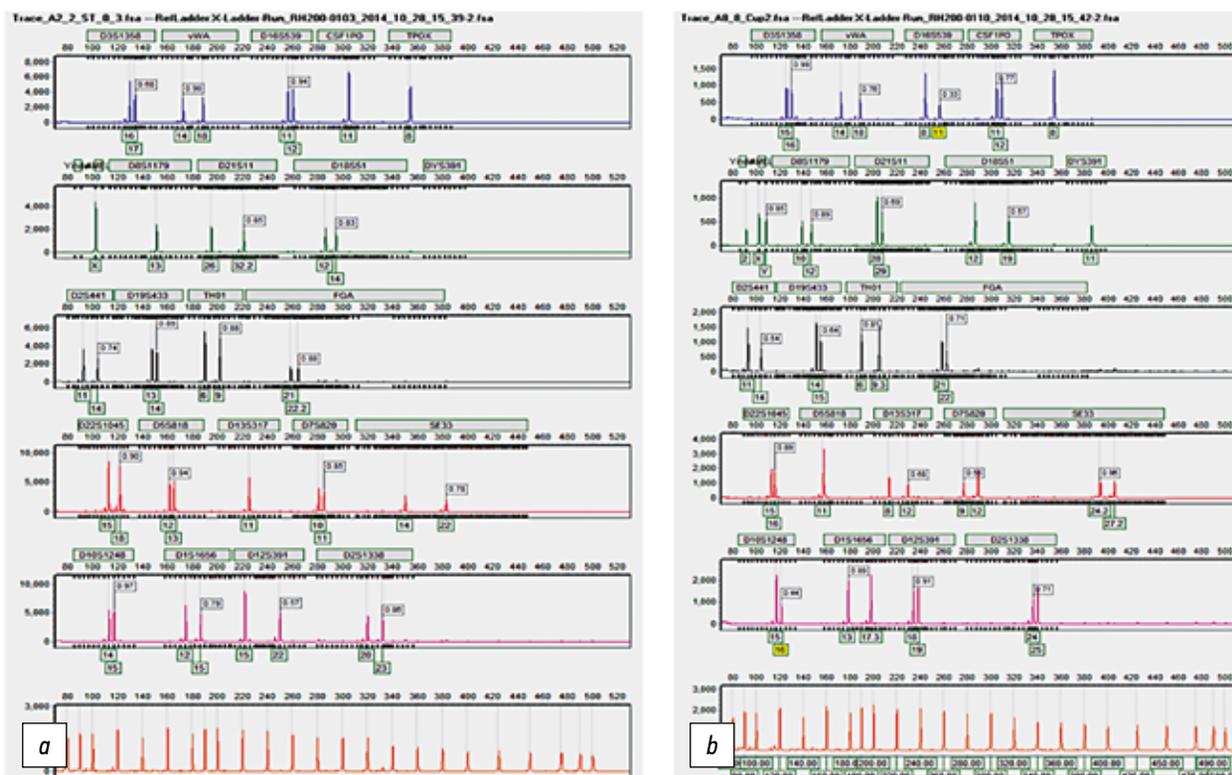
Отмечаем, что установленные генотипические профили полностью совпали с генотипом индивидуумов, которые контактировали с данными предметами, что можно

расценивать как независимое подтверждение истинности полученной генетической информации.

В связи с тем, что в 2019 г. модельный ряд генетических анализаторов полного цикла семейства RapidHIT был расширен, и в дополнение к модели RapidHIT 200 была выпущена новая усовершенствованная аналитическая платформа «быстрой ДНК» — автоматический генетический анализатор RapidHIT ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США), дальнейшая работа в рамках выполняемой НИР была переориентирована на использование этой новой модели рабочей станции.

Исходя из того, что основная цель настоящего исследования — это изучение применительно к объектам судебно-экспертного исследования функциональных возможностей технологии «быстрой ДНК» (которая в изучаемом нами частном случае реализована в генетических анализаторах RapidHIT), в качестве приоритетной была поставлена задача оценить на количественном уровне разрешающую способность аналитической платформы RapidHIT ID, а именно возможность разделять (дифференцировать) амплифицированные фрагменты ДНК с разницей в длине равной *одному* нуклеотиду.

С целью удостовериться, что генетический анализатор полного цикла RapidHIT ID обрабатывает требуемый аналитический уровень точности, были генотипированы три биологических образца от трёх индивидуумов

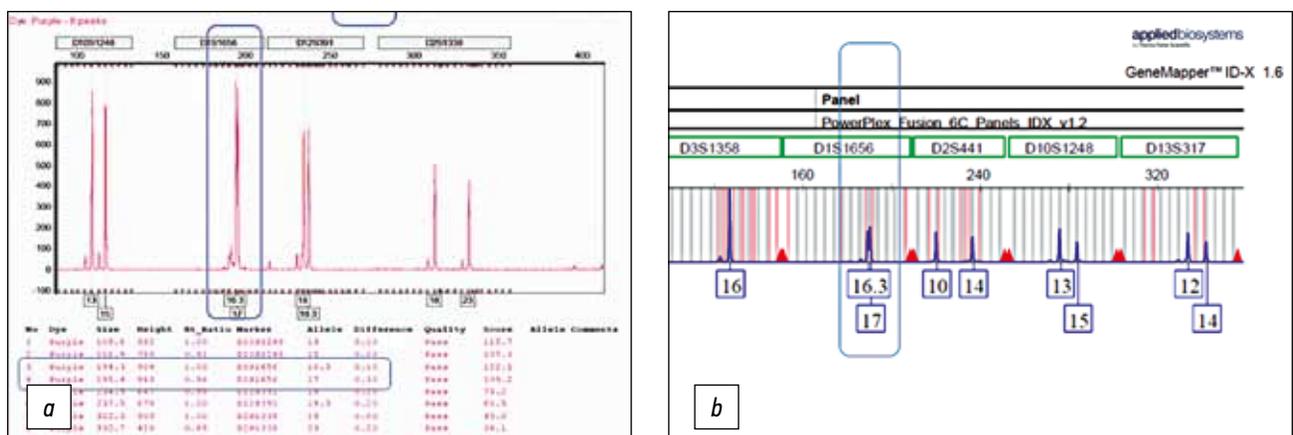


**Рис. 3.** Генетические профили (электрофореграммы), полученные с использованием генетического анализатора RapidHIT 200: *a* — биологические следы на окурке сигареты; *b* — биологические следы на крае кофейной чашки.  
**Fig. 3.** Analytical electropherograms obtained with RapidHIT 200: *a* — cigarette butt; *b* — swab from the edge of a coffee cup.

(использовали заведомо известные данные биологических образцов из архива проведенных экспертиз) имеющих в своих генотипических характеристиках аллельные пары с однонуклеотидными различиями в размерах аллельных вариантов, а именно *D1S1656* {15.3 ; 16.3 ; 17} и *TH01* {9.3 ; 10}. Дополнительно был исследован ещё один образец с непредставленной в штатном маркере аллельной парой *D12S391* {19.3 ; 20}. Параллельно было выполнено генотипирование этих

же объектов по традиционной многоэтапной схеме судебно-экспертного молекулярно-генетического анализа хромосомной ДНК.

Репрезентативные данные генотипирования одного из таких образцов — с генотипической аллельной парой *D1S1656* {16.3 ; 17} — по технологии «быстрой ДНК» с использованием станции RapidHIT ID представлены на рис. 4 (а). Для сравнения, на рис. 4 (b) представлен результат генотипирования того же самого тест-объекта



**Рис. 4.** Генетические профили (фрагмент электрофореграммы), полученные для одного и того же тест-объекта (образец крови) с генотипической аллельной парой *D1S1656* {16.3 ; 17} с использованием генетического анализатора полного цикла RapidHIT ID (а) и по стандартной процедуре генотипирования с использованием генетического анализатора ABI 3500 (b).  
**Fig. 4.** Analytical electropherograms (a partial image is shown) obtained for the same blood sample with the genotype *D1S1656* {16.3 ; 17}: *a* — with RapidHIT ID; *b* — with ABI 3500 (through standard DNA profiling procedure).

с генотипической аллельной парой *D1S1656* {16.3 ; 17} по традиционной схеме.

### Дополнительные результаты исследования

Отдельно стоит отметить, что в работе с RapidHIT ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США), как в случае использования генетического анализатора RapidHIT 200 (IntegenX, США), оставшийся в картридже после процессинга образец при необходимости можно использовать для повторного анализа, поскольку уровень полезного сигнала уменьшается не более чем в два-три раза. Это повышает привлекательность использования технологии «быстрой ДНК» по сравнению с традиционной.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

С помощью применения автоматизированных генетических анализаторов полного цикла RapidHIT 200 (IntegenX, США) и RapidHIT ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США) были исследованы в качестве валидационных тест-объектов образцы буккального эпителия и образцы крови человека; выполнены также эксперименты с реальными объектами экспертного исследования, такими как сигаретные окурки, волосы, ногти, кости, жевательная резинка, смывы биоматериала с различных поверхностей. Достигнутые результаты оцениваются авторами как положительные в части решения поставленных валидационных задач в области технологии «быстрой ДНК» и в целом как перспективные с точки зрения их реализации в практическом направлении.

### Обсуждение основного результата исследования

Основная задача настоящего исследования — это изучение функциональных возможностей технологии «быстрой ДНК» в применении к объектам судебно-экспертного молекулярно-генетического исследования. Исходя из этого, в качестве приоритетной задачи было предпринято изучение на количественном уровне разрешающей способности аналитической платформы RapidHIT ID (Life Technologies/Thermo Fisher-IntegenX, США) в плане возможности дифференцирования амплифицированных фрагментов ДНК с разницей в длине равной *одному* нуклеотиду.

Это очень важная характеристика, которая играет принципиальную роль при позиционном сопоставлении сигналов на электрофореграмме. Для адекватного сравнения амплификационных профилей требуется, чтобы применяемая аналитическая система позволяла надёжно различать аллельные варианты, отличающиеся по длине как минимум на одно повторяющееся звено (так называемый аллельный шаг). Иначе можно ошибочно признать идентичными те анализируемые фрагменты ДНК, которые на самом деле имеют близкую, но не одинаковую длину.

Для большинства используемых в качестве маркеров STR-локусов хромосомной ДНК, у которых длина

повторяющейся кор-последовательности составляет 4–5 пар нуклеотидов, «аллельный шаг» имеет такую же величину. При средней длине амплифицированных фрагментов порядка 200–400 пар нуклеотидов (п.н.) это означает, что для целей дифференцирования соседствующих аллелей применяемые на практике молекулярно-генетические индивидуализирующие тест-системы, основанные на анализе полиморфизма длины STR-локусов с варьирующим числом tandemных повторов, должны быть способны различать фрагменты ДНК, которые отличаются по длине на 1–2%. Такая разрешающая способность вполне достижима для современных систем электрофоретического фракционирования ДНК. Но это — в общем случае. В частной реальности ситуацию существенно усложняет факт наличия у некоторых STR-локусов «неканонических» аллелей, которые могут отличаться от соседних аллелей на меньшую длину, чем стандартный «аллельный шаг» в четыре нуклеотида. Так, например, в аналитической мультиплексной панели RapidHIT GlobalFiler Express Kit (Life Technologies, США) в двух из 24 используемых STR-локусов хромосомной ДНК имеются заявленные производителем (и они достаточно распространены) такие «неканонические» аллели, которые отличаются от соседних аллелей не на четыре, а всего лишь на *один* нуклеотид: это аллели 14.3, 15.3 и 16.3 в локусе *D1S1656* и аллель 9.3 в локусе *TH01*. Разница в длине между аллельными парами *D1S1656* {14.3÷15 (186÷187 п.н.)}, {15.3÷16 (190÷191 п.н.)} и {16.3÷17 (194÷195 п.н.)} составляет, соответственно, 0,53; 0,52 и 0,51%, а для аллельной пары *TH01* {9.3÷10 (205÷206 п.н.)} эта разница составляет менее 0,49% [7]. Разрешение на таком уровне способна обеспечить уже далеко не любая электрофоретическая система.

При испытательном анализе штатного аллельного маркера нами было показано, что генетический анализатор полного цикла RapidHIT ID, работающий в режиме «быстрой ДНК», способен достоверно дифференцировать указанные аллели. Тем не менее необходимо было убедиться, что требуемая дискриминирующая способность обеспечивается не только на уровне анализа поставляемого производителем специально подготовленного продукта, но и на уровне реальных объектов экспертизы.

С целью удостовериться, что генетический анализатор RapidHIT ID отрабатывает требуемый аналитический уровень точности, были генотипированы три биологических образца от трёх индивидуумов, имеющих в своих генотипических характеристиках указанные аллельные пары с однонуклеотидными различиями в размерах аллельных вариантов, и дополнительно ещё один образец с более редкой «неканонической» аллельной парой *D12S391* {19.3 ; 20 (241÷242 п.н.)}, для которой разница в длине ещё меньше — всего лишь 0,41%.

Параллельно было выполнено генотипирование этих же объектов по традиционной многоэтапной схеме судебно-экспертного молекулярно-генетического анализа хромосомной ДНК: экстрагирование и очистка генетического

материала / оценка матричной активности ДНК в полученном препарате / постановка мультиплексной ПЦР / электрофоретическое фракционирование амплификационных продуктов.

Полученные экспериментальные данные наглядно продемонстрировали высокую дискриминирующую способность аналитической платформы RapidHIT ID, реализующей технологию «быстрой ДНК»: во всех случаях в полностью автоматическом режиме была достигнута достоверная дифференциация однонуклеотидных аллелей. Такие результаты пригодны для судебно-экспертного молекулярно-генетического идентификационного анализа практически на тех же условиях, что и результаты судебно-экспертного молекулярно-генетического анализа хромосомной ДНК, выполненного по традиционной многоэтапной схеме.

### Ограничения исследования

Как сказано выше, достигнутые результаты представленной работы оцениваются авторами как положительные в части решения поставленных валидационных задач в области технологии «быстрой ДНК» и в целом как перспективные с точки зрения их реализации в практическом направлении. Однако надо понимать, что это лишь начальная и самая общая оценка. Для поднятия описанного в настоящей работе лабораторного методического подхода до уровня стандартизированной экспертной процедуры неизбежно требуется проведение дополнительных, более широких и более глубоких исследований. Тогда сделанные наработки могут быть использованы для создания полноценной судебно-экспертной методики применения технологии «быстрой ДНК» для генотипирования полиморфизма амплифицированных фрагментов хромосомной ДНК человека. Авторы продолжают работу в этом направлении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ФГБУ РЦСМЭ Минздрава России в рамках утвержденных государственным заданием плановых тем НИР выполняются комплексные исследования, проводимые с конечной целью развития и внедрения новых высокоэффективных технологий молекулярно-генетической индивидуализации в сферу деятельности отечественной судебно-медицинской экспертизы. Настоящее оригинальное исследование выполнено в русле этого направления и посвящено изучению возможностей технологии «быстрой ДНК» в применении к судебно-экспертным молекулярно-генетическим исследованиям.

На основании полученных экспериментальных данных можно заключить, что технология «быстрой ДНК», реализованная в тестируемых в настоящей работе генетических анализаторах полного цикла IntegenX RapidHIT 200 (IntegenX, США) и RapidHIT ID (Thermo Fisher-IntegenX, США), а именно полностью автоматизированный аналитический алгоритм генотипирования STR-локусов

хромосомной ДНК «образец → результат», по исследованным критериям (высокая скорость анализа, необходимая высокая разрешающая способность, сопоставимость с данными генотипирования, получаемыми традиционными методами) в целом удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современному молекулярно-генетическому судебно-экспертному инструментарию, и отвечает представлению о целесообразности её внедрения в судебно-экспертную практику ДНК-идентификации.

Можно ожидать, что эта технология в перспективе обеспечит создание оперативной и высокоэффективной процедуры судебно-экспертного молекулярно-генетического исследования, направленного на получение генетической информации о принадлежности биологического материала конкретному лицу.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование выполнено на средства федерального бюджета в рамках исполнения утверждённого государственным заданием темы НИР «Оценка возможностей технологии «быстрой ДНК» для целей судебно-экспертных молекулярно-генетических исследований» (Рег. № НИОКТР АААА-А18-118020690054-6).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Е.Ю. Земскова — проведение исследования и написание статьи; Н.Р. Соколова, С.В. Исупов — проведение ряда целевых экспериментов и написание статьи; П.Л. Иванов — разработка дизайна исследования, поисково-аналитическая составляющая работы и написание статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность лаборантам отдела молекулярно-генетических экспертиз ФГБУ РЦСМЭ Минздрава России Д.Б. Джерелиевскому, А.В. Вайнману и А.В. Алябьеву за профессиональную помощь в выполнении отдельных экспериментов.

### ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study was funded by the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. АААА-А18-118020690054-6).

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** E.Yu. Zemskova — a contribution to the research and drafting of the manuscript; N.R. Sokolova, S.V. Isupov — a contribution to a number of targeted experiments and drafting of the manuscript; P.L. Ivanov — the development of the design of the study, the search and analytical component of the work, and drafting of the manuscript. Authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the

version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Acknowledgments.** The authors are grateful to the laboratory assistants of the Department of Molecular Genetic Expertise of the Federal

State Budgetary Institution Russian Center of Forensic Medical Expertise of Ministry of Health of the Russian Federation D.B. Dzhirelievsky, A.V. Weinman, and A.V. Alyabiev for professional assistance in performing individual experiments.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hopwood A.J., Hurth C., Yang J., et al. Integrated microfluidic system for rapid forensic DNA analysis: sample collection to DNA profile // *Anal Chem.* 2010. Vol. 82, N 16. P. 6991–6999. doi: 10.1021/ac101355r
2. Liu P., Li X., Greenspoon S.A., et al. Integrated DNA purification, PCR, sample cleanup, and capillary electrophoresis microchip for forensic human identification // *Lab Chip.* 2011. Vol. 11, N 6. P. 1041–1048. doi: 10.1039/c0lc00533a
3. DiZinno J. 90 Minute DNA Profiles on a Fully Validated, Automated System // *Proc. 7<sup>th</sup> International DNA Users' Conference for Investigative Officers*, 7 Nov 2013 Interpol Headquarters, Lyon, France. 2013.
4. Gold S. RapidDNA: a game changer in the law enforcement identification stakes // *Biometric Technology Today.* 2013. N 1. P. 7–10. doi: 10.1016/S0969-4765(13)70015-8

5. LaRue B.L., Moore A., King J.L., et al. An evaluation of the RapidHIT® system for reliably genotyping reference samples // *Forensic Sci Int Genet.* 2014. Vol. 13. P. 104–111. doi: 10.1016/j.fsigen.2014.06.012
6. Date-Chong M., Hudlow W.R., Buoncristiani M.R. Evaluation of the RapidHIT™ 200 and RapidHIT GlobalFiler® Express kit for fully automated STR genotyping // *Forensic Sci Int Genet.* 2016. Vol. 23. P. 1–8.
7. GlobalFiler™ and GlobalFiler™ IQC PCR Amplification Kits [Internet]. Life Technologies Ltd. 7 Kingsland Grange. Woolston, Warrington WA1 4SR. United Kingdom. Режим доступа: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/4477604.pdf>. Дата обращения: 15.10.2021.

## REFERENCES

1. Hopwood AJ, Hurth C, Yang J, et al. Integrated microfluidic system for rapid forensic DNA analysis: sample collection to DNA profile. *Anal Chem.* 2010;82(16):6991–6999. doi: 10.1021/ac101355r
2. Liu P, Li X, Greenspoon SA, et al. Integrated DNA purification, PCR, sample cleanup, and capillary electrophoresis microchip for forensic human identification. *Lab Chip.* 2011;11(6):1041–1048. doi: 10.1039/c0lc00533a
3. DiZinno J. 90 Minute DNA Profiles on a Fully Validated, Automated System. In: *Proc. 7<sup>th</sup> International DNA Users' Conference for Investigative Officers*, 7 Nov 2013 Interpol Headquarters, Lyon, France. 2013.
4. Gold S. RapidDNA: a game changer in the law enforcement identification stakes. *Biometric Technology Today.* 2013;(1):7–10. doi: 10.1016/S0969-4765(13)70015-8

5. LaRue BL, Moore A, King JL, et al. An evaluation of the RapidHIT® system for reliably genotyping reference samples. *Forensic Sci Int Genet.* 2014;13:104–111. doi: 10.1016/j.fsigen.2014.06.012
6. Date-Chong M, Hudlow WR, Buoncristiani MR. Evaluation of the RapidHIT™ 200 and RapidHIT GlobalFiler® Express kit for fully automated STR genotyping. *Forensic Sci Int Genet.* 2016;23:1–8.
7. GlobalFiler™ and GlobalFiler™ IQC PCR Amplification Kits [Internet]. Life Technologies Ltd. 7 Kingsland Grange. Woolston, Warrington WA1 4SR. United Kingdom. Available from: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/4477604.pdf>. Accessed: 15.10.2021.

## ОБ АВТОРАХ

\* **Иванов Павел Леонидович**, д.б.н., профессор;  
адрес: Россия, 125284, Москва, ул. Поликарпова, д. 12/13;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4753-3125>;  
eLibrary SPIN: 1566-958; e-mail: dna@rc-sme.ru

**Земскова Елена Юрьевна**, к.м.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2669-0877>;  
eLibrary SPIN: 5835-2788; e-mail: zemskova@rc-sme.ru

**Соколова Наталья Робиковна**,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-7646>;  
eLibrary SPIN: 9381-3968; e-mail: sokolova.n@rc-sme.ru

**Исупов Сергей Владимирович**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9437-4569>;  
e-mail: sergey.isupov@labindex.ru

## AUTHORS INFO

\* **Pavel L. Ivanov**, Dr. Sci. (Biol.), Professor;  
address: 12/13 Polikarpova str., Moscow, 125284, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4753-3125>;  
eLibrary SPIN: 1566-9582; e-mail: dna@rc-sme.ru

**Elena Yu. Zemskova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2669-0877>;  
eLibrary SPIN: 5835-2788; e-mail: zemskova@rc-sme.ru

**Natalia R. Sokolova**, MD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-7646>;  
eLibrary SPIN: 9381-3968; e-mail: sokolova.n@rc-sme.ru

**Sergey V. Isupov**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9437-4569>;  
e-mail: sergey.isupov@labindex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm665>

# Патоморфологические изменения в случае ингаляции гелия: случай из экспертной практики

Л.Г. Александрова<sup>1</sup>, А.А. Анисимов<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный медицинский университет, Казань, Российская Федерация

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Гелий, являясь инертным веществом, не оказывает существенного влияния на организм человека, но иногда при очень высоких концентрациях в воздухе может вызывать удушье и состояние кислородной недостаточности. Кислородно-гелиевая терапия зарекомендовала себя наиболее эффективным методом восстановления, реабилитации и лечения при любых видах поражения лёгких и сниженной сатурации и даже включена в рекомендации по профилактике, диагностике и лечению COVID-19.

Смертельные исходы ввиду вдыхания инертных газов, в частности гелия, в судебно-медицинской практике встречаются чрезвычайно редко. Как правило, вероятность наступления смерти в таких случаях чаще всего связывают с техногенными происшествиями или нарушением техники безопасности при выполнении технологических процессов и операций, связанных с использованием газа.

Инструкции по технике безопасности при обращении с гелием предупреждают о возможном повреждении слизистой оболочки глаз и обморожении кожи, а также получении механической травмы при падении тяжеловесного баллона с газом.

**Описание экспертного случая.** Инертные газы, согласно общеизвестному факту, не вступают во взаимодействие с иными химическими веществами. Однако мы столкнулись со случаем суицида, где в качестве средства был выбран инертный газ: Вдыхание гелия вызвало макро- и микроморфологические изменения в организме человека, что привело к летальному исходу.

Случай из судебно-медицинской экспертной практики проиллюстрирован фотографиями микроскопических препаратов, которые наглядно демонстрируют отсутствие специфических признаков токсического воздействия на органы и ткани погибшего.

**Заключение.** Повреждение гелием происходит при воздействии сжатого газа низкой температуры, который и является основным поражающим фактором. Несмотря на чрезвычайную летучесть вещества, величина давления сжатого газа и очень низкая температура в момент его воздействия могут стать причиной различных телесных повреждений и даже смертельного исхода. Изучение общей патоморфологической картины может быть полезным при проведении судебно-медицинской экспертизы.

**Ключевые слова:** ингаляция гелия; морфологические изменения биологических тканей; бронхоспазм; экспертный случай.

## Как цитировать

Александрова Л.Г., Анисимов А.А. Патоморфологические изменения в случае ингаляции гелия: случай из экспертной практики // Судебная медицина. 2021. Т. 7, № 4. С. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm665>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm665>

# Pathomorphological changes due to helium inhalation: an expert case report

Liliya G. Aleksandrova<sup>1</sup>, Andrei A. Anisimov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup> Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Helium, being an inert substance, does not have a significant effect on the human body, but sometimes at very high concentrations in the air, it can cause suffocation and a state of oxygen deficiency. Oxygen-helium therapy has proven to be the most effective recovery, rehabilitation, and treatment for all types of lung damage and reduced saturation. It is even included in the recommendations for preventing, diagnosing, and treating COVID-19.

Deaths due to inhalation of inert gases, especially helium, are sporadic in forensic practice. As a rule, the probability of death in such cases is most often associated with man-made accidents or violations of safety regulations when performing technological processes and operations related to the use of gas.

Safety instructions for handling helium warn of possible damage to the mucous membrane of the eyes and frostbite of the skin, as well as mechanical injury when a heavy gas cylinder falls.

**CASE PRESENTATION:** Inert gases do not interact with other chemicals. However, we encountered a suicide case where an inert gas was chosen as a means. Inhalation of helium caused macro- and micromorphological changes in the human body, which led to a fatal outcome.

The case is illustrated by photographs of microscopic preparations, which demonstrate the absence of specific signs of toxic effects on the organs and tissues of the deceased.

**CONCLUSION:** Despite the substance's extreme volatility, the compressed gas's pressure and low temperature can cause various injuries and even death. The study of general pathomorphology can be helpful in the conduct of a forensic medical examination.

**Keywords:** helium inhalation; morphological changes in biological tissues; bronchospasm; expert case.

## To cite this article

Aleksandrova LG, Anisimov AA. Pathomorphological changes due to helium inhalation: an expert case report // *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):39–44. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm665>

Received: 27.10.2021

Accepted: 31.01.2022

Published: 21.02.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

Смертельный исход ввиду вдыхания гелия чрезвычайно редко встречается в судебно-медицинской практике. Принимая во внимание инертность данного газа, вероятность наступления смерти чаще всего обусловлена техногенными происшествиями или нарушением техники безопасности при выполнении технологических процессов и операций, связанных с его использованием [1]. Инструкции по технике безопасности при обращении с гелием содержат предупреждение о возможном повреждении слизистой оболочки глаз и обморожении кожи, а также получении механической травмы при падении тяжеловесного баллона с газом. Однако повреждения данным веществом среди всех разнообразных видов травмы составляют лишь одиночные случаи. Одновременно с этим литературный анализ доступной литературы убедительно свидетельствует об увеличении в мире количества случаев суицида путём ингаляции гелия [2–4]. Авторы работ связывают этот факт с повсеместной доступностью вещества для детей и взрослых, в связи с чем изучение вопроса представляет особый интерес.

**Цель исследования** — описание морфологических изменений биологических тканей человека в случаях воздействия гелия.

## ПРИМЕР ИЗ ПРАКТИКИ

В нашей практике встретился случай с летальным исходом от воздействия гелия.

### Обстоятельства клинического случая

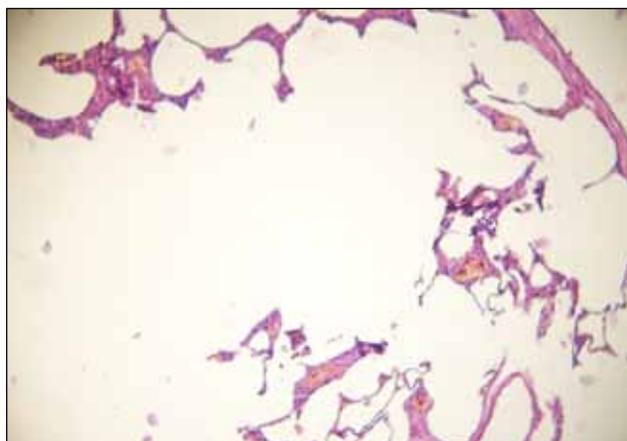
Мужчина, 23 года, правильного телосложения и удовлетворительной упитанности покончил жизнь самоубийством, оставив на месте происшествия предсмертные записки. В квартире на месте происшествия были обнаружены баллоны с надписью «Гелий», трубка от которых,

длиною около 1 м, вела к трупку под полиэтиленовый пакет, надетый на голову.

### Результаты судебно-медицинского исследования трупа

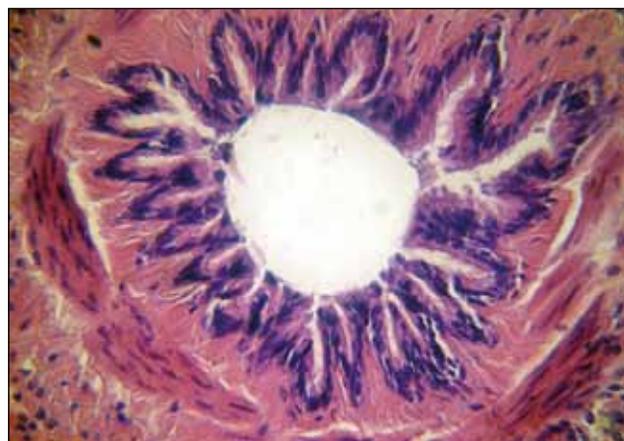
В ходе судебно-медицинской экспертизы трупа при наружном исследовании выявлено следующее. Трупное окоченение резко выражено во всех группах мышц. Обнаружены подкожные точечные тёмно-красные кровоизлияния (экхимозы), кровоизлияния в соединительную оболочку глаз и слизистую губ. Телесных повреждений при наружном исследовании трупа не обнаружено. При внутреннем исследовании мягкие ткани и внутренние органы полнокровные, стояние жидкой крови в крупных сосудах и полостях сердца. Лёгкие на ощупь и на разрезах резко эмфизематозные, воздушные. По всем поверхностям под плеврой лёгких и эпикарде множественные точечные и мелкоочаговые тёмно-красные кровоизлияния.

При судебно-гистологическом исследовании препаратов лёгких просветы альвеол щелевидны или расширены с выпрямлением и разрывами межальвеолярных перегородок (рис. 1), расширением межальвеолярных пор и относительным запустеванием капилляров, укорочением альвеолярных мешочков, в отдельных полях зрения безвоздушны, выполнены гомогенными слабозозинофильными массами со значительной примесью эритроцитов, несколько увеличенных в объёме, относительно нечёткими контурами, дополненных обнаружением единичных десквамированных альвеолоцитов и клеток типа макрофагов, в том числе с бурым пигментом в цитоплазме. Просветы бронхиол фестончатые с гиперхромными нитевидными вытянутыми ядрами высоких клеток призматического эпителия с апикальной вакуолизацией и формированием «фигур колосьев» (рис. 2), содержат в небольшом количестве неравномерно распределённые слоистые массы



**Рис. 1.** Микропрепарат: гелий, эмфизема лёгких, разрывы межальвеолярных перегородок; окраска гематоксилином и эозином; ув. 10.

**Fig. 1.** Micropreparation: helium, emphysema of the lungs, ruptures of the interalveolar septa; hematoxylin and eosin stain, x10.



**Рис. 2.** Микропрепарат: гелий, спазм бронхиолы; окраска гематоксилином и эозином; ув. 40.

**Fig. 2.** Micropreparation: helium, bronchiole spasm; hematoxylin and eosin stain, x40.

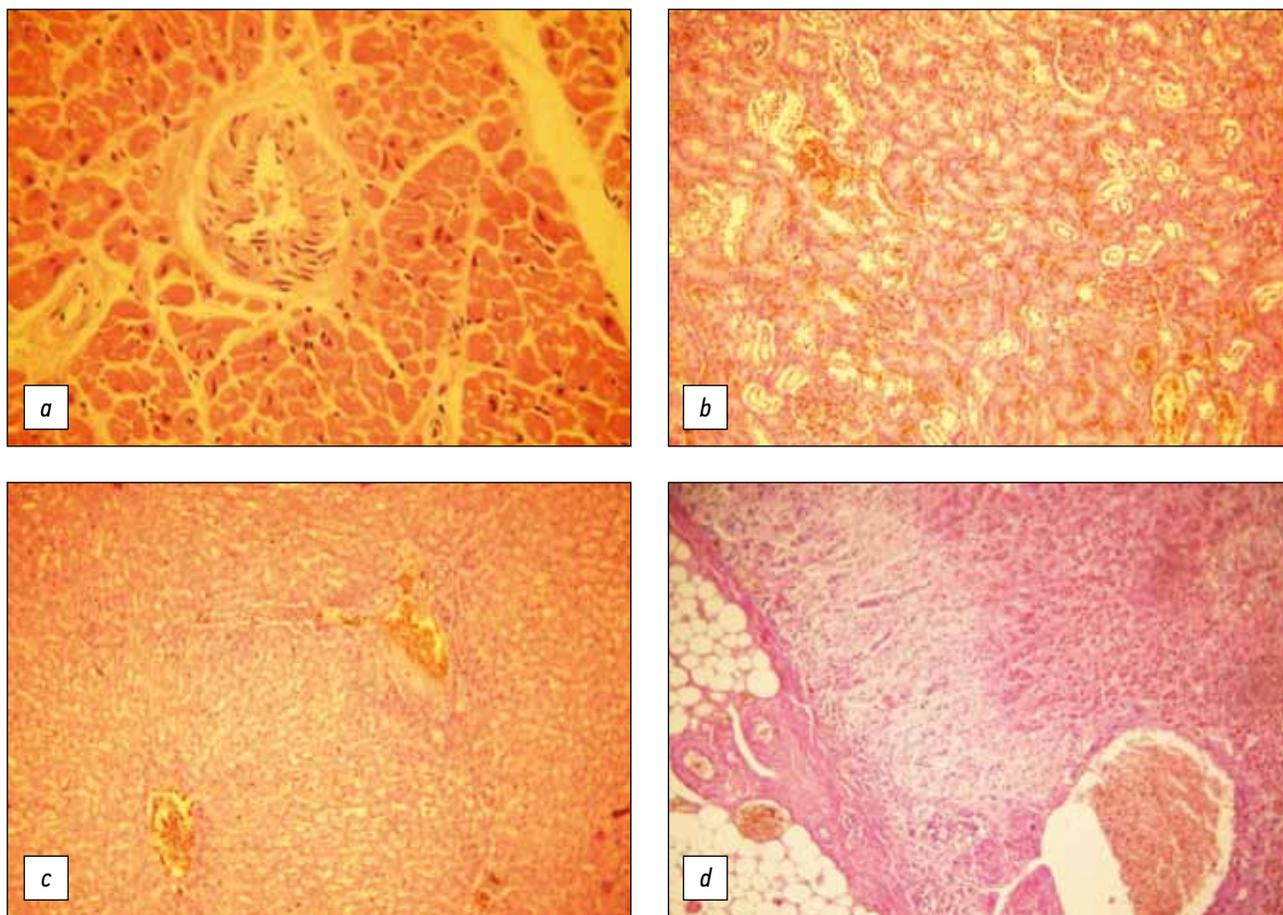
слизи и слитно расположенные эритроциты. Перибронхиальные мелкие сосуды, прилегающие к просветам бронхиол в виде «клеточных тяжей», малокровенны, с переориентацией просветов вдоль окружности бронхиол.

Во всех препаратах исследуемых внутренних органов отмечаются острое венозное полнокровие и мелкоочаговые кровоизлияния (в головном мозге, миокарде, лёгких, печени, почках, надпочечнике); отёк мягкой мозговой оболочки; стромы сердца и надпочечника, плевры и лёгких, капсул клубочков в почках; спазм артериол и мелких артерий сердца; очаги фрагментации кардиомиоцитов (рис. 3); эритростазы в лёгких.

Гистологическое, токсикологическое, судебно-биохимическое исследование органов и тканей, как правило, входит в перечень стандартных диагностических процедур при производстве судебно-медицинских экспертиз. При биохимическом исследовании в крови из синуса твёрдой мозговой оболочки была обнаружена глюкоза в концентрации 1,7 ммоль/л, в крови из полости сердца — 3,8 ммоль/л. В судебно-медицинской литературе описан способ диагностики механической асфиксии в результате

сдавления органов шеи петлёй путём определения глюкозы в крови трупа [5]. При этом содержание глюкозы в сосудах головного мозга бывает в 3–4 раза ниже по сравнению с концентрацией в крови, взятой из сердца, что объясняют прекращением мозгового кровообращения [6]. В описываемом нами случае столь значительной разницы в содержании глюкозы не было выявлено. Иные биохимические исследования при выполнении исследований в отношении данного трупа не проводились. Методом судебно-химического исследования этиловый и другие алифатические спирты в крови и моче не обнаружены.

Резкий бронхоспазм стал результатом местного воздействия газовой смеси низкой температуры с раздражением рецепторов трахеи и бронхов, что в свою очередь оказало рефлекторное влияние на дыхательный центр и нервные окончания нервов, иннервирующих бронхи, дезорганизовав акт дыхания и вызвав развитие острой гипоксии. Стенозирование просвета дыхательных путей усугубилось отёком слизистых оболочек и гиперсекрецией бокаловидных клеток. На уровне микроциркуляторного русла также наблюдались местные (сосудистые,



**Рис. 3.** Микропрепараты: *a* — гелий, сердце, артериолоспазм; окраска гематоксилином и эозином; ув. 40; *b* — гелий, печень, венозное полнокровие; окраска гематоксилином и эозином; ув. 10; *c* — гелий, почка, венозное полнокровие; окраска гематоксилином и эозином; ув. 10; *d* — гелий, надпочечник, венозное полнокровие; окраска гематоксилином и эозином; ув. 10.

**Fig. 3.** Micropreparations: *a* — helium, heart, arteriolar spasm; hematoxylin and eosin staining; x40; *b* — helium, liver, venous fullness; hematoxylin and eosin staining; x10; *c* — helium, kidney, venous fullness; hematoxylin and eosin staining; x10; *d* — helium, adrenal gland, venous fullness; hematoxylin and eosin staining; x10

вне- и внутрисосудистые) изменения: с неравномерностью величины и деформированием просветов перибронхиальных сосудов, периваскулярным отёком и кровоизлияниями, стазами, агрегацией эритроцитов.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно общеизвестным данным, гелий не оказывает существенного влияния на организм человека, поскольку является инертным веществом, но иногда при очень высоких концентрациях в воздухе гелий может вызвать удушье и состояние кислородной недостаточности [1]. В то же время кислородно-гелиевая терапия зарекомендовала себя наиболее эффективным методом восстановления, реабилитации и лечения при любых видах поражения лёгких и сниженной сатурации и даже включена во временные методические рекомендации по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции COVID-19, утверждённые Министерством здравоохранения Российской Федерации [7, 8]. Гелий нашёл своё применение в разных сферах медицины, особенно в кардиологии, неврологии, хирургии при лечении постгипоксических состояний. Ведутся активные разработки новых технологий с его использованием в таких областях медицины, как радиология и микроскопия [9]. Однако в ситуации с изменённым сознанием человека, решившегося на суицид, использование гелиевых баллонов может иметь фатальные последствия. И хотя вещество не вызывает непосредственно токсикологического действия на организм, повреждение гелием происходит при воздействии сжатого газа низкой температуры, который и является основным поражающим фактором. Несмотря на чрезвычайную летучесть вещества, величина давления сжатого газа и очень низкая температура в момент его воздействия могут стать причиной различных телесных повреждений и даже смертельного исхода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, приведённый пример наглядно демонстрирует изменения органов и тканей, происходящих

при таком редком виде внешнего воздействия, как вдыхание инертного газа. Несмотря на отсутствие специфических признаков токсического воздействия гелия на организм, изучение общей патоморфологической картины может быть полезным при проведении судебно-медицинской экспертизы.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация не имели спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** А.А. Анисимов — сбор данных, написание черновика рукописи; Л.Г. Александрова — сбор данных, написание черновика рукописи, научная редакция рукописи, рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** A.A. Anisimov — data collection, drafting of the manuscript; L.G. Aleksandrova — data collection, drafting of the manuscript, critical revision of the manuscript for important intellectual content, review and approve the final manuscript. Authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Whitt A., Garland E.L., Howard M.O. Helium inhalation in adolescents: characteristics of users and prevalence of use // *J Psychoactive Drugs*. 2012. Vol. 44. P. 365–371. doi: 10.1080/02791072.2012.736803
2. Nowak K., Szpot P., Zawadzki M. Suicidal deaths due to helium inhalation // *Forensic Toxicol*. 2019. Vol. 37. P. 273–287. doi: 10.1007/s11419-019-00473-2
3. Byard R.W. Changing trends in suicides using helium or nitrogen – a 15-year study // *J Forensic Leg Med*. 2018. Vol. 58. P. 6–8. doi: 10.1016/j.jflm.2018.04.007
4. Chang S.S., Cheng Q., Lee E.S., Yip P.S. Suicide by gassing in Hong Kong 2005–2013: emerging trends and characteristics of suicide by helium inhalation // *J Affect Disord*. 2016. Vol. 192. P. 162–166. doi: 10.1016/j.jad.2015.12.026
5. Любвицкий А.В., Коротун В.Н., Чемурзиева Н.В. Изменение содержания глюкозы у погибших от механической асфиксии // 3-й Всероссийский съезд судебных медиков: сборник материалов. Ч. 2. Саратов, 1992. С. 312–314.
6. Александрова Л.Г., Нигматуллин Н.Ш. Изменение концентрации глюкозы в крови как диагностический тест прижизненного повешения // XIV Пленум Всероссийского общества судебных медиков (17–18 июня 1999 г.): сборник материалов. Москва, 1999. С. 48–49.
7. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Временные методические рекомендации. Версия 13 (14.10.2021) (утв. Минздравом России). Режим доступа: <https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/>

attaches/000/058/211/original/BMP-13.pdf. Дата обращения: 15.11.2021.

8. Шогенова Л.В., Петриков С.С., Журавель С.В., и др. Термическая гелий-кислородная смесь в лечебном алгоритме больных

с COVID-19 // Вестник Российской академии медицинских наук. 2020. Т. 75, № 5S. С. 353–362. doi: 10.15690/vramn1412

9. Berganza C.J., Zhang J.H. The role of helium gas in medicine. *Med Gas Res.* 2013. Vol. 3. P. 18. doi: 10.1186/2045-9912-3-18

## REFERENCES

1. Whitt A, Garland EL, Howard MO. Helium inhalation in adolescents: characteristics of users and prevalence of use. *J Psychoactive Drugs.* 2012; 44:365–371. doi: 10.1080/02791072.2012.736803
2. Nowak K, Szpot P, Zawadzki M. Suicidal deaths due to helium inhalation. *Forensic Toxicol.* 2019;37:273–287. doi: 10.1007/s11419-019-00473-2
3. Byard RW. Changing trends in suicides using helium or nitrogen – a 15-year study. *J Forensic Leg Med.* 2018; 58:6–8. doi: 10.1016/j.jflm.2018.04.007
4. Chang SS, Cheng Q, Lee ES, Yip PS. Suicide by gassing in Hong Kong 2005–2013: emerging trends and characteristics of suicide by helium inhalation. *J Affect Disord.* 2016; 192:162–166. doi: 10.1016/j.jad.2015.12.026
5. Lyubovitsky AV, Korotun VN, Chemurzieva NV. Changes in glucose content in victims of mechanical asphyxia. In: 3rd All-Russian Congress of Forensic physicians: collection of materials. Part 2. Saratov; 1992. P. 312–314. (In Russ).

6. Alexandrova LG, Nigmatullin NS. Changes in blood glucose concentration as a diagnostic test of lifetime hanging. In: XIV Plenum of the All-Russian Society of Forensic Physicians (June 17–18, 1999): collection of materials. Moscow; 1999. P. 48–49. (In Russ).
7. Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19). Temporary methodological recommendations. Version 13 (14.10.2021) (approved by the Ministry of Health of Russia). (In Russ). Available from: <https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/058/211/original/BMP-13.pdf>. Accessed: 15.11.2021.
8. Shogenova LV, Petrikov SS, Zhuravel SV, et al. Thermal helium-oxygen mixture as part of a treatment protocol for patients with COVID-19. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2020;75(5S):353–362. (In Russ). doi: 10.15690/vramn1412
9. Berganza CJ, Zhang JH. The role of helium gas in medicine. *Med Gas Res.* 2013; 3:18. doi: 10.1186/2045-9912-3-18

## ОБ АВТОРАХ

\* **Александрова Лилия Гафаровна**, к.м.н.;  
адрес: Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, д. 49;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6332-8757>;  
eLibrary SPIN: 4392-6853;  
e-mail: lilya-aleksandrova@yandex.ru

**Анисимов Андрей Андреевич**;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-7226>;  
eLibrary SPIN: 8870-5382; e-mail: aa\_anisimov@bk.ru

## AUTHORS INFO

\* **Liliya G. Aleksandrova**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
address: 49, Butlerov street, Kazan, 420012, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6332-8757>;  
eLibrary SPIN: 4392-6853;  
e-mail: lilya-aleksandrova@yandex.ru

**Andrei A. Anisimov**, MD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-7226>;  
eLibrary SPIN: 8870-5382; e-mail: aa\_anisimov@bk.ru

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm413>

# О классификации и терминологии трупных явлений

А.А. Тхакахов

Институт судебных экспертиз и криминалистики, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Общепринятая в научной судебной медицине классификация трупных явлений (постмортальных изменений) устарела, основана на неопределённых и некорректных принципах (время и последовательность развития) и на протяжении длительного исторического периода в специальной литературе излагается практически без изменений и дополнений, содержит противоречивые и неоднозначно трактуемые определения и термины, и поэтому нуждается в пересмотре и переработке.

Цель обзора — подвергнуть критическому анализу и раскрыть недостатки и несовершенство канонической классификации и терминологии трупных явлений, разработать современную научно обоснованную систематизацию посмертных изменений на основе чётких классификационных принципов, уточнить и конкретизировать наименования некоторых из них.

Изучены основные отечественные учебники для вузов и руководства для судебно-медицинских экспертов и врачей по судебной медицине с 1950 года по настоящее время. Для решения поставленной задачи использованы методы критического анализа, формальной логики.

Разработана новая судебно-медицинская классификация трупных изменений в зависимости от их происхождения (причины возникновения), классификационные группы дополнены неучитывавшимися ранее представителями и оптимизирована их терминология с латинскими наименованиями. Подчёркнуто, что между классификационными группами нет закономерности и строгой последовательности в сроках начала развития и макроскопических проявлений.

В представленной новой классификации посмертные изменения без противоречий и двойного толкования располагаются строго в соответствии с принципом систематизации. Предложенные усовершенствованные термины и определения некоторых трупных изменений (процессов) являются более конкретными и целесообразными.

**Ключевые слова:** трупные явления; классификация; терминология.

## Как цитировать

Тхакахов А.А. О классификации и терминологии трупных явлений // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 45–49. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm413>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm413>

# On the classification and terminology of cadaveric phenomena

Almir A. Tkhakakhov

Institute of Forensic Examinations and Criminalistics, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

The classification of cadaveric phenomena (post-mortal changes) generally accepted in scientific forensic medicine is outdated, is based on uncertain and incorrect principles (time and sequence of development), but throughout the long historical period in special literature is subject to practically unchanged and additions, contains contradictory and ambiguously interpreted definitions and terms, and therefore needs to be revision and revised.

The purpose of the review is to critically analyze and reveal the shortcomings and imperfections of the canonical classification and terminology of cadaveric phenomena, to develop a modern scientifically based classification of cadaveric phenomena, to clarify the terminology of some of them to reveal the shortcomings and imperfections of the canonical classification and terminology of cadaveric phenomena, to develop a modern scientifically based systematization of posthumous changes based on clear classification principles, to clarify and concretize the names of some of them.

The basic domestic textbooks for higher education institutions and manuals for forensic medical experts and doctors in forensic medicine from 1950 to the present have been studied. The methods of critical analysis and formal logic were used.

A new forensic medical classification of cadaveric changes depending on their origin (cause of occurrence) has been developed, classification groups are supplemented by previously unaccounted representatives and their terminology with latin names has been optimized. It is emphasized that between these groups there is no regularity and strict sequence in the timing of the onset of development and macroscopic manifestations.

In the presented new classification, posthumous changes without contradictions and double interpretation are arranged strictly in accordance with the principle of systematization. The proposed improved terms and definitions of some cadaveric changes (processes) are more concrete and expedient.

**Keywords:** cadaveric phenomena; classification; terminology.

## To cite this article

Tkhakakhov AA. On the classification and terminology of cadaveric phenomena. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):45–49.

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm413>

Received: 05.07.2021

Accepted: 01.02.2022

Published: 21.02.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

В течение длительного исторического периода трупные явления в судебно-медицинской науке в зависимости от времени развития классифицируются всеми авторами на две группы — ранние и поздние. К первым изменениям, проявляющимся в первые часы после биологической смерти, принято относить трупное охлаждение, трупные пятна, трупное окоченение, высыхание трупа, а также аутолиз (посмертное самопереваривание, разложение, расплавление отдельных мёртвых тканей под действием собственных лизосомальных ферментов). Группа поздних трупных явлений (трансформативные) традиционно включает в себя гниение, мумификацию (общее трупное высыхание), жировоск (омыление), торфяное дубление, иногда замерзание (оледенение) и обгорание трупа. При этом некоторые авторы [1, 2] неоправданно относят к посмертным явлениям скелетирование трупа, которое не является самостоятельным процессом и которое следует считать исходом разрушающих постмортальных изменений.

Однако данную укоренившуюся классификацию никак нельзя считать корректной и объективной, т.к. не всегда и не все трупные явления, развитие которых зависит от влияния огромного количества внешних и внутренних факторов, соответствуют принципу данной систематизации (по срокам возникновения и проявления): они не возникают строго в определённое время, не следуют неукоснительно хронологической последовательности, а могут начаться в любые сроки после смерти [3] и одновременно сочетаться друг с другом, т.е. могут быть отнесены к обеим классификационным совокупностям. При этом в литературных источниках нет чёткой определённости: подразделяются ли в этой классификации трупные явления в зависимости от времени начала развития или от сроков макроскопических проявлений, что изначально допускает наличие противоречий и неоднозначного толкования.

Так, процессы гниения, привычно относимые всеми авторами к поздним трупным процессам, начинаются сразу же после смерти (в толстом кишечнике), т.е. ещё до начала развития так называемых ранних трупных явлений, особенно быстро при наличии прижизненных очагов гнойного воспаления, влажной и газовой гангрены [1–10]. При этом аутолиз и гниение являются последовательными стадиями единого процесса [5]. Как известно, очаговое высыхание трупа при определённых условиях (вентиляция сухого тёплого воздуха) быстро переходит в общее (мумификация), также составляя стадии единого процесса. Укоренившееся отнесение всеми исследователями к группе поздних трупных явлений «разрушение трупа животными, птицами, насекомыми, растениями» никак не может неизбежно считаться таковым, т.к. часто начинается сразу же после смерти, предшествуя ранним трупным изменениям. Точно также жировоск и торфяное дубление макроскопически проявляются через несколько месяцев после биологической смерти, но научные исследования о сроках начала

развития физико-химических процессов, лежащих в основе этих поздних трупных явлений, отсутствуют.

Следовательно, если строго следовать критериям общепризнанных классификационных групп, то гниение и мумификация (общее высыхание трупа) должны относиться к ранним трупным явлениям, а разрушение трупа представителями флоры и фауны требует выделения в отдельную (третью) группу: процессы, возникающие в любые сроки после смерти (непостоянные).

Таким образом, сроки начала развития и времени проявления трупных явлений — необъективный и некорректный принцип устоявшейся в судебно-медицинской науке классификации. Поэтому эта архаичная группировка постмортальных процессов требует научно обоснованного пересмотра и переработки.

В последнее время некоторые авторы справедливо указывают на наличие явных недостатков в классической классификации трупных изменений [6, 7]. Однако предлагаемая ими новая классификация содержит две группы трупных изменений, которые сформированы по несоответствующим друг другу принципам: в первую включены таковые у незахороненных трупов (при «стандартных» условиях внешней среды), во вторую — связанные с действием факторов внешней среды. Но и на незахороненные трупы воздействуют те же, пусть «стандартные», внешние факторы, поэтому некоторые трупные изменения здесь могут быть отнесены к обеим группам. При этом посмертное размягчение глазных яблок является лишь одним из проявлений уже приведённого в классификации процесса высыхания трупа, а мацерация эпидермиса — гниения; биологические факторы не вызывают гумификацию трупа. Таким образом, и новая классификация посмертных процессов не устранила недостатки обсуждаемой.

Вместе с этим требует уточнения и конкретизации терминология некоторых трупных явлений. Так, в некоторых случаях (при отдельных инфекциях, отравлениях окисью углерода, общем перегревании и т.д.) в ближайшее после смерти время не происходит охлаждения трупа: согласно литературным данным, здесь температура трупа независимо от состояния внешней среды может повышаться (хотя данный феномен не имеет судебно-медицинского значения, т.к. встречается редко, носит кратковременный характер, в практической танатологии не наблюдается, при этом в источниках отсутствуют сведения о методах измерения этого параметра). Кроме этого, труп, как любое физическое неодушевлённое тело, стремится принять температуру окружающей среды, и если она выше нормальной температуры живого человека, то происходит нагревание трупа [8–10]. Однако большое количество разработанных с XIX века таблиц, номограмм и формул по термометрии трупа рассматривают изменения его температуры только в сторону снижения (Virgann, Г.А. Ботезату, В.В. Билкун, П.И. Новиков, Е.Ф. Швед и др.). Нет также чёткой формулировки и разграничения понятий «высыхание трупа» и «мумификация» (или полное общее высыхание трупа).

**Таблица.** Классификация трупных изменений**Table.** Classification of cadaveric changes

Эндогенные	Экзогенные
Мышечное окоченение	Уравнивание теплового состояния трупа с температурой окружающей среды
Трупные пятна	Очаговое наружное высыхание
Аутолиз	Мумификация
Гниение	Разрушение трупа представителями флоры и фауны
	Жировоск (омыление)
	Торфяное дубление
	Замерзание трупа
	Обгорание трупа

**Цель исследования** — раскрыть недостатки и несовершенство канонической классификации и терминологии трупных явлений, разработать современную научно обоснованную систематизацию трупных изменений, уточнить и конкретизировать наименования некоторых из них.

Изучены общедоступные отечественные учебники и руководства по судебной медицине, неоднократно изданные массовыми тиражами с 1950 года по настоящее время. Исследование проведено путём сопоставления исходного материала с использованием методов критического анализа, формальной логики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Традиционное наименование понятия «охлаждение трупа» некорректно и должно быть заменено на более точное и целесообразное выражение «уравнивание теплового состояния трупа с температурой окружающей среды (охлаждение или нагревание)». Вместо классического выражения «трупное окоченение» В.Н. Крюковым справедливо предложено употреблять более информативное и конкретное определение «мышечное окоченение». При отсутствии условий для общего высыхания трупа (мумификации) общепринятое название трупного явления «высыхание трупа» также требует конкретизации: «очаговое наружное высыхание трупа (кожи, каймы губ, глазных яблок, слизистых оболочек полости рта и наружных половых органов)». И, в первую очередь, вместо неопределённого термина «явления» следует использовать однозначные — «изменения» или «процессы».

Известные на сегодняшний день трупные изменения наиболее целесообразно классифицировать по своему происхождению (т.е. по причине возникновения) на две группы (таблица) — развивающиеся вследствие внутренних процессов в трупе (эндогенные) и возникающие под воздействием факторов внешней среды (экзогенные). К первым следует относить мышечное окоченение (*rigor mortis*), трупные пятна (*livores mortis*), аутолиз (*autolysis*) и гниение (*putrefactio*). Группа экзогенных постмортальных процессов включает в себя уравнивание теплового состояния трупа с температурой окружающей среды (*algor mortis* — охлаждение или *calefactio mortis* — нагревание); очаговое наружное высыхание кожи, красной каймы губ, слизистых

оболочек полости рта, наружных половых органов и глазных яблок трупа (*siccatio mortis*); мумификацию или полное общее высыхание трупа (всей кожи, мягких тканей и внутренних органов); разрушение трупа представителями флоры и фауны; жировоск или омыление (*adipocera, saponificatio*), торфяное дубление; замерзание трупа (*congelatio*); обгорание трупа. При этом необходимо отметить, что эти группы и трупные изменения внутри них не имеют закономерностей и строгой последовательности в сроках начала развития и макроскопических проявлений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана новая классификация посмертных изменений, в которой каждое из них без противоречий и неоднозначной интерпретации располагается строго в соответствии с принципом систематизации. Предложенные усовершенствованные термины и определения некоторых трупных изменений (процессов) являются более конкретными и целесообразными.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства автора.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The author declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** Author made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самищенко С.С. Судебная медицина: учебник для вузов. Москва: Юрайт, 2014. 471 с.
2. Волков В.Н., Датий А.В. Судебная медицина: курс лекций. Москва: Юрист, 1997. 334 с.
3. Судебная медицина: Учебник / под ред. В.М. Смольянинова. Москва: Медицина, 1975. 343 с.
4. Авдеев М.И. Судебная медицина. Москва: Государственное издательство юридической литературы, 1950. 507 с.
5. Судебная медицина: Учебник / под ред. В.И. Прозоровского. Москва: Юридическая литература, 1968. 368 с.
6. Туманов Э.В., Кильдюшов Е.М., Соколова З.Ю. Судебно-медицинская танатология. Москва: ЮрИнфоЗдрав, 2011. 172 с.
7. Судебная медицина: Учебник / под ред. В.Н. Крюкова. Москва: Медицина, 1998. 464 с.
8. Судебная медицина: учебник / под ред. И.В. Буромского. Москва: Норма: ИНФРА-М, 2021. 688 с.
9. Попов В.Л., Бабаханян Р.В., Заславский Г.И. Курс лекций по судебной медицине: для студентов медицинских вузов. Санкт-Петербург: ДЕАН, 1999. 400 с.
10. Пиголкин Ю.И., Дубровин И.А. Судебная медицина: Учебник. Москва: Медицинское информационное агентство, 2015. 318 с.

## REFERENCES

1. Samishchenko SS. Forensic medicine: textbook for universities. Moscow: Yurait; 2014. 471 p. (In Russ).
2. Volkov VN, Daty AV. Forensic medicine: the course of lectures. Moscow: Yurist; 1997. 334 p. (In Russ).
3. Forensic medicine: Textbook. Ed. by V.M. Smolyaninov. Moscow: Meditsina; 1975. 343 p. (In Russ).
4. Avdeev MI. Forensic medicine. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo yuridicheskoi literatury; 1950. 507 p. (In Russ).
5. Forensic medicine: Textbook. Ed. by V.I. Prozorovsky. Moscow: Yuridicheskaya literatura; 1968. 368 p. (In Russ).
6. Tumanov JV, Kil'djushov EM, Sokolova ZJ. Forensic thanatology. Moscow: YurInfoZdrav; 2011. 172 p. (In Russ).
7. Forensic medicine: Textbook. Ed. by V.N. Kryukov. Moscow: Meditsina; 1998. 464 p. (In Russ).
8. Forensic medicine: textbook. Ed. by I.V. Buromsky. Moscow: Norma: INFRA-M; 2021. 688 p. (In Russ).
9. Popov VL, Babakhanyan RV, Zaslavsky GI. The course of lectures on forensic medicine: For students of medical universities. Saint Petersburg: DEAN; 1999. 400 p. (In Russ).
10. Pigolkin Yul, Dubrovin IA. Forensic medicine: Textbook. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2015. 318 p. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**Тхакахов Альмир Ахметович**, к.м.н.;  
 адрес: Россия, 360051, Нальчик, ул. Пушкина, д. 56;  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9857-0279>;  
 eLibrary SPIN: 1081-8159; e-mail: thakahov@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**Almir A. Tkhakakhov**, MD, Cand. Sci. (Med.);  
 address: 56 Pushkin street, Nalchik, 360051, Russia;  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9857-0279>;  
 eLibrary SPIN: 1081-8159; e-mail: thakahov@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm397>

## Пути стандартизации терминологии, используемой в судебной медицине

И.В. Буромский, Е.С. Сидоренко, Ю.В. Ермакова

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

Некорректное использование терминологии приводит к серьёзным, подчас принципиальным ошибкам как в научной сфере, так и в судебно-медицинской практике. Суть проблемы заключается в пренебрежении основополагающими требованиями, предъявляемыми к используемым терминам и понятиям.

Авторами предложен комплексный подход к стандартизации терминологии, применяемой в судебной медицине. Особое внимание уделяется актуальной проблеме синонимии и полисемии при использовании специальной терминологии в судебно-медицинской науке и практике.

Дается подробная трактовка базовых принципов выбора термина, поименованных в ГОСТ Р ИСО 704-2010 «Терминологическая работа. Принципы и методы». Раскрыты принципы прозрачности, последовательности, адекватности, лингвистической экономии, выводимости и сочленённости, лингвистической корректности, предпочтения родного языка. Приведён чёткий алгоритм выбора принципов во избежание разных подходов к определению терминов и понятий с целью максимально корректной, точной и однозначно понимаемой информации, особенно при формальном наличии нескольких обозначений.

Авторы обосновывают использование врачом-судебно-медицинским экспертом в своей практической и научной работе только унифицированной терминологии, основанной на принципе устойчивой однозначности терминов. В статье сделан акцент на важность корректного использования терминов, которые имеют существенное значение при применении их в профессиональной деятельности врача-судебно-медицинского эксперта.

**Ключевые слова:** судебно-медицинская терминология; термин; стандартизация; принципы; синонимия; полисемия.

### Как цитировать

Буромский И.В., Сидоренко Е.С., Ермакова Ю.В. Пути стандартизации терминологии, используемой в судебной медицине // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm397>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm397>

# Ways to standardize the terminology used in forensic medicine

Ivan V. Buromskiy, Elena S. Sidorenko, Yulia V. Ermakova

The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

Incorrect use of terminology leads to serious, sometimes fundamental errors both in the scientific field and in forensic medical practice. The essence of the problem lies in the neglect of the fundamental requirements imposed on the terms and concepts used.

The authors propose a comprehensive approach to the standardization of terminology used in forensic medicine. Special attention is paid to the actual problem of synonymy and polysemy when using special terminology in forensic science and practice.

A detailed interpretation of the basic principles of the choice of the term, named in GOST R ISO 704–2010 “Terminological work. Principles and methods”. The principles of transparency, consistency, adequacy, linguistic economy, derivability and articulation, linguistic correctness, native language preferences are revealed. A clear algorithm for choosing principles is given in order to avoid different approaches to the definition of terms and concepts in order to provide the most correct, accurate and unambiguously understood information, especially with the formal presence of several designations.

The authors substantiate the use by a forensic medical expert in his practical and scientific work of only unified terminology based on the principle of stable unambiguity of terms. The article focuses on the importance of the correct use of terms that are essential when applying them in the professional activity of a forensic medical expert.

**Keywords:** forensic terminology; term; standardization; principles; synonymy; polysemy.

## To cite this article

Buromskiy IV, Sidorenko ES, Ermakova UV. Ways to standardize the terminology used in forensic medicine. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):51–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm397>

Received: 14.05.2021

Accepted: 01.02.2022

Published: 21.02.2022

## ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ

Максимально точное и корректное использование терминологии, исключающее разночтение (двусмысленное толкование терминов) при оформлении заключения судебно-медицинской экспертизы (эксперта), документировании результатов научных исследований, написании научных статей, по мере внедрения доказательной медицины и в эту сферу медицинской деятельности приобретает всё большее значение [1–3].

Учитывая данное обстоятельство, нами предпринята попытка формулирования общих принципов и подходов, которая может быть положена в основу стандартизации и унификации, в том числе специальной терминологии, используемой в судебно-медицинской науке и экспертной практике.

В процессе систематизации и отбора уже существующих (используемых), равно как и при выборе новых, предлагаемых к использованию терминов, насколько это возможно следует руководствоваться базовыми принципами, поименованными в ГОСТ Р ИСО 704-2010 «Терминологическая работа. Принципы и методы» [4].

- **Принцип прозрачности.**  
Чтобы термин был прозрачным, при его формировании рекомендуется использовать ключевую, отражающую его внутреннюю сущность характеристику, быстрое изменение которой в процессе технологической эволюции маловероятно. С этих позиций термин «кровоизлияние» является прозрачным, а термин «пятно» — мутным (непрозрачным).
- **Принцип последовательности.**  
Совокупность терминов любой предметной области, соответственно и судебной медицины, не может быть просто хаотичным набором понятий. Уже существующие термины и неологизмы должны представлять собой некую единую непротиворечивую терминологическую систему понятий. Так, с учётом этого принципа и с целью совместимости уже используемые для обозначения воспалительных заболеваний названия, предлагаемые для новых заболеваний, должны заканчиваться на «ит» (арахноидит, бронхит, гастрит, цистит и т.д.).
- **Принцип адекватности.**  
Термины должны быть нейтральными. Они не должны путать и сбивать с толку, вводить в заблуждение. Следует избегать слов и словосочетаний с побочными второстепенными значениями, прежде всего отрицательными. Например, «края» (излома) — однозначно трактуемый и понимаемый устоявшийся, прижившийся термин. Предлагаемый и нередко используемый как синоним термин «берега», имеющий также и второстепенное значение, не вполне однозначно понимается читающим.
- **Принцип лингвистической экономии.**  
По возможности термин должен быть лаконичен. Поскольку этот принцип подчас вступает в противоречие

с требованием прозрачности (чем больше характеристик включено в термин, тем он точнее), сокращённую форму предлагается использовать в тех случаях, когда употребление длинного и точного термина затруднительно (прежде всего в разговорной речи), полную же и максимально точную — в научных публикациях. Обе формы вполне могут сосуществовать. Общеизвестно, когда термин в тексте появляется первый раз, используют полную форму с указанием сокращённой, а далее по тексту применяют только сокращённую форму. Например, фрактография вместо фрактографический анализ.

- **Принцип выводимости и сочленённости.**  
Желательно делать выбор в пользу продуктивного формирования терминов, которое позволяет получать производные и сложные слова. Так, термин «повреждение» имеет много производных терминов (рана, ожог и т.п.), и он предпочтительнее термина «химическая травма».
- **Принцип лингвистической корректности.**  
Новые термины должны соответствовать морфологическим, морфосинтаксическим и фонологическим нормам рассматриваемого языка.
- **Принцип предпочтения родного языка.**  
Общеизвестной формой создания нового термина является заимствование из других языков, но при этом правильнее отдавать предпочтение всё же языку родному: например, вместо «дистрибутивный» использовать «распределительный», вместо «гетерогенный» — «неоднородный», вместо «контент» — «содержание», и т.д.

### Синонимия

Ещё одна из трудно решаемых проблем упорядочения судебно-медицинской терминологии — синонимия [5].

Термин — это (лат. *Terminus* — предел, граница) слово или словосочетание, точно обозначающее какое-либо понятие, применяемое в науке, технике, искусстве и т.д. В отличие от слов общеупотребляемых, которые часто бывают многозначными, термины всегда однозначны.

Синонимия — один из типов семантических отношений в языке, который подразумевает полное или частичное совпадение значений языковых выражений, что противоречит понятию «термин».

Распространение синонимии в судебной медицине создаёт определённые трудности в сфере профессиональных взаимоотношений.

Одним из признаков синонимии является взаимозаменяемость понятий — возможность их произвольного использования в одном и том же значении.

В зависимости от тождества или различия мотивирующих признаков выделяют эквивалентные и интерпретационные синонимические понятия. К первому типу относят синонимы, в звуковых комплексах которых отображён

один и тот же мотивирующий признак, зафиксированный разными корневыми или словообразовательными элементами с одними и теми же или близкими значениями. В звуковых комплексах синонимов второго типа отображены разные мотивирующие признаки.

Как указывалось выше, исходя из определения понятия «термин», терминов-синонимов существовать не должно. Несмотря на это в научной литературе по судебной медицине и в судебно-медицинской практике достаточно часто при описании какого-либо объекта или процесса чтобы избежать повторного употребления термина последовательно прибегают к использованию близких, но не идентичных ему по смыслу синонимов.

Терминологические словари так определяют понятия «травма», «ранение», «рана»:

- травма — нарушение целостности и (или) функций тканей (органа) в результате внешнего воздействия;
- ранение — механическое воздействие на ткани и органы, влекущее нарушение их целостности с образованием раны;
- рана — нарушение целостности кожи или слизистых оболочек на всю их толщину, вызванное механическим воздействием.

Приведённый пример показывает, что существование двух и более якобы синонимов для одного понятия опасно, поскольку в один из этих терминов вкладывают понятие более узкое, чем в другой, или более широкое, или абсолютно иное.

## Полисемия

При производстве судебно-медицинских экспертиз (чаще всего по так называемым врачебным делам) эксперт нередко сталкивается со специальными клиническими терминами. Их правильное однозначное понимание имеет существенное значение при формулировании выводов. Одной из причин, обуславливающих некорректную интерпретацию того или иного термина, является полисемия [6].

Полисемия — многозначность, поливариантность, т.е. наличие у слова (единицы языка, термина) двух и более значений, исторически обусловленных или взаимосвязанных по смыслу и происхождению.

По мере эволюции научных знаний то или иное понятие разделяется на два или более самостоятельных, и для их выражения в пределах одной и той же микро-терминотерминосистемы (или достаточно близких микросистем) продолжают использовать один и тот же термин (внутридисциплинарная полисемия). Другая причина многозначности — наличие разных микро-терминотерминосистем, в которых одни и те же звуковые комплексы используют для выражения разных понятий (междисциплинарная полисемия).

В медицине чаще прочих встречается лексическая полисемия, означающая способность одного слова служить

для обозначения разных предметов и явлений, ассоциативно связанных между собой и образующих сложное семантическое единство. Так, например, термин «цистэктомия» используют для обозначения как резекции стенки мочевого пузыря, так и удаления мочевого пузыря; термин «гипотрофия» — для обозначения как совокупности дегенеративных процессов в тканях, так и задержки развития, или снижения массы тела.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Некорректное использование терминологии приводит к серьёзным, подчас принципиальным ошибкам как в научной сфере, так и в судебно-медицинской практике.

Суть проблемы заключается в пренебрежении основополагающими требованиями, предъявляемыми к используемым терминам и понятиям, прежде всего таким, как прозрачность, адекватность (нейтральность, однозначность толкования), лингвистическая экономия и корректность, выводимость и сочленённость, независимость от контекста.

Во избежание разных подходов к определению терминов и понятий с целью максимально корректной, точной и однозначно понимаемой передачи информации, особенно при формальном наличии нескольких обозначений, следует выбирать то из них, которое будет удовлетворять наибольшему количеству принципов, приведённых в статье.

Судебно-медицинский эксперт, формулируя выводы, публикуя результаты научных исследований или докладывая их на научных форумах, должен строго придерживаться и использовать только унифицированную терминологию, основанную на принципе устойчивой однозначности терминов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Е.С. Сидоренко — сбор данных, написание рукописи; Ю.В. Ермакова — сбор данных, написание черновика рукописи; И.В. Буромский — написание, научная редакция рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** E.S. Sidorenko — data collection, drafting of the manuscript; U.V. Ermakova — data collection, writing a draft of a manuscript; I.V. Buromskiy — drafting and critical revision of the manuscript. Authors made a substantial contribution to the

conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буромский И.В., Кильдюшов Е.М. Предложения по стандартизации терминологии, используемой при оценке качества оказания медицинской помощи // Судебно-медицинская экспертиза. 2007. Т. 50, № 3. С. 17–20.
2. Ковалев А.В., Владимиров В.Ю., Макаров И.Ю. Методологический анализ основных понятий и терминов, используемых в судебно-медицинской баллистике, и наиболее часто встречающиеся при их применении ошибки // Судебно-медицинская экспертиза. 2019. Т. 62, № 6. С. 4–9. doi: 10.17116/sudmed2019620614
3. Шадымов А.Б., Шепелев О.А. Определение понятий в механической травме // Судебно-медицинская экспертиза. 2019. Т. 62, № 6. С. 10–13. doi: 10.17116/sudmed20196206110
4. Ермакова Ю.В., Сидоренко Е.С., Буромский И.В. Общие принципы стандартизации терминологии в судебной медицине // Материалы международного конгресса «Актуальные во-

- просы судебной медицины и экспертной практики-2020» / под ред. проф. В.А. Клевно. Москва: Ассоциация СМЭ, 2020. С. 54–55. doi: 10.19048/2411-8729-2020
5. Сидоренко Е.С., Ермакова Ю.В., Буромский И.В. Проблематика синонимии в судебно-медицинской терминологии // Материалы международного конгресса «Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики-2020» / под ред. проф. В.А. Клевно. Москва: Ассоциация СМЭ, 2020. С. 101–102. doi: 10.19048/2411-8729-2020
  6. Буромский И.В., Ермакова Ю.В., Сидоренко Е.С. Проблематика полисемии при оперировании терминами в судебно-медицинской практике // Материалы международного конгресса «Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики-2020» / под ред. проф. В.А. Клевно. Москва: Ассоциация СМЭ, 2020. С. 41. doi: 10.19048/2411-8729-2020

## REFERENCES

1. Buromsky I, Kildyushov E. Proposals on standardization of terms used in assessing quality of medical service. *Forensic Medical Expertise*. 2007;50(3):17–20. (In Russ).
2. Kovalev A, Vladimirov V, Makarov I. Methodological analysis of basic concepts and terms used in forensic medical ballistics and most frequently common mistakes. *Forensic Medical Expertise*. 2019;62(6):4–9. (In Russ). doi: 10.17116/sudmed2019620614
3. Shadymov A, Shepelev O. Mechanical injury: definition of concepts. *Forensic Medical Expertise*. 2019;62(6):10–13. (In Russ). doi: 10.17116/sudmed20196206110
4. Ermakova U, Sidorenko E, Buromski I. General principles of terminology standardization in forensic medicine. In: Materials of the

- International Congress “Topical issues of forensic medicine and expert practict-2020”. Ed. by V.A. Klevno. Moscow: Assotsiatsiya SME; 2020. P. 54–55. (In Russ). doi: 10.19048/2411-8729-2020
5. Sidorenko E, Ermakova U, Buromski I. Problems of synonymy in forensic terminology. In: Materials of the International Congress “Topical issues of forensic medicine and expert practict-2020”. Ed. by V.A. Klevno. Moscow: Assotsiatsiya SME; 2020. P. 101–102. (In Russ). doi: 10.19048/2411-8729-2020
  6. Buromski I, Ermakova U, Sidorenko E. Problems of polysemy in the use of terms in forensic medical practice. In: Materials of the International Congress “Topical issues of forensic medicine and expert practict-2020”. Ed. by V.A. Klevno. Moscow: Assotsiatsiya SME; 2020. P. 41. (In Russ). doi: 10.19048/2411-8729-2020

## ОБ АВТОРАХ

\* **Буромский Иван Владимирович**, д.м.н., профессор; адрес: Россия, 119435, Москва, Хользунова пер., д. 7; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-7852>; eLibrary SPIN: 9613-4515; e-mail: buromski@mail.ru

**Сидоренко Елена Сергеевна**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7908-1725>; eLibrary SPIN: 7552-9980; e-mail: sidsud@rambler.ru

**Ермакова Юлия Викторовна**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-6789>; eLibrary SPIN: 5503-2043; e-mail: doctor\_ejv@rambler.ru

## AUTHORS' INFO

\* **Ivan V. Buromskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; address: 7 Kholzunova street, Moscow, 119435, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-7852>; eLibrary SPIN: 9613-4515; e-mail: buromski@mail.ru

**Elena S. Sidorenko**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7908-1725>; eLibrary SPIN: 7552-9980; e-mail: sidsud@rambler.ru

**Yulia V. Ermakova**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-6789>; eLibrary SPIN: 5503-2043; e-mail: doctor\_ejv@rambler.ru

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm687>

## Рецензия на коллективную монографию Семиной Т.В., Клевно В.А., Гусева А.Ю., Веселкиной О.В. «Уголовная ответственность врача в современной России» под общей редакцией Т.В. Семиной

Л.А. Букалерева<sup>1</sup>, А.В. Остроушко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

Авторами дана рецензия на коллективную монографию Т.В. Семиной, В.А. Клевно, А.Ю. Гусевой и О.В. Веселкиной «Уголовная ответственность врача в современной России» под общей редакцией Т.В. Семиной.

Монография на новую, актуальную, малоисследованную тематику имеет важное теоретическое, познавательное и практическое значение, вносит значительный вклад в дело минимизации случаев уголовного преследования врачей, поскольку окончательная ответственность за ухудшение здоровья пациентов в случае некачественного лечения лежит на лечащем враче.

В Указе Президента Российской Федерации «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» предусмотрено, что реализуемая в Российской Федерации государственная социально-экономическая политика направлена, в частности, на обеспечение достойной жизни и свободного развития человека, создание условий для укрепления здоровья граждан, увеличение продолжительности жизни, снижение смертности.

Отрасль здравоохранения затрагивает самое ценное, что есть у человечества — жизнь и здоровье: всё это придаёт особую остроту проблеме уголовной ответственности врача, её важности и актуальности. В России за последние пять лет число уголовных дел против врачей выросло в 5 раз; врачебное сообщество опасается не только уголовного преследования, но и криминализации профессии. Правозащитники пациентов также считают, что уголовное наказание лишает профессию возможности признавать ошибки врачей, анализировать и исправлять их. Вместо этого врачи запуганы возможностью уголовного наказания, и у них формируется лишь криминальное мышление.

В ряде случаев жизнь и здоровье граждан становятся объектом преступных посягательств со стороны медицинских работников, что делает ятрогенную преступность одной из насущных проблем современной России, которая в настоящее время надлежащим образом не изучена, не осмыслена и не проанализирована с научных позиций. В этой связи коллективную монографию «Уголовная ответственность врача в современной России» следует признать своевременной и весьма актуальной.

Издание послужит хорошим пособием для подготовки высококвалифицированных кадров юридических и медицинских специальностей и может быть рекомендовано практикующим врачам, администрации медицинских организаций, судебно-медицинским экспертам, научным сотрудникам, аспирантам и студентам медицинских специальностей, а также широкому кругу читателей.

**Ключевые слова:** медицина; уголовная ответственность; судебно-медицинская экспертиза; судопроизводство; реабилитация.

### Как цитировать

Букалерева Л.А., Остроушко А.В. Рецензия на коллективную монографию Семиной Т.В., Клевно В.А., Гусева А.Ю., Веселкиной О.В. «Уголовная ответственность врача в современной России» под общей редакцией Т.В. Семиной // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 57–62. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm687>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm687>

## Review of the collective monograph by T.V. Semina, V.A. Klevno, A.Yu. Gusev, O.V. Veselkina “Criminal liability of a doctor in modern Russia” edited by T.V. Semina

Liudmila A. Bukalerova<sup>1</sup>, Alexander V. Ostroushko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

The authors reviewed the monograph by T.V. Semina, V.A. Klevno, A.Yu. Gusev, O.V. Veselkina “Criminal liability of a doctor in modern Russia” under the general edition of T.V. Semina.

This monograph has an important theoretical, educational and practical value, will make a significant contribution to minimizing cases of criminal prosecution of doctors, and will also serve as a good tool for training highly qualified personnel in legal and medical specialties.

The publication can be recommended to practicing doctors, administrations of medical institutions, forensic medical experts, researchers, graduate students and students of medical specialties, as well as to a wide range of readers.

The authors gave a review of the collective monograph by T.V. Semina, V.A. Klevno, A.Yu. Guseva and O.V. Veselkina «Criminal liability of a doctor in modern Russia» under the general editorship of T.V. Semina.

A monograph on a new, relevant, little-studied topic is of great theoretical, cognitive and practical importance, makes a significant contribution to minimizing cases of criminal prosecution of doctors, since the ultimate responsibility for the deterioration of patients' health in case of poor-quality treatment lies with the attending physician.

The Decree of the President of the Russian Federation «On the National Security Strategy of the Russian Federation» provides that the state socio-economic policy being implemented in the Russian Federation is aimed, in particular, at ensuring a decent life and free development of a person, creating conditions for improving the health of citizens, increasing life expectancy, reduction in mortality.

The healthcare industry affects the most valuable thing that humanity has - life and health: all this makes the problem of criminal liability of a doctor, its importance and relevance, particularly acute. In Russia, over the past five years, the number of criminal cases against doctors has increased 5 times; The medical community fears not only criminal prosecution, but also the criminalization of the profession. Patients' rights activists also believe that criminal punishment deprives the profession of the opportunity to recognize doctors' mistakes, analyze and correct them. Instead, doctors are intimidated by the possibility of criminal punishment, and they develop only a criminal mindset.

In a number of cases, the life and health of citizens become the object of criminal encroachment on the part of medical workers, which makes iatrogenic crime one of the pressing problems of modern Russia, which is currently not properly studied, understood and analyzed from a scientific standpoint. In this regard, the collective monograph «Criminal liability of a doctor in modern Russia» should be recognized as timely and very relevant.

The publication will serve as a good guide for the training of highly qualified personnel in legal and medical specialties and can be recommended to practitioners, administrations of medical organizations, forensic experts, researchers, graduate students and students of medical specialties, as well as a wide range of readers.

**Keywords:** medicine; criminal law; forensic medicine; legal liabilities; rehabilitation.

### To cite this article

Bukalerova LA, Ostroushko AV. Review of the collective monograph by T.V. Semina, V.A. Klevno, A.Yu. Gusev, O.V. Veselkina “Criminal liability of a doctor in modern Russia” edited by T.V. Semina. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):57–62. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm687>

Received: 02.02.2022

Accepted: 10.02.2022

Published: 21.02.2022

Издательством «Проспект» выпущена в свет коллективная монография «Уголовная ответственность врача в современной России» под общей редакцией доктора социологических наук, заведующего кафедрой медицинского права, социологии и философии Института подготовки кадров высшей квалификации и профессионального образования ФГБУ «НМИЦ ССХ имени А.Н. Бакулева» Минздрава РФ, начальника юридического отдела ФГБУ «НМИЦ ССХ имени А.Н. Бакулева» Минздрава РФ, председателя комиссии врачебной практики Объединения «Право в здравоохранении», члена редколлегии журнала «Публичное право сегодня», специалиста в области социологии медицины и медицинского права Т.В. Семиной (рисунок) [1]. Актуальность данной работы определяется тем, что в настоящее время деятельность врачей крайне сложна, зачастую рискованна и высокотехнологична.

В статье 41 Конституции Российской Федерации<sup>1</sup> указано, что каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь.

В п. 29 Указа Президента Российской Федерации от 02.07.2021 N 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»<sup>2</sup> предусмотрено, что реализуемая в Российской Федерации государственная социально-экономическая политика направлена, в частности, на обеспечение достойной жизни и свободного развития человека, создание условий для укрепления здоровья граждан, увеличение продолжительности жизни, снижение смертности.

Впервые принятый в 2011 году Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»<sup>3</sup> определяет правовые, организационные и экономические основы охраны здоровья граждан; права и обязанности человека и гражданина, отдельных групп населения в сфере охраны здоровья, гарантии реализации этих прав; полномочия и ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в сфере охраны здоровья; права и обязанности медицинских организаций, иных организаций, индивидуальных предпринимателей при осуществлении деятельности в сфере охраны здоровья; права и обязанности медицинских и фармацевтических работников.

Важной представляется статья 11 указанного закона «Недопустимость отказа в оказании медицинской помощи», в которой прямо указано, что отказ в оказании медицинской помощи в соответствии с программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи и взимание платы за её оказание



Рис. Обложка монографии «Уголовная ответственность врача в современной России».

Fig. Monograph cover "Criminal liability of a doctor in modern Russia".

медицинской организацией, участвующей в реализации этой программы, и медицинскими работниками такой медицинской организации не допускаются (ч. 1), что медицинская помощь в экстренной форме оказывается медицинской организацией и медицинским работником гражданину безотлагательно и бесплатно. Отказ в её оказании не допускается (ч. 2), а за нарушение этих требований медицинские организации и медицинские работники несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Окончательная ответственность за ухудшение здоровья пациентов в случае некачественного лечения лежит на лечащем враче, который, согласно ч. 2 статьи 70 Закона, организует своевременное квалифицированное обследование и лечение пациента, предоставляет информацию о состоянии его здоровья, по требованию пациента или его законного представителя приглашает для консультаций врачей-специалистов, при необходимости созывает консилиум врачей.

Как раз именно лечащий врач устанавливает диагноз, основанный на всестороннем обследовании пациента, и составляет с использованием медицинских терминов медицинское заключение о заболевании (состоянии) пациента, в том числе явившемся причиной смерти пациента (ч. 5).

Государство, возлагая на врача такие обязанности, этим же законом устанавливает его существенную ответственность. Так, в статье 98 главы 13 (Ответственность

<sup>1</sup> Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). Статья 41. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_28399/8c815f376c72a61b3df7905bb5aae9f144d2cb0d/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/8c815f376c72a61b3df7905bb5aae9f144d2cb0d/). Дата обращения 15.10.2021.

<sup>2</sup> Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/). Дата обращения 15.10.2021.

<sup>3</sup> Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/). Дата обращения 15.10.2021.

в сфере охраны здоровья) ФЗ от 21.11.2011 N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» говорится, что органы государственной власти и органы местного самоуправления, должностные лица организаций несут ответственность за обеспечение реализации гарантий и соблюдение прав и свобод в сфере охраны здоровья, установленных законодательством Российской Федерации (ч. 1). Медицинские организации, медицинские работники и фармацевтические работники несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации за нарушение прав в сфере охраны здоровья, причинение вреда жизни и (или) здоровью при оказании гражданам медицинской помощи (ч. 2). Вред, причинённый жизни и (или) здоровью граждан при оказании им медицинской помощи, возмещается медицинскими организациями в объёме и порядке, установленных законодательством Российской Федерации (ч. 3). Возмещение вреда, причинённого жизни и (или) здоровью граждан, не освобождает медицинских и фармацевтических работников от привлечения их к ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации (ч. 4).

Следует согласиться с авторами монографии, что отрасль здравоохранения затрагивает самое ценное, что есть у человечества — жизнь и здоровье: всё это придаёт особую остроту проблеме уголовной ответственности врача, её важности и актуальности. В России за последние пять лет число уголовных дел против врачей выросло в пять раз; врачебное сообщество опасается не только уголовного преследования, но и криминализации профессии. Правозащитники пациентов также считают, что уголовное наказание лишает профессию возможности признавать ошибки врачей, анализировать и исправлять их. Вместо этого врачи запуганы возможностью уголовного наказания, и у них формируется лишь криминальное мышление.

По данным Следственного комитета Российской Федерации, начиная с 2016 года показатель числа соответствующих обращений пациентов и их родственников за счёт ежегодного прироста уже к началу 2019 года увеличился с 4947 до 6623, количество сообщений о криминальных ятрогениях по итогам 2018 года возросло более чем на 35%.

В ряде случаев жизнь и здоровье граждан становятся объектом преступных посягательств со стороны медицинских работников, что делает ятрогенную преступность одной из насущных проблем современной России, которая в настоящее время надлежащим образом не изучена, с научных позиций не проанализирована и не осмыслена, и в этой связи коллективную монографию «Уголовная ответственность врача в современной России» следует признать своевременной и весьма актуальной.

Выход монографии является значимым событием в обучении праву врачей и помощи работникам правоохранительных органов. Авторами выступили ведущие учёные и прекрасные специалисты в области

конституционного права и квалифицированной юридической помощи — Т.В. Семина, В.А. Клевно, А.Ю. Гусев, О.В. Веселкина, что позволило объединить предпосылки, подходы, методы, обосновывающие способы получения научного знания, и раскрыть сложности практической судебно-следственной оценки по уголовным делам в сфере здравоохранения.

Авторы, рассмотрев все существующие в теории и практике проблемы врачей и пациентов, сформировали целостный монографический труд. Новизна и оригинальность монографии заключается в том, что её содержание базируется на материалах уголовно-правовых, криминалистических исследований с учётом современных тенденций формирования уголовной политики и задач охраны здоровья населения нашей страны.

Похвально, что авторы, рассматривая те или иные проблемы чисто законодательного плана, не уstraняются от теоретической обработки вопросов. Более того, в монографии не только проанализированы изученные ранее другими авторами классические аспекты проблем, но и предложены вниманию самые последние научные достижения уголовно-правовой, криминалистической мысли. Так, авторами проанализированы проблемы применения уголовной ответственности в медицине, судебно-медицинской экспертизы, медицинской помощи, судопроизводства по уголовным делам в медицине, реабилитации в уголовном судопроизводстве и др.

В структурном отношении монография включает в себя предисловие, 7 глав и 31 параграф. В параграфах раскрываются такие вопросы, как понятие и сущность уголовной ответственности врача в современной России; правовой нигилизм в сфере здравоохранения; терминологический анализ к понятиям «врачебная ошибка» и «ятрогения»; коррупция (правовая проблема в сфере здравоохранения); уголовно-правовая квалификация преступлений в медицинской деятельности; доказательственное значение в сфере медицины; процессуальные аспекты и основания прекращения уголовного дела в отношении врача; правоприменительная практика отказа в возбуждении уголовного дела в медицине; статус следователя (расследование уголовных дел медицинских работников); судебно-медицинская экспертиза (термины и основные понятия); правовая оценка дефекта оказания медицинской помощи; нормативно-правовое регулирование и методическое обеспечение судебно-медицинской экспертизы; эпидемиология судебно-медицинских экспертиз дефектов оказания медицинской помощи; установление вреда, причинённого здоровью человека дефектами оказания медицинской помощи; правоприменительная практика установления вреда, причинённого здоровью человека дефектами оказания медицинской помощи; экспертные ошибки при установлении вреда, причинённого здоровью человека; эволюция знания о причинно-следственной связи в судебной медицине; сложность и неоднозначность причинно-следственных связей в судебной

медицине; правоприменительная практика установления причинно-следственной связи дефектов оказания медицинской помощи; экспертные ошибки в установлении причинно-следственной связи при проведении судебно-медицинских экспертиз дефектов оказания медицинской помощи; общие вопросы судопроизводства по уголовным делам; сложности судебно-следственной оценки по уголовным делам в сфере здравоохранения; судебное разбирательство по уголовным делам в суде первой инстанции; судебное следствие по медицинским делам; принцип состязательности и равноправия в судебном процессе; особый порядок судебного разбирательства (судебная практика по медицинским делам); особый порядок судебного разбирательства при заключении досудебного соглашения о сотрудничестве; особенности реализации состязательности в апелляционном производстве по уголовным делам в медицине; сущность и понятие реабилитации в уголовном судопроизводстве (восстановление прав и свобод); правоприменительная практика реабилитации медицинских работников в уголовном судопроизводстве; гражданский иск в уголовном судопроизводстве в сфере здравоохранения.

Глава 3 монографии посвящена вопросам судебно-медицинской экспертизы медицинской помощи. Авторы дают свою оценку казусам в вопросах терминологии судебно-медицинской экспертизы или экспертизы качества оказания медицинской помощи. Заслуживает внимания вывод, что задачи следствия и суда в случаях расследования медицинского происшествия или рассмотрения дела в рамках гражданского судопроизводства решает только судебно-медицинская экспертиза, которая может разрешать в том числе и вопросы качества оказания медицинской помощи при формировании соответствующего состава экспертной комиссии. В то же время указывается, что данное мнение поддерживается не всем экспертным сообществом. Глава удачно проиллюстрирована примерами из экспертной практики по проблеме правовой оценки дефекта оказания медицинской помощи.

Бесспорный интерес представляет научная дискуссия по одному из ключевых вопросов при проведении судебно-медицинской экспертизы, а именно по определению вреда, причинённого здоровью человека и установлению причинно-следственных связей.

Хочется обратить внимание на главу 7 монографии, в которой затронуты вопросы понятия и сущности реабилитации в уголовном судопроизводстве, возмещения причинённого гражданину в результате уголовного преследования вреда, а также раскрыта проблема восстановления прав и свобод. Данный материал может быть использован в качестве практического руководства для медицинских работников, осознающих несправедливость обвинения и свою невиновность, с целью оправдать своё честное имя и восстановить нарушенные права.

Удачным решением авторов следует назвать использование больших блоков информации из судебной

и экспертной практики для иллюстрации теоретических и практических положений, а также убедительные доказательства выдвинутых ими гипотез.

Разумеется, что рецензируемая монография содержит ряд дискуссионных моментов. Так, удачным видится концептуальный подход к рассмотрению уголовно-процессуальных вопросов, анализ судебно-медицинской экспертизы и др., однако блок проблем уголовной ответственности в медицине настоятельно требует расширения. Авторам ещё предстоит исследовать проблемы квалификации ряда умышленных и неосторожных преступлений в сфере медицинской деятельности, и коллеги, уверенны, в этом помогут.

Следует констатировать, что руководителем авторского коллектива была проделана колоссальная работа по созданию коллектива единомышленников, и эта работа увенчалась вполне заслуженным успехом: монография подготовлена профессионалами своего дела, материал изложен в строго логической последовательности, доступным литературным языком; её отличают новизна и теоретико-прикладная значимость. Основательность, полнота и относительная достаточность рассмотрения главных проблем привлечения к уголовной ответственности врачей, грамотное и методически верное изложение материала — вот наиболее характерные черты рецензируемого труда.

Безусловно, монография внесёт значительный вклад в предостережение от уголовной ответственности врачей и послужит хорошим средством подготовки высококвалифицированных кадров: студентов, магистров, аспирантов (адъюнктов) юридических и медицинских вузов, сотрудников правоприменительных органов, преподавателей, научных работников.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Внешнее финансирование при проведении исследования и публикации статьи не привлекалось.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** Authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семина Т.В., Клевно В.А., Гусев А.Ю., Веселкина О.В. Уголовная ответственность врача в современной России: монография / под общ. ред. Т.В. Семиной. Москва: Проспект; 2021. 352 с.

## ОБ АВТОРАХ

\* **Букалерева Людмила Александровна**, д.юр.н., профессор; адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2794-5074>; eLibrary SPIN: 9426-2061; e-mail: bukalerova\_la@rudn.ru

**Остроушко Александр Владимирович**, к.юр.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0595-9205>; eLibrary SPIN: 7439-2908; e-mail: avostroushko@fa.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence

## REFERENCES

1. Semina TV, Klevno VA, Gusev AYu, Veselkina OV. Criminal liability of a doctor in modern Russia. Ed. by T.V. Semina. Moscow: Prospect; 2021. 352 p. (In Russ).

## AUTHORS' INFO

\* **Liudmila A. Bukalero**va, Dr. Sci. (Law), Professor; address: 6 Miklukho-Maklaya street, Moscow, 117198, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2794-5074>; eLibrary SPIN: 9426-2061; e-mail: bukalerova\_la@rudn.ru

**Alexander V. Ostroushko**, Cand. Sci. (Law); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0595-9205>; eLibrary SPIN: 7439-2908; e-mail: avostroushko@fa.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm688>

## Рецензия на коллективную монографию В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» под редакцией В.А. Клевно

И.В. Буромский, Ю.В. Ермакова, Е.С. Сидоренко

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

Представлена рецензия на второе издание коллективной монографии В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» (под общей редакцией В.А. Клевно).

Первое издание Атласа было благожелательно воспринято медицинской общественностью, свидетельством чего является тот факт, что оно стало библиографической редкостью. За время, прошедшее после выхода в свет первого издания, автором и его коллегами было выполнено большое число научных исследований и разработок, в числе которых наиболее значимыми являются докторские и кандидатские диссертации, опубликованные монографии, научно-практические пособия и другие научные печатные издания. С учётом этого выпуск второго издания коллективной монографии следует признать крайне своевременным и актуальным.

Давая оценку рецензируемому труду, следует констатировать, что руководителем авторского коллектива — профессором В.А. Клевно — проделана колоссальная работа по созданию команды единомышленников, и эта работа увенчалась вполне заслуженным успехом: её отличает новизна и теоретико-прикладная значимость, основательность, полнота и относительная достаточность.

Среди безусловных достоинств Атласа необходимо отметить лаконичный научно-литературный стиль подачи материала, его чёткую структурированность и однотипность подхода к выбору и последовательности изложения применительно к каждой главе и каждому подразделу внутри неё, облегчающих восприятие материала пользователем; высокое качество иллюстративного материала, исчерпывающую подборку рекомендуемой научной литературы по рассматриваемой теме.

Использование приведённых в Атласе дефиниций и иллюстраций в практической деятельности врачей, в наибольшей степени врачей-судебно-медицинских экспертов, позволит облегчить и повысить объективность выбора в каждом конкретном случае вида и локализации повреждения и в целом положительно скажется на производстве одной из наиболее часто назначаемых судебно-медицинских экспертиз по определению степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека.

Монография имеет важное теоретическое, познавательное и практическое значение, вносит существенный вклад в дело подготовки высококвалифицированных медицинских кадров, прежде всего врачей-судебно-медицинских экспертов.

Издание может быть рекомендовано судебно-медицинским экспертам, научным сотрудникам, аспирантам и студентами медицинских специальностей, а также широкому кругу читателей.

**Ключевые слова:** судебно-медицинская экспертиза; вред здоровью; медицинские критерии.

### Как цитировать

Буромский И.В., Ермакова Ю.В., Сидоренко Е.С. Рецензия на коллективную монографию В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» под редакцией В.А. Клевно // *Судебная медицина*. 2021. Т. 7, № 4. С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm688>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm688>

## Review of the monograph by V.A. Klevno, S.N. Kulikov, A.V. Kopylov “Atlas of medical criteria of harm to health” edited by V.A. Klevno

Ivan V. Buromskiy, Yuliya V. Ermakova, Elena S. Sidorenko

The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

A review of the second edition of the collective monograph by V.A. Klevno, S.N. Kulikova, A.V. Kopylov “Atlas of medical criteria for harm to health” (under the general editorship of V.A. Klevno).

The first edition of the Atlas was well received by the medical community, as evidenced by the fact that it has become a bibliographic rarity. During the time that has passed since the publication of the first edition, the author and his colleagues have carried out a large number of scientific research and development, among which the most significant are doctoral and candidate dissertations, published monographs, scientific and practical manuals, and other scientific publications. With this in mind, the release of the second edition of the collective monograph should be recognized as extremely timely and relevant.

Assessing the peer-reviewed work, it should be stated that the head of the team of authors, Professor V.A. Klevno — a colossal work has been done to create a team of like-minded people, and this work has been crowned with a well-deserved success: it is distinguished by novelty and theoretical and applied significance, thoroughness, completeness and relative sufficiency.

Among the undoubted advantages of the Atlas, it is necessary to note the concise scientific and literary style of presenting the material, its clear structuredness, and the uniformity of the approach to the choice and sequence of presentation for each chapter and each subsection within it, which facilitate the perception of the material by the user; the high quality of illustrative material, an exhaustive selection of recommended scientific literature on the topic under consideration.

The use of the definitions and illustrations given in the Atlas in the practice of doctors, most of all forensic doctors, will facilitate and increase the objectivity of the choice in each specific case of the type and localization of damage and, in general, will positively affect the production of one of the most frequently prescribed forensic medical examinations — to determine the severity of harm caused to human health.

The monograph has an important theoretical, cognitive, and practical value makes a significant contribution to the training of highly qualified medical personnel, primarily forensic medical experts.

The publication can be recommended to forensic experts, researchers, graduate students, and students of medical specialties, as well as to a wide range of readers.

**Keywords:** forensic medical examination; harm to health; medical criteria.

### To cite this article

Buromskiy IV, Ermakova YuV, Sidorenko ES. Review of the monograph by V.A. Klevno, S.N. Kulikov, A.V. Kopylov “Atlas of medical criteria of harm to health” edited by V.A. Klevno. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(4):63–67. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm688>

Издательством «Практическая медицина» и Ассоциацией судебно-медицинских экспертов выпущено в свет второе издание коллективной монографии «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» (далее — Атлас) под общей редакцией доктора медицинских наук, заведующего кафедрой судебной медицины ФУВ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», главного специалиста по судебно-медицинской экспертизе Министерства здравоохранения Московской области, сертифицированного врача высшей квалификационной категории по судебно-медицинской экспертизе, патологической анатомии и организации здравоохранения, академика РАЕН, РАМТ и ВАНКБ, президента Ассоциации судебно-медицинских экспертов, главного редактора журнала «Судебная медицина» профессора В.А. Клевно (рисунок) [1].

Первое издание монографии [2] вышло в свет 10 лет назад и получило положительные отзывы, оказалось достаточно востребованным специалистами, как врачами судебно-медицинскими экспертами, так и врачами травматологами и рентгенологами, научно-педагогическими работниками, докторантами, аспирантами и ординаторами кафедр судебной медицины, а также работниками следствия и суда.

Вышедшая небольшим тиражом, всего 1000 экземпляров, книга быстро стала популярной и востребованной. Сегодня она является бестселлером и библиографической редкостью. За время, прошедшее после выхода в свет первого издания, автором и его коллегами было выполнено большое число научных исследований и разработок, в числе которых наиболее значимыми являются докторские и кандидатские диссертации, опубликованные монографии, научно-практические пособия и другие научные печатные издания<sup>1</sup>.

Настоящее издание является вторым, переработанным и дополненным с учётом достижений современной медицинской науки и экспертной практики [1]. Как и первое издание, новая монография посвящена применению медицинских критериев определения степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека.

Актуальность данной работы определяется прежде всего тем, что деятельность врачей, в том числе врачей судебно-медицинских экспертов, начиная от диагностики повреждений до формулирования и обоснования степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека, и оформления заключений, представляется очень сложной и ответственной.

Наблюдаемое в последнее время снижение требований к подготовке будущих врачей в области нормальной и топографической анатомии привело, к сожалению, к многочисленным ошибкам при использовании медицинских терминов и обозначении локализации повреждений

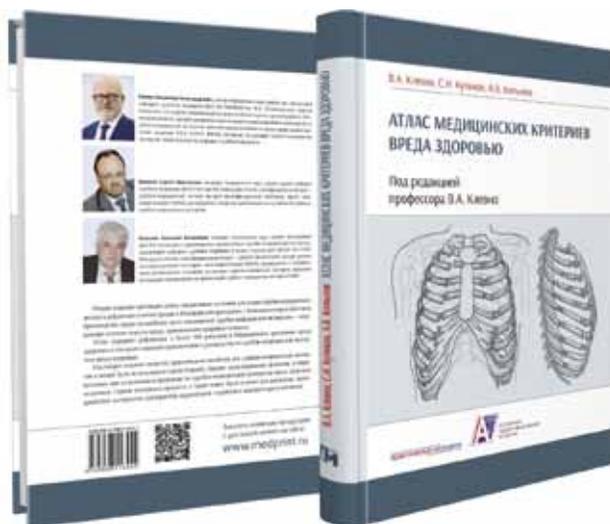


Рис. Обложка монографии «Атлас медицинских критериев вреда здоровью».

Fig. Monograph cover “Atlas of medical criteria of harm to health”.

при заполнении историй болезней и других медицинских документов. Нередко одни и те же медицинские критерии воспринимаются и интерпретируются по-разному, в том числе и судебно-медицинскими экспертами, что влечёт за собой применение неверного медицинского критерия с последующей неточностью квалифицирующего признака и в целом ошибочным определением степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека. Погрешности в работе судебно-медицинского эксперта зачастую приводят к неправильной юридической оценке события, следовательно, и к определению меры ответственности за причинение повреждения, объёму и порядку компенсации за причинённый вред.

С учётом указанного выше выход в свет монографии «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» является, безусловно, значимым событием не только для судебно-медицинских экспертов, но и для всех врачей и студентов медицинских вузов.

Авторы монографии — В.А. Клевно, С.Н. Куликов, А.В. Копылов — это ведущие учёные и прекрасные специалисты в области отечественной судебной медицины и судебно-медицинской экспертизы. Чёткое видение существующих проблем позволило им создать целостный монографический труд, в котором раскрыты предпосылки, подходы и методы, способы получения научного знания; раскрыты сложности практической судебно-медицинской экспертной оценки условий и механизмов причинения повреждений, тяжести причинённого ими вреда здоровью.

Атлас общим объёмом 29,5 печатных листов (236 страниц) содержит дефиниции и более 460 рисунков, иллюстрирующих медицинские критерии вреда здоровью, что является хорошим дополнением к руководствам

<sup>1</sup> eLibrary.ru. Клевно Владимир Александрович. Публикации. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=218210](https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=218210). Дата обращения 15.10.2021.

и монографиям по судебно-медицинской экспертизе вреда здоровью.

В структуре настоящего издания — четыре главы.

Глава «Границы содержания и допустимость толкования практических тестовых дефиниций Медицинских критериев вреда здоровью» акцентирует внимание читателя на необходимости чёткого разграничения юридической (установление квалифицирующего признака тяжести вреда, причинённого здоровью человека) и медицинской (определение экспертом степени тяжести вреда здоровью на основании использования им специальных медицинских знаний и соответствующих медицинских критериев) задачи. Дано определение понятию «вред здоровью» с разъяснением вреда, непосредственно угрожающего жизни либо вызывающего развитие угрожающего жизни состояния, что подкреплено ссылками на соответствующие классы Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10).

В главе «Медицинские критерии вреда здоровью в зрительном восприятии» обоснована необходимость иллюстрирования медицинских критериев наряду со словесным их описанием, зрительным восприятием посредством составления рисунка или графической схемы, лаконично и эффективно отображающих соответствующее явление и позволяющих, таким образом, добиться однозначности его понимания каждым читателем.

В главах «Дефиниции медицинских критериев вреда здоровью, опасного для жизни: пп. 6.1.1.–6.1.30» и «Дефиниции Медицинских критериев вреда здоровью, вызвавшего значительную стойкую утрату общей трудоспособности не менее чем на одну треть: пп. 6.11.1.–6.11.11» приведена необходимая и достаточная информация применительно к каждому из соответствующих пунктов медицинских критериев квалифицирующих признаков степени тяжести вреда, причинённого человеку. Каждая из глав начинается с сопоставления медицинского критерия (6.1 и 6.11) соответствующему квалифицирующему признаку умышленного причинения вреда здоровью; содержит определение наиболее общих понятий, используемых по мере изложения материала (травма и её виды, повреждение, телесное повреждение), статистические данные в отношении частоты применения того или иного медицинского критерия, а также частоты встречаемости при этом экспертных ошибок; включает перечень классов, блоков, рубрик и подрубрик повреждений по МКБ-10.

По мере изложения материала для каждого из медицинских критериев авторы приводят соотношение формулировки медицинского критерия соответствующему классу и блоку МКБ-10; дефиниции терминов, имеющих непосредственное отношение к данному медицинскому критерию; элементы морфологии медицинских критериев (рисунки, рентгенограммы, компьютерные томограммы).

В Атлас входят и такие необходимые структурные элементы, как приложение и список литературных (нормативных) источников. Приложение содержит пример

применения дефиниций и медицинских критериев вреда здоровью в судебно-медицинской экспертной практике. Литература (библиографический указатель) содержит ссылки на 107 работ отечественных и зарубежных авторов.

Давая оценку рецензируемому труду, следует констатировать, что руководителем авторского коллектива — профессором В.А. Клевно — была проделана колоссальная работа по созданию команды единомышленников, и эта работа увенчалась вполне заслуженным успехом: её отличает новизна и теоретико-прикладная значимость, основательность, полнота и относительная достаточность.

Среди безусловных достоинств Атласа необходимо отметить лаконичный научно-литературный стиль подачи материала, его чёткую структурированность и однотипность подхода к выбору и последовательности изложения применительно к каждой главе и каждому подразделу внутри неё, облегчающих восприятие материала пользователем; высокое качество иллюстративного материала, исчерпывающую подборку рекомендуемой научной литературы по рассматриваемой теме.

Уместно ещё раз вспомнить, что первое издание Атласа было благожелательно воспринято медицинской общественностью, свидетельством чего является тот факт, что оно стало библиографической редкостью. С учётом этого выпуск второго издания коллективной монографии В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» (под общей редакцией В.А. Клевно) следует признать крайне своевременным и актуальным.

Использование приведённых в Атласе дефиниций и иллюстраций в практической деятельности врачей, в наибольшей степени врачей-судебно-медицинских экспертов, позволит облегчить и повысить объективность выбора в каждом конкретном случае вида и локализации повреждения и в целом положительно скажется на таком процессуальном действии, как судебно-медицинская экспертиза по определению степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека.

В качестве единственного замечания, пожалуй, следует указать на не совсем точное название книги (Атлас медицинских критериев вреда здоровью), поскольку текст ограничен изучением только медицинских критериев вреда здоровью, опасного для жизни или вызвавшего значительную стойкую утрату общей трудоспособности не менее чем на одну треть.

Вместе с тем ряд книг, изданных профессором В.А. Клевно и его учениками, является логическим продолжением начатой им в 2008 году работы по научно-методическому обеспечению судебно-медицинских экспертиз по определению степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека, с применением новых медицинских критериев вреда здоровью.

Настоящее издание коллективной монографии В.А. Клевно, С.Н. Куликова, А.В. Копылова «Атлас медицинских критериев вреда здоровью» (под общей

редакцией В.А. Клевно) является качественным научно-практическим пособием, обеспечивающим существенный вклад в подготовку высококвалифицированных медицинских и юридических кадров, и может с успехом быть использовано в работе суда (судьей), лиц, производящих дознание, следователей при назначении и производстве судебно-медицинской экспертизы вреда здоровью, причиняемого человеку, на разных стадиях уголовного процесса; быть полезно для адвокатов, преподавателей кафедр судебной медицины медицинских вузов, аспирантов, ординаторов, студентов и широкого круга интересующейся этой проблемой читателей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Внешнее финансирование при проведении исследования и публикации статьи не привлекалось.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клевно В.А., Куликов С.Н., Копылов А.В. Атлас медицинских критериев вреда здоровью / под ред. В.А. Клевно. 2-е изд. Москва: Практическая медицина; Ассоциация судебно-медицинских экспертов, 2021. 236 с.

## REFERENCES

1. Klevno VA, Kulikov SN, Kopylov AV. Atlas of medical criteria for harm to health. Ed. by V.A. Klevno. 2nd ed. Moscow: Practical medicine; Association of Forensic Experts; 2021. 236 p. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

\* **Буромский Иван Владимирович**, д.м.н., профессор; адрес: Россия, 119435, Москва, Хользунова пер., д. 7; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-7852>; eLibrary SPIN: 9613-4515; e-mail: [buromski@mail.ru](mailto:buromski@mail.ru)

**Сидоренко Елена Сергеевна**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7908-1725>; eLibrary SPIN: 7552-9980; e-mail: [sidsud@rambler.ru](mailto:sidsud@rambler.ru)

**Ермакова Юлия Викторовна**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-6789>; eLibrary SPIN: 5503-2043; e-mail: [doctor\\_ejv@rambler.ru](mailto:doctor_ejv@rambler.ru)

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

2. Клевно В.А., Куликов С.Н., Копылов А.В. Медицинские критерии вреда здоровью. Дефиниции и иллюстрации: атлас / под ред. проф. В.А. Клевно. Москва, 2012. 367 с.

## AUTHORS' INFO

\* **Ivan V. Buromskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor; address: 7 Kholzunova street, Moscow, 119435, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-7852>; eLibrary SPIN: 9613-4515; e-mail: [buromski@mail.ru](mailto:buromski@mail.ru)

**Elena S. Sidorenko**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7908-1725>; eLibrary SPIN: 7552-9980; e-mail: [sidsud@rambler.ru](mailto:sidsud@rambler.ru)

**Yulia V. Ermakova**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6696-6789>; eLibrary SPIN: 5503-2043; e-mail: [doctor\\_ejv@rambler.ru](mailto:doctor_ejv@rambler.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / The author responsible for the correspondence