



УДК 340.624.4:001.8(048.8)

Е.Н. Леонова¹, И.В. Власюк²

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ СЛЕДОВ КАПЕЛЬ КРОВИ ОБЪЕМОМ 40 МИКРОЛИТРОВ

¹Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119992, ул. Трубецкая, 8, стр. 2, тел. 8-(499)-245-09-99, г. Москва;

²Дальневосточный государственный медицинский университет,
680000, ул. Муравьева-Амурского, 35, тел. 8-(4212)-22-73-36, г. Хабаровск

Резюме

Авторы статьи на основании экспериментальных исследований изучили морфологию следов капель крови объемом 40 мкл. Выявлены следующие особенности: на гладких, смачиваемых, непитывающих поверхностях образуются округлые основные следы капель крови, рядом с которыми регистрируются следы дополнительных капель Плато, которые формируются из перемычки при отделении основной капли; капли крови объемом 40 мкл – стабильны, обладают прочными межмолекулярными связями, поэтому практически не образуют на подложке элементов вторичного разбрызгивания. С увеличением высоты падения капель изменяется характер края следа, что связано с реализацией кинетической энергии падающей капли при контакте со следовоспринимающей поверхностью. Так, край следа капли ровный при падении ее с высоты от 5 до 20 см; волнообразный с выступами, при падении с высоты от 20 до 30 см с зубцами, имеющими угол близкий к 150°; при падении с высоты 50 до 200 см с зубцами имеющими угол 120° и 90° соответственно.

Ключевые слова: следы крови, следы капель крови, следы дополнительных капель Плато.

E.N. Leonova¹, I.V. Vlasjuk²

FEATURES OF MORPHOLOGY AND MECHANISM OF FORMATION OF TRACES OF DROPS OF BLOOD OF 40 MICROLITRES

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow;

²Far Eastern State Medical University, Khabarovsk

Summary

The authors of the article, on the basis of pilot studies, analyzed morphology of traces of drops of blood of 40 microlitres. The following features are revealed: on the smooth, moistened, unabsorbed surfaces, round main traces of drops of blood are seen, near them there are traces of additional drops of the Plateau having been formed by a crossing point of the main drop are registered; drops of blood of 40 microlitres – are stable, possess strong intermolecular links that is why they are not practically formed on a substrate of elements of secondary spraying. With increase in height of falling of drops character of edge of a trace changes that is connected with realization of kinetic energy of the falling drop at contact with a surface grasp trace. So, edge of a trace of a drop is equal at its falling from height from 5 to 20 cm; wavy with the ledges having a corner close to 150° when falling from height from 20 to 30 cm; with the teeth having a corner 120-90° respectively when falling from height 50 to 200 cm.

Key words: blood traces, traces of drops of blood, traces of additional drops of the Plateau.

Одной из главных задач осмотра места происшествия является выявление, описание и фиксация вещественных доказательств биологического происхождения. Следы крови чаще других следов являются объектами судебно-медицинских экспертиз. Описать

имеющиеся следы крови, правильно их сгруппировать, сформулировать адекватные выводы о механизме их образования и использовать эти данные для решения ситуационных вопросов порой затруднительно [3-11].

Для реконструкции обстоятельства происшествия важны не только крупные и привлекающие внимание сотрудников полиции следы крови в виде луж, мазков и отпечатков, но и следы капель и брызг, которым мало уделяется внимания при осмотре места происшествия, вследствие чего они фиксируются неполно. Между тем, следы от падения капель крови наиболее многочисленные следы на месте происшествия, особенно при травме острыми и тупыми предметами [3, 5, 7].

В судебной медицине накоплен немалый опыт по изучению следов крови, в том числе следов от падения капель. Основной задачей исследователей являлось установление зависимости диаметра следа капли крови от высоты расположения источника кровотечения и структуры следовоспринимающей поверхности. Однако полученные ими результаты разнятся. Зарубежные ученые склоняются к мнению о том, что по диаметру следа капли крови невозможно высказать о высоте её падения. По нашему мнению, разные, подчас противоречивые результаты обусловлены тем, что в экспериментальных наблюдениях, авторы анализировали следы, полученные в результате падения капель крови разного объема [1, 3-5, 7, 9, 10, 12-14].

При исследовании литературы мы не нашли классификации следов капель крови исходя из объема капли. Кроме того, отсутствует даже данные об объеме капель крови как таковых. Так, T.L. Laber (1985) и W.G. Eckert (1997) считали, что объем капли крови составляет от 0,01 до 0,16 мл. А.Ф. Бадалян с соавторами (2013) в своих исследованиях принимали объем капель крови равный как 0,69-0,103 мл. Средний объем капли крови по данным H.L. McDonnell (1971), И.А. Гедышева (1999), Г.Н. Назарова и Г.А. Пашиняна (2003) приближается к 0,05 мл [1, 3, 5, 12-14].

Таким образом, на основании изучения данных судебно-медицинской литературы установлено, что объем капли может значительно колебаться. В более ранних исследованиях нами были смоделированы следы капель крови с объектов, различающихся по свойствам поверхности. Наименьшие размеры следов капель крови диаметром 0,5 см наблюдались при падении капли объемом 5,0 мкл с иглы инсулинового шприца. Наибольший диаметр следа – 2,5 см – получен с плоскости пропитывания льняной ткани растянутой в пальцах (площадь поверхности ткани 19,6 см²), при этом объем капли был равен 130 мкл. Капли большего объема нам получить не удалось, т. к. дальнейшее увеличение площади поверхности пропитывания приводило к образованию несколько капель. С использованием статистических методов нами разграничены капли в зависимости от объема на три группы: капли крови малого, среднего и большого объема. Объем малой капли находится в интервале от 0,005 мл (5 мкл) до 0,029 мл (29 мкл), средней – от 0,03 мл (30 мкл) до 0,059 мл (59 мкл), большой – от 0,06 мл (60 мкл) до 0,13 мл (130 мкл). Изучение каждого вида капли в зависимости от объема позволило более детально исследовать их морфологию и установить диагностические признаки, которые могут быть использованы для решения задач судебной медицины.

Целью данного исследования явилось изучение морфологии следов капель крови объемом 40 мкл при

падении на сухую нелипкую поверхность с различной высоты.

Материалы и методы

Для моделирования следов капель крови использовалась венозная кровь, взятая от трупов лиц мужского пола в возрасте от 25 до 35 лет, умерших от механической асфиксии, которым перед смертью не проводились реанимационные мероприятия, с длительностью постмортального периода до 12 часов. Перед экспериментальным моделированием по слеодообразованию исследовались вязкость и гематокрит трупной крови. Капли крови заданного объема получали с помощью цифровой одноканальной пипетки Ленпипет «КО-ЛОП», имеющий переменный объем (диапазон 20–200 мкл), предназначенной для забора и точного дозирования объемов жидкостей. Из моделируемого источника кровотечения капли крови путем свободного отрыва падали на сухую гладкую нелипкую обезжиренную поверхность стекла отвесно под углом 90° с высоты: 5 см – 1-я группа наблюдений; 10 см – 2-я группа; 20 см – 3-я группа; 30 см – 4-я группа; 40 см – 5-я группа; 50 см – 6-я группа; 60 см – 7-я группа; 70 см – 8-я группа; 80 см – 9-я группа; 90 см – 10-я группа; 100 см – 11-я группа; 120 см – 12-я группа; 150 см – 13-я группа и 200 см – 14 группа. В каждой группе проведено по 5 экспериментов.

Результаты экспериментальных наблюдений фиксировались с помощью цифровой фотокамеры Nikon COOLPIX S6300 по правилам судебной фотографии.

Полученные цифровые изображения исследовались на персональном компьютере путем их увеличения в 10 раз с сохранением пропорций. Каждый след крови анализировался по следующим показателям: форма, контур, диаметр следов, площадь, наличие и отсутствие зубцов и выступов по контуру, их количество и высота, угол, наличие и отсутствие вторичного разбрызгивания.

Измерения диаметра следов, высоты волн и зубцов производили с помощью штангенциркуля «ШЦ-I-150-0,1 E05701» (погрешность измерений – 0,1 мм) и соотносили с метрической линейкой на фотографиях.

Площадь материнского (основного) следа (следа, формирующегося при контакте с поверхностью подложки, основной капли) рассчитывалась по формуле: $S = \pi \cdot d^2 / 4$, где S – площадь следа, d – диаметр следа. Энергия падающей капли вычислялась по формуле: $E = mgh$, где E – кинетическая энергия, m – масса капли, g – ускорение свободного падения, h – высота падения. Метрические характеристики следов капель крови и кинетической энергии приведены в таблице 1.

Статистический анализ результатов проводился с помощью программы STATISTIKA для персонального компьютера.

Результаты и обсуждение

Все полученные экспериментальные следы капель крови (с 1-й по 14-ю группу при падении с высоты от 5 до 200 см) имели округлую форму. За округлую форму мы принимали форму пятен, соотношение длины и ширины которых было не более 1:1,2. С увеличением высоты падения капли, росла её кинетическая энергия,

что приводило к увеличению диаметра и площади материнского следа, ровный край приобретал волнистый, затем зубчатый характер, регистрировались следы дополнительных капель Плато.

Капли Плато – это элемент капли жидкости, образующийся из перемычки при отделении основной капли. Капли Плато под действием воздушных масс изменяют траекторию полета и формируют дополнительный след рядом с основным пятном. При малой высоте падения капля Плато сливается со следом основной капли. Большие капли Плато при контакте с основной каплей формируют кольцевую гребень-волну с образованием «короны», от вершин которой, преодолевая силы межмолекулярного взаимодействия, отрываются частички крови с образованием на подложке вторичных элементов [2].

Помимо морфологических признаков, характерных для всех следов капель крови, в зависимости от высоты падения были выявлены некоторые особенности.

При падении капля крови с высоты 5, 10 и 20 см следы имели округлую форму, ровный контур, зубцов (выступов) по краю не отмечалось, следы вторичного разбрызгивания отсутствовали (рис. 1).

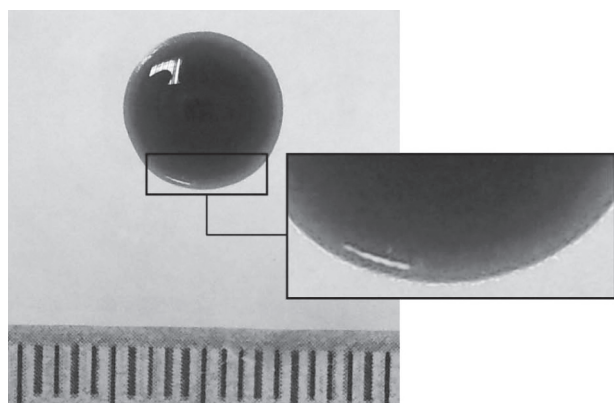


Рис. 1. Морфология края следа капли крови объемом 40 мкл при падении под углом 90° с высоты 5 см

При падении капля крови с высоты 30 и 40 см следы имели округлую форму, волнистый край, по контуру наблюдались волны от 2 до 9 высотой до 0,025 см, с углом близким к 150° (рис. 2), в единичных случаях в одном из секторов рядом с основным пятном наблюдалась следа округлой формы диаметром 0,1-0,15 см (следы дополнительных капель Плато), следы вторичного разбрызгивания отсутствовали.

При падении капля крови с высоты 50 и 60 см следы имели округлую форму, зубчатый край, по контуру насчитывалось от 9 до 18 тупоконечных выступов высотой до 0,035 см, с углом близким к 120°, на расстоянии 0,9 см от основного следа регистрировались единичные округлые следы диаметром от 0,1 до 0,15 см (следы капель Плато), следы вторичного разбрызгивания отсутствовали (рис. 3).

При падении капля крови с высоты 70, 80 и 90 см следы имели округлую форму, выраженный зубчатый край, по контуру наблюдалось от 19 до 24 углообразных выступов (угол близкий к 115°) с закругленными вершинами, высотой до 0,05 см, в одном из секторов рядом с основным следом наблюдались единичные округлые следы диаметром до 0,15 см (капли Плато), следы вторичного разбрызгивания отсутствовали (рис. 4).

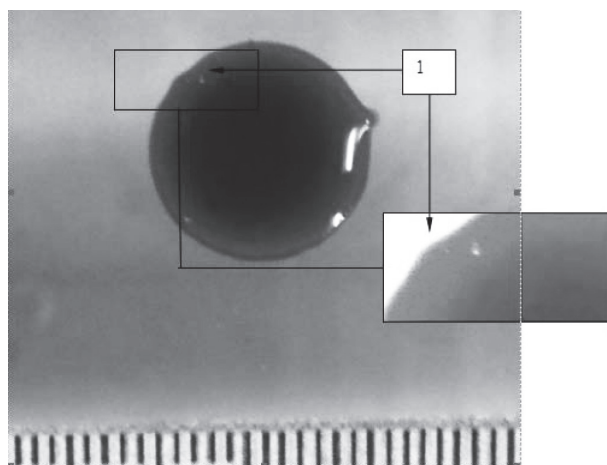


Рис. 2. Морфология края следа капли крови объемом 40 мкл при падении под углом 90° с высоты 30 см. 1. – волнообразные выступы по краю следа

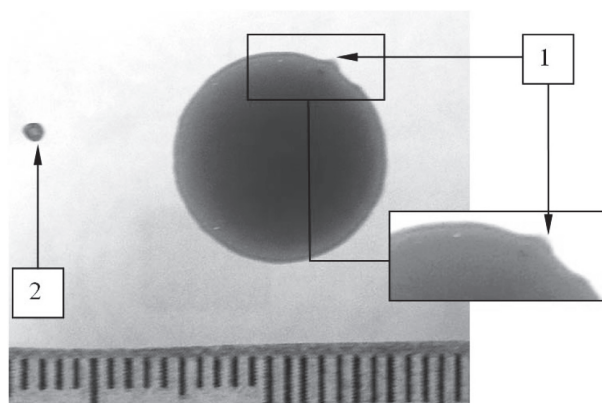


Рис. 3. Морфология следа капли крови объемом 40 мкл при падении под углом 90° с высоты 60 см. 1. – тупоконечные зубчики по краю следа. 2. – след дополнительной капли Плато

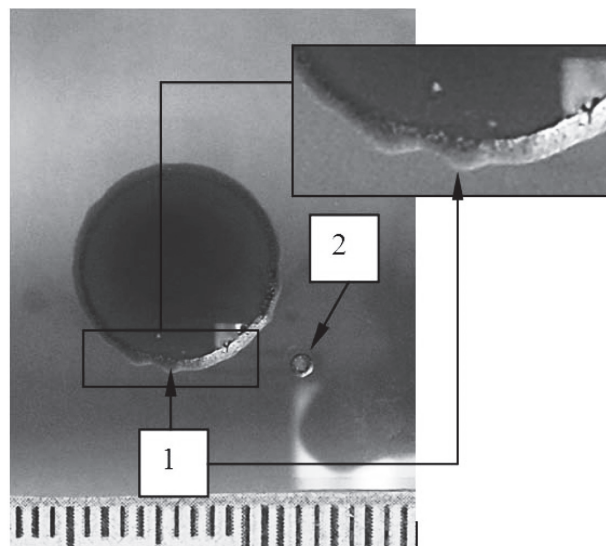


Рис. 4. Морфология следа капли крови объемом 40 мкл при падении под углом 90° с высоты 90 см. 1. – зубчики по краю следа. 2. – след дополнительной капли Плато

При падении капля крови с высоты 100, 120 и 150 см следы имели округлую форму, выраженный зубчатый край, по контуру наблюдалось от 22 до 28 углообразных выступов (близких к 90°), высотой до 0,1 см. На расстоянии 0,9 см от основного пятна наблюдались единичные следы округлой формы диаме-

тром до 0,1 см (следы дополнительных капель Плато), следы вторичного разбрызгивания отсутствовали (рис. 5).

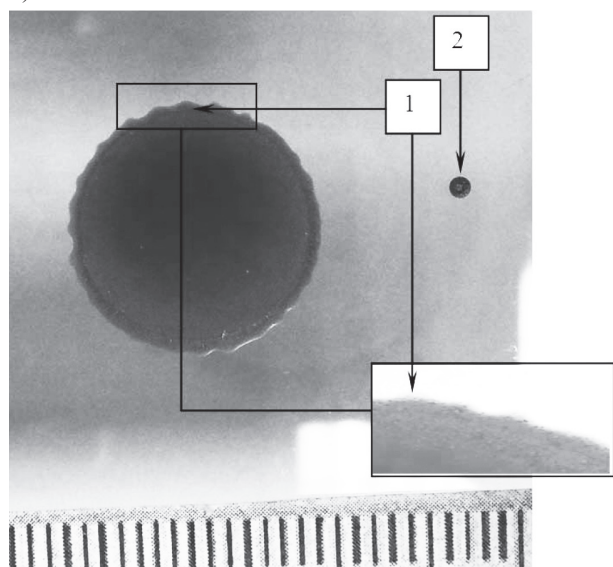


Рис. 5. Морфология следа капли крови объемом 40 мкл при падении под углом 90° с высоты 150 см.

1. – зубчики по краю следа. 2. – след дополнительной капли Плато

При падении капль крови с высоты 200 см следы округлой формы имели выраженный зубчатый край, наблюдалось от 26 до 33 остроконечных углообразных выступов (близких к 90°), высотой до 0,1 см. Рядом с основным следом располагались от 1 до 5 следов округлой формы с ровным краем диаметром до 0,1 см (следы дополнительных капль Плато), следы вторичного разбрызгивания отсутствовали (таблица).

Таблица

Зависимость размера следов капль крови (диаметра и площади) и их кинетической энергии от высоты падения (объем капль – 40 мкл)

Высота (см)	Диаметр основного следа (см)	Площадь основного следа (см ²)	Кинетическая энергия капль (мкДж)
5	0,93±0,001	0,67±0,001	19,6
10	1,03±0,005	0,83±0,005	39,2
20	1,15±0,002	1,04±0,002	78,4
30	1,2±0,003	1,13±0,003	117,6
40	1,2±0,003	1,13±0,003	156,8
50	1,25±0,002	1,23±0,002	196
60	1,25±0,002	1,23±0,002	235,2
70	1,3±0,001	1,33±0,001	274,4
80	1,3±0,001	1,33±0,001	313,6
90	1,28±0,005	1,28±0,005	352,8
100	1,25±0,002	1,23±0,002	392
120	1,3±0,001	1,33±0,001	470,4
150	1,35±0,002	1,43±0,002	588
200	1,4±0,003	1,54±0,003	784

Литература

1. Бадалян А.Ф., Саркисян Б.А., Карпов Д.А. И др. Морфологическая оценка следов капль крови в зависимости от размеров поверхности отрыва, высоты па-

Полученные экспериментальные данные по форме капль, размерам не противоречат результатам, которые были ранее получены Х.М. Тахо-Годи (1956), Ю.П. Эделем (1968), М.В. Кисиним и А.К. Тумановым (1972), Л.В. Станиславским (1977), И.А. Гедыгушевым (1999) и другими исследователями [3, 4, 7, 9, 10].

Следы капль крови, полученные нами, как и следы капль крови, полученные более ранними исследователями, при падении под прямым углом на горизонтальную поверхность с высоты от 5 до 200 см имели округлую форму, сходные размеры от 0,93 до 1,4 см. При увеличении высоты падения отмечалось увеличение кинетической энергии падающих капль, изменялся характер края их следов.

В отличие от ранее проведенных научных исследований, полученные нами следы капль крови не имели элементов вторичного разбрызгивания. Это, на наш взгляд, связано с тем, что в более ранних исследованиях для получения экспериментальных следов использовались разные по характеру и рельефу следовоспринимающие поверхности, имеющие разную степень шероховатости. Нами в качестве следовоспринимающей поверхности использовалась однородная, гладкая, ровная, смачиваемая, невпитывающая поверхность стекла. Впервые была определена кинетическая энергия падающих капль, площадь основных следов и измерена величина выступов и зубцов в градусах, а также измерена их высота, что позволило более точно охарактеризовать морфологию изменения края следа с увеличением высоты падения капль.

Следует отметить, что нарастающая с увеличением высоты падения кинетическая энергия капль реализуется в волновых колебательных движениях в момент полета. Большая энергия, обусловленная высотой падения, приводит к тому, что в момент контакта капль с подложкой наблюдается большее растекание следа и образовании выступов в виде волн и зубчиков по контуру. Капль крови среднего объема (40 мкл) стабильны, обладает достаточно прочными межмолекулярными связями, поэтому при формировании следа крови на гладкой, смачиваемой, невпитывающей поверхности стекла дробления капль и образования элементов вторичного разбрызгивания не наблюдалось.

Выводы

При падении капль крови среднего объема (40 мкл) под углом 90° на гладких невпитывающих поверхностях формируются следы округлой формы размерами от 0,93 до 1,4 см. Край следа ровный при падении капль с высоты от 5 до 20 см, волнообразный с выступами-волнами (близкими к 150°) – от 20 до 30 см, зубчатый с углообразными выступами (близкими к 120°) – от 50 до 60 см, зубчатый с углообразными выступами (близкими к 115°) – от 70 до 90 см, зубчатый с углообразными выступами (близкими к 90°) – от 100 до 200 см, что связано с реализацией кинетической энергии падающей капль при образовании следа на подложке.

дения и свойств воспринимающих материалов // Медицинская экспертиза и право. – 2013, № 3. – С. 29-32.
2. Гегузин Я.Е. Капля. – М.: Наука, 1973. – 156 с.

3. Гедыгушев И.А. Судебно-медицинская экспертиза при реконструкции обстоятельств и условий причинения повреждений (Методология и практика). – М.: Республиканский полиграфкомбинат им. Революции 1905 г., 1999. – 216 с.
4. Кисин М.В., Туманов А.К. Следы крови. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1972. – 86 с.
5. Назаров Г.Н., Пашинян Г.А. Медико-криминалистическое исследование следов крови: практическое руководство. – Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2003. – 258 с.
6. Пиголкин Ю.И., Леонова Е.Н., Дубровин И.А., Нагорнов М.Н. Новая рабочая классификация следов крови // Суд.-мед. эксперт. – 2014. – № 1. – С. 11-14.
7. Станиславский Л.В. К вопросу о классификации следов крови в зависимости от условий их возникновения // Актуальные вопросы судебно-медицинской травматологии. – Харьков: Книжная фабрика им. М.В. Фрунзе, 1977. – С. 61-64.
8. Судебная медицина и судебно-медицинская экспертиза: национальное руководство / Под ред. Ю.И. Пиголкина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 728 с.

9. Тахо-Годи Х.М. Трасологическое исследование следов крови на одежде: методическое письмо. – М.: Типография ЦНИИСЭ, 1970. – 5 с.

10. Эдель Ю.П. О следах свободно падающих (с неподвижных и двигающихся предметов) капель крови на горизонтальной плоскости // Материалы докладов и рекомендаций научной конференции общества судебных медиков Казахстана. – Алма-Ата: Типография № 18 Главполиграфпрома Госкомитета Совета Министров Каз ССР по печати, 1968. – С. 404-405.

11. Bevel T., Ross M. Gardner Bloodstain Pattern Analysis. – Boca Raton: CRC Press, 2008. – 440 p.

12. Eckert W.G. Forensic Sciences. – Boca Raton: CRC Press, 1997. – 379 p.

13. Laber T.L. Diameter of a bloodstain as a function of origin, distance fallen and Volume of drop // News International Association of bloodstain pattern analysts. – 1985. – Vol. 2, № 1. – P. 12-16.

14. Mc Donnel H.L. Interpretation of Bloodstains: Physical Considerations. Legal Medicine Annual, Appleton-Century-Crofts. – New York: Appleton-Century-Crofts, 1971. – P. 89-136.

Literature

1. Badalyan A.F., Sargsyan B. A., Karpov D. A., Etc. A morphological assessment of traces of drops of blood depending on the sizes of a surface of a separation, height of falling and properties of the perceiving materials // Medical examination and the right. – 2013. – № 3. – P. 29-32.

2. Geguzin Ya.E. Drop. – М.: Science, 1973. – 156 p.

3. Gedigushev I.A. Forensic investigation in the process of reconstruction of injury infliction circumstances (Methodology and practice). – М.: Republican polygraph-concern in the name of revolution 1905, 1999 – P. 216.

4. Kisin M.V., Tumanov A.K. Traces of blood.- М.: All-Union Research and Development Establishment of MIA USSR, 1972. – P. 86.

5. Nazarov G.N., Pashinyan G.A. Forensic investigation of blood traces: practical guidance. – Novgorod: NGMA publishing house, 2003. – P. 258.

6. Pigolkin Yu.I., Leonova E.N., Dubrovin I.A., Nagonov M.N. New actionable classification of blood traces // Forensic medical examiner. – 2014. – № 1. – P. 11-14.

7. Stanislavskiy L.V. Revisiting the issues of blood traces classification depending on the way of injury // Current issues of forensic-medicine traumatology. – Kharkov: Book factory in the name of M.V. Frunze, 1977. – P. 61-64.

8. Forensic medicine and forensic medical investigation: national guidance / ed. by Pigolkina Yu.I. – М. GEO-TAR-Media, 2014. – P. 728.

9. Takho-Godi Kh.M. Trace evidence analysis of blood traces on clothes: methodologic letter. – М.: CNIISE publishing house, 1970. – P. 5.

10. Edel Yu.P. About free sedimentation of blood traces on horizontal surface // Scientific conference of Kazakhstan society of forensic medical examiners thesis. – Alma-Ata: Main polygraphprom State committee of the Council of Ministers of Kazakhstan SSR for polygraph, 1968. – P. 404-405.

11. Ross M. Gardner Bloodstain Pattern Analysis. – Boca Raton: CRC Press, 2008. – 440 p.

12. Eckert W.G. Forensic Sciences. – Boca Raton: CRC Press, 1997. – 379 p.

13. Laber T.L. Diameter of a bloodstain as a function of origin, distance fallen and Volume of drop // News International Association of bloodstain pattern analysts. – 1985. – Vol. 2, № 1. – P. 12-16.

14. Mc Donnel H.L. Interpretation of Bloodstains: Physical Considerations. Legal Medicine Annual, Appleton-Century-Crofts. – New York: Appleton-Century-Crofts, 1971. – P. 89-136.

Координаты для связи с авторами: Леонова Елена Николаевна – канд. мед. наук, доцент кафедры судебной медицины ПМГМУ им. И.М. Сеченова, тел. +7-905-570-81-03, e-mail: aleonoff-1965@mail.ru; Власюк Игорь Валентинович – канд. мед. наук, доцент кафедры судебной медицины ДВГМУ, тел. +7-914-543-70-41, e-mail: Vlasuik1971@mail.ru.

