

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВНОСТИ СМЕРТИ ЧЕЛОВЕКА ПО СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРУПНОГО ПЯТНА ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Вавилов А.Ю., Лахно А.В.

*ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, Ижевск, e-mail: izhsudmed@hotmail.com*

Трупные пятна – одно из ранних трупных явлений, которое диагностически значимо и позволяет определить временной промежуток, прошедший с момента наступления смерти человека до момента обнаружения его трупа. Традиционное исследование трупного пятна осуществляется путем изучения динамики восстановления его первоначального вида после дозированного надавливания на пятно. Однако, как ранее, так и в настоящее время оценка динамики восстановления трупного пятна осуществляется визуально. Исследователь основывается на своей цветочувствительности, что делает эту оценку субъективной. Таким образом, традиционный анализ времени восстановления первоначального вида трупного пятна не содержит критериев, которые могли бы быть положены в основу объективного понимания о времени наступления смерти человека, так как не могут быть математически измерены. Для того чтобы объективизировать оценку восстановления первоначального вида трупного пятна, авторы предлагают фотоколориметрический способ измерения изменения характеристик цвета, позволяющий оценить степень восстановления цвета трупного пятна через фиксированный интервал времени (30 секунд) в цветовых пространствах RGB и YCrCb. Установлено, что в раннем посмертном периоде характеристики цвета трупного пятна в цветовых пространствах RGB и YCrCb в динамике его восстановления изменяются. Определены численные показатели степени восстановления цвета трупных пятен и создано математическое выражение, отражающее процесс восстановления исходных характеристик трупного пятна. Создана математическая модель, отражающая зависимость между процессом изменения цветовых параметров цвета трупного пятна и давностью смерти человека. Создана компьютерная программа, которая позволяет произвести расчет давности смерти человека. Разработан подробный алгоритм исследования трупного пятна. Указанный метод установления давности смерти представлен на примере практической экспертизы.

Ключевые слова: давность смерти, фотоколориметрия, трупные пятна, скорость восстановления цвета, окраска, объективизация оценки.

## DETERMINATION OF THE PRESENCE OF HUMAN DEATH BY THE DEGREE OF RESTORATION OF THE CORPSE SPOT BY THE PHOTOCOLORIMETRIC METHOD

Vavilov A.Yu., Lakhno A.V.

*Izhevsk state medical academy of Ministry of Healthcare of Russia, Izhevsk, e-mail: izhsudmed@hotmail.com*

Cadaveric spots are one of the earliest cadaveric phenomena, which is diagnostically significant and makes it possible to determine the time interval from the moment of death of a person until the moment of discovery of his corpse. The traditional study of a cadaveric spot is carried out by studying the dynamics of the restoration of its original appearance after dosed pressure on the spot. However, both earlier and now the assessment of the dynamics of the cadaveric spot restoration is carried out visually. The researcher relies on his color sensitivity, which makes this assessment subjective. Thus, the traditional analysis of the recovery time of the initial appearance of a cadaveric spot does not contain criteria that could be used as the basis for an objective understanding of the time of death of a person, since they cannot be mathematically measured. In order to objectify the assessment of the restoration of the original appearance of a cadaveric spot, the authors propose a photocolometric method for measuring changes in color characteristics, which makes it possible to assess the degree of color recovery of a cadaveric spot after a fixed time interval (30 seconds) in RGB and YCrCb color spaces. It was found that in the early postmortem period, the characteristics of the color of a cadaveric spot in RGB and YCrCb color spaces change in the dynamics of its recovery. Numerical indicators of the degree of restoration of the color of cadaveric spots have been determined and a mathematical expression has been created that reflects the process of restoration of the original characteristics of a cadaveric spot. A mathematical model has been created that reflects the relationship between the process of changing the color parameters of the color of a cadaveric spot and the prescription of a person's death. A computer program has been created that allows you to calculate the prescription of a person's death. A detailed algorithm for the study of a cadaveric spot has been developed. The specified method of establishing the prescription of death is presented on the example of a practical examination.

Keywords: prescription of death, photocolorimetry, cadaveric stains, speed of color restoration, color, objectification of evaluation.

Раскрытие любого преступления, направленного против личности, – это несомненная заслуга успешной деятельности судебно-следственных органов и огромный вклад и грамотное участие врача – судебно-медицинского эксперта. Врач или иной специалист в области судебной медицины, находясь в составе следственно-оперативной группы на месте происшествия, при осмотре трупа может высказаться о возможной причине смерти, а также ответить на вопрос о времени наступления смерти [1]. Точное установление давности смерти человека способствует скорейшему раскрытию преступления [2, 3], так как благодаря сокращению временного интервала, в течение которого было совершено тяжкое преступление, сужается перечень подозреваемых лиц.

Во время осмотра мертвого тела на месте его обнаружения существенный интерес представляют трупные пятна, которые восстанавливают свой первоначальный вид после механического воздействия на их область. Зафиксировав временной интервал, в течение которого трупное пятно восстанавливает свою окраску, судебно-медицинский эксперт сравнивает полученное время с данными, содержащимися в справочных таблицах, получая таким образом ориентировочное время смерти человека.

Казалось бы, что указанный метод прост и эффективен, но по настоящее время допускаются ошибки при определении давности смерти указанным способом. Основная причина – субъективность исследования вследствие того, что врач – судебно-медицинский эксперт оценивает изменения цвета трупных пятен визуально, соответственно, точность указанного исследования всецело зависит от индивидуальной свето- и цветочувствительности исследователя. Кроме того, на объективность оценки могут повлиять и внешние условия, при которых происходит следственный осмотр, в первую очередь – условия освещения. Эти обстоятельства неоднократно наводили ученых-исследователей в области судебной медицины на мысль о необходимости поиска нового метода объективной оценки динамики восстановления первоначального вида трупного пятна, минимизирующего погрешность определения давности смерти, что, на наш взгляд, возможно при использовании фотометрических методов, которые уже доказали свою эффективность [4].

Исследования, которые выполнил А.В. Литвинов [5], доказали, что в случае изучения динамически изменяющихся процессов, сопряженных с изменениями окраски биологического объекта (автор анализировал цвет кровоподтеков), целесообразно использовать фотоколориметрию, причем не только цветовое пространство RGB, но, преимущественно, пространство YCrCb, яркостная и цветоразностная компоненты которого хорошо аппроксимируются математическими выражениями.

С учетом вышеизложенного перспективным представляется изучение динамики изменения цветовых характеристик трупного пятна после дозированного воздействия на него, регистрируемое с использованием современных методов цветовой фиксации и компьютерного анализа, в цветовых пространствах RGB и YCrCb.

#### Цель исследования

Повысить точность и объективность экспертного установления давности наступления смерти человека путем разработки метода количественной регистрации степени восстановления трупного пятна в раннем посмертном периоде после дозированного механического воздействия на его область.

#### Материал и методы исследования

В ходе проведения работы авторами изучена динамика восстановления первоначального вида трупных пятен на 72 трупах женщин и мужчин разных возрастных групп (от 11 до 90 лет), с разными причинами смерти, как насильственного, так и ненасильственного характера. Во всех случаях пристальное внимание уделялось времени, прошедшему с момента смерти, которое не превышало 24 часов.

Методика фотоколориметрической регистрации скорости восстановления трупного пятна после дозированного давления на его область подробно освещалась нами ранее [6], в связи с чем считаем, что на ней можно не останавливаться.

В качестве основного метода статистического исследования использован регрессионный анализ, выполняемый программным пакетом *Microsoft Office* в операционной системе *Windows X*. С помощью программы *Microsoft Excel* (одна из программ, составляющих пакет *Microsoft Office*) осуществлялась аппроксимация динамически изменяющихся значений цветовых характеристик трупного пятна с подбором математического выражения (уравнения) с коэффициентом достоверности ( $R^2$ ) более 95%, отражающего наблюдаемый тренд.

Для создания математического выражения (формулы), устанавливающей взаимосвязь между давностью смерти человека и скоростью восстановления цвета трупного пятна после дозированного на него воздействия, использовалось математическое моделирование.

Для проверки справедливости разработанной модели и точности выполненного математического моделирования выполнен так называемый слепой опыт, сущность которого заключалась в применении созданного исследовательского алгоритма к оценке времени наступления смерти лиц, не включенных в исследовательские группы, используемые для получения первичных данных. Результаты вычислений соотносились с истинным значением времени смерти человека, которое было установлено следственным путем.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Нами установлено и доказано, что цифровые характеристики цвета трупного пятна, изучаемые в цветовом пространстве RGB, изменяются в динамике его восстановления после дозированного механического воздействия, и этот процесс с достаточно высокой степенью достоверности аппроксимируется математическими выражениями (рис. 1).

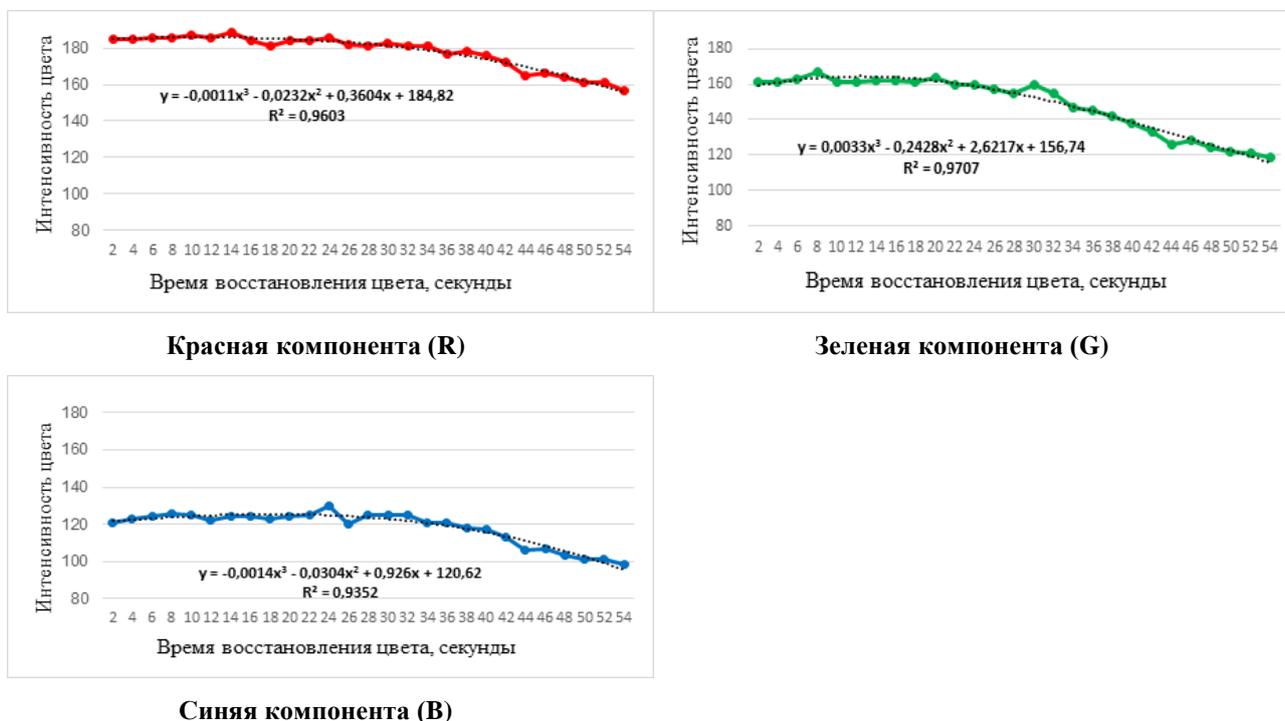


Рис. 1. Динамика изменения компонент цвета трупного пятна после дозированного на него воздействия

На следующем этапе нашей работы был осуществлен переход из цветового пространства RGB в пространство YCrCb, при этом, с целью учета индивидуальных особенностей исследуемого субъекта, мы использовали дифференциальные значения анализируемых величин – разность между исходной величиной на начало исследования трупного пятна (до воздействия на него) и через фиксированный интервал времени (30 секунд) после дозированного надавливания на пятно динамометром (выражение 1).

$$\begin{aligned}
 \Delta Y &= Y_0 - Y_{30} \\
 \Delta Cr &= Cr_0 - Cr_{30} \\
 \Delta Cb &= Cb_0 - Cb_{30}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $\Delta Y$  – разность яркости цвета трупного пятна до воздействия на него ( $Y_0$ ) и через 30 секунд после дозированного воздействия ( $Y_{30}$ );

$\Delta Cr$  – разность насыщенности цвета трупного пятна до воздействия на него ( $Cr_0$ ) и через 30 секунд после дозированного воздействия ( $Cr_{30}$ );

$\Delta Cb$  – разность цвета трупного пятна до воздействия на него ( $Cb_0$ ) и через 30 секунд после дозированного воздействия ( $Cb_{30}$ ).

Переход к использованию дифференциальных значений указанных величин (выражение 1), кроме того, был обусловлен необходимостью определения степени восстановления исходного вида трупного пятна после дозированного на него воздействия.

Чтобы определить наличие и характер зависимости между давностью смерти и дифференциальными показателями цвета трупного пятна (степенью восстановления его первоначального вида после дозированного воздействия), был проведен простой регрессионный анализ с использованием программы *SPSS 13,0 for Windows*.

Простая линейная регрессия — это модель, которая позволяет математически конкретизировать взаимосвязь между значениями, представляя ее в виде уравнения, содержащего серию заданных значений (предикторов уравнений) [7], которые оказывают определенное влияние на ее целевую характеристику (target). В этом случае коэффициенты линейной регрессии показывают скорость и величину изменения зависимой переменной в соответствии с линейным законом.

Используя изложенное, проверим зависимость  $\Delta Y$ ,  $\Delta Cr$ ,  $\Delta Cb$  от давности смерти, для чего выполним регрессионный анализ в *SPSS 13,0 for Windows*, задав в качестве целевой характеристики (target) время, прошедшее с момента смерти человека до момента фотоколориметрического исследования, а в качестве предикторов — характеристики цвета трупного пятна, определяющие степень восстановления его первоначального вида (выражение 1).

Результаты вычислений, представленные в таблице 1, показывают, как именно изменялись характеристики регрессионного анализа при определении наличия взаимосвязи между давностью смерти человека и дифференциальным значением анализируемых величин.

Таблица 1

Сводка для модели

R	R <sup>2</sup>	Скорректированный R <sup>2</sup>	Стандартная ошибка оценки	Статистика изменений		
				Изменение R <sup>2</sup>	Изменение F	Знач. изменение F
0,982 <sup>a</sup>	0,965	0,963	0,266	0,965	497,484	0,000

а. Предикторы: (константа),  $\Delta Cr$ ,  $\Delta Cb$ ,  $\Delta Y$ .

Результаты анализа вариаций (ANOVA тест) этой же модели представлены в таблице 2.

Таблица 2

Анализ вариаций (тест ANOVA<sup>a</sup>) для модели

Модель	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Значимость
Регрессия	105,601	3	35,200	497,484	0,000 <sup>b</sup>
Остаток	3,821	54	0,071		

	Всего	109,422	57		
--	-------	---------	----	--	--

- a. Зависимая переменная: DNS.  
b. Предикторы: (константа),  $\Delta Cr$ ,  $\Delta Cb$ ,  $\Delta Y$ .

Как видно из результатов анализа, существует высокая значимость (зависимость) предикторов по отношению к зависимой переменной, что позволяет утверждать о возможности построения математической модели, которая конкретизировала бы давность смерти человека, с использованием значений дифференциальных показателей цветовых характеристик изучаемых трупных пятен.

Коэффициенты для модели представлены в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты регрессионного уравнения для модели

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Значимость
	B	Стандартная ошибка	Бета		
(Константа)	2,874	0,103		27,971	0,000
dY	0,176	0,031	1,235	5,690	0,000
dCb	0,428	0,094	0,589	4,537	0,000
dCr	-0,614	0,230	-0,822	-2,669	0,010

- a. Зависимая переменная: DNS.

Таким образом, уравнение регрессии (математическая модель установления давности смерти человека цифровым фотоколориметрическим способом), характеризующееся наиболее высокой степенью точности, выглядит следующим образом:

$$DNS = 2,874 + 0,176 \times \Delta Y + 0,428 \times \Delta Cb - 0,614 \times \Delta Cr \quad (2)$$

где  $\Delta Y$  – разность яркости цвета трупного пятна по выражению (4.2);  
 $\Delta Cr$  – разность насыщенности цвета трупного пятна по выражению (4.2);  
 $\Delta Cb$  – разность цвета трупного пятна по выражению (4.2).

Это выражение было проверено в ходе «слепых опытов» на практических судебно-медицинских экспертизах, не включенных в первичный исследовательский материал. Это позволило оценить возможную погрешность разработанного нами метода и создать математическое неравенство, позволяющее объективно установить границы, в которых с вероятностью более 95% и находится истинное время смерти человека, труп которого изучен представляемым способом (рис. 2).

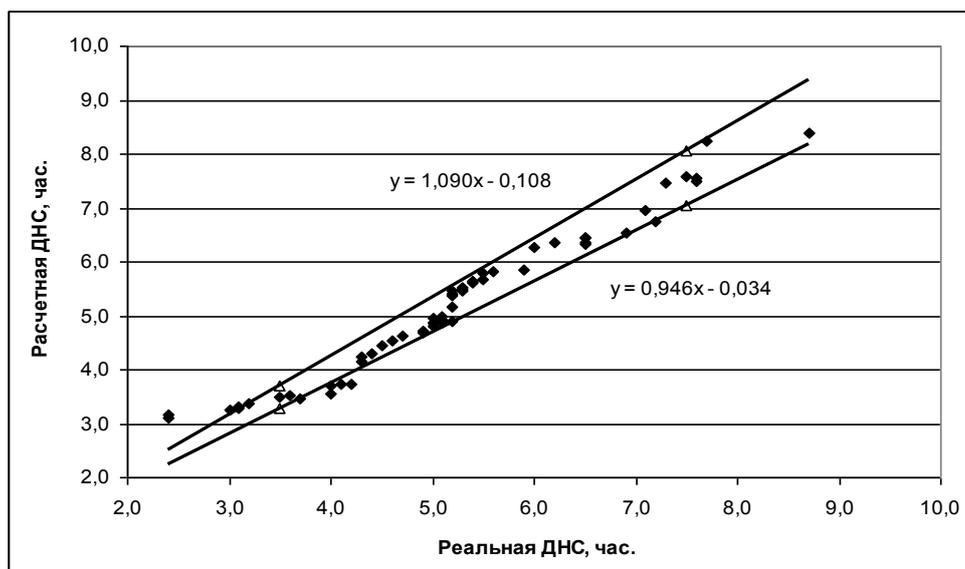


Рис. 2. Границы погрешности метода

Для установления границ погрешности метода использован алгоритм, который неоднократно применялся в судебно-медицинских научных исследованиях [8]. Разработано неравенство (выражение 3), устанавливающее границы интервала погрешности метода для достоверности (P) более 95%:

$$0,946 \times ДНС_a - 0,034 \leq ДНС \leq 1,090 \times ДНС_a - 0,108 \quad (3)$$

где  $ДНС_a$  – давность наступления смерти, рассчитанная по формуле [2], час;  
 $ДНС$  – интервальное значение давности смерти, час.

Для облегчения реализации разработанного метода определения давности наступления смерти по степени восстановления трупного пятна после дозированного на него воздействия была создана компьютерная программа (рис. 3), позволяющая по ряду параметров значений цветовых характеристик трупного пятна в системе цветности RGB, исследованных до момента дозированного воздействия на пятно и через 30 секунд после него, определить давность наступления смерти цифровым методом с указанием границ ее достоверности. Перевод из системы цветности RGB в цветовое пространство YCrCb производится расчетным путем, средствами компьютерной программы.

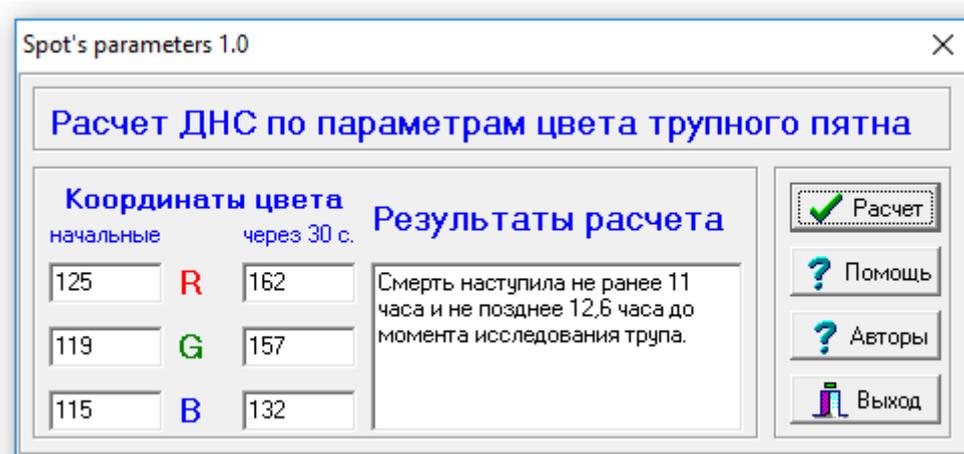


Рис. 3. Рабочее окно программы «Spot's parameters 1.0»

Проиллюстрируем методику фотоколориметрического исследования трупных пятен на практическом экспертном наблюдении.

#### *Практическое наблюдение*

Гражданин И.О.А. 1910 г.р. 26.08.2020 года у себя дома около 22 часов 00 минут употреблял спиртные напитки. В 00 часов 40 минут ушел в свою комнату. Через 2–3 минуты его супруга И.С.Т. услышала шум, после которого гражданин И.О.А. не отзывался. Далее при помощи подручных средств гражданка И.С.Т. вскрыла дверь в комнату и обнаружила своего супруга висящим в петле без признаков жизни (00 часов 52 минуты). Гражданка И.С.Т. вызвала бригаду скорой медицинской помощи, которая по приезде констатировала биологическую смерть гражданина И.О.А. После осмотра трупа на месте происшествия он был направлен на судебно-медицинскую экспертизу. Осмотр трупа производился в помещении Сосновского районного отделения ГБУЗ ЧОБ СМЭ 26.08.2020 г. в 11 часов 40 минут. Труп мужчины находится на медицинской тележке, в положении лежа на спине, руки вытянуты вдоль туловища, ноги слегка согнуты в коленных и тазобедренных суставах. С трупа снята и осмотрена следующая одежда: футболка темно-синего цвета из х/б ткани, штаны спортивные черного цвета из синтетической ткани, трусы серого цвета из х/б ткани. Вся осмотренная одежда без повреждений, с признаками ношения. Мышечное окоченение выражено хорошо во всех группах мышц. Трупные пятна обильно расположены на задней поверхности туловища и на нижних конечностях, синюшно-фиолетовой окраски. Одежда с трупа была снята, труп повернут на бок и тотчас (в 11 часов 48 минут 56 секунд) начато исследование трупного пятна (надавливание динамометром СМЭД-2 на область трупного пятна в поясничной области с последующей фотофиксацией динамики его восстановления). Истинная давность смерти составляет 12 часов. Полученные цифровые фотоснимки в формате JPEG были перенесены на персональный компьютер, и при помощи программы анализа цвета

пикселя экрана ColorPix по шкале RGB определялся цвет трупных пятен на полученных цифровых фотоснимках. Значения RGB-кодов вносились в базу кодов, составляемую в программе Microsoft Excel пакета Microsoft Office. Были получены RGB значения цвета трупного пятна до момента надавливания на него динамометром СМЭД-2: **R-125, G-119, B-115**; и через 30 секунд после этого: **R-162, G-157, B-132**.



а). До воздействия на него динамометром СМЭД-2

б). Через 30 секунд после воздействия динамометром СМЭД-2. (R-162; G-157; B-132).

Рис. 4. Внешний вид трупного пятна (практическое наблюдение)

Расчет давности наступления смерти

Вводим в диалоговое окно программы (Spot's parameters) полученные результаты: координаты цвета R (начальные и через 30 секунд), G (начальные и через 30 секунд), B (начальные и через 30 секунд) и даем команду *расчет*.

Полученные результаты

После выполнения расчетов был получен следующий результат: *Смерть наступила не ранее 11,0 часа и не позднее 12,6 часа до момента исследования трупа.*

Таким образом, на основе оценки степени восстановления трупных пятен после экспертного воздействия на них при фотоколориметрической фиксации наблюдаемого процесса установлено, что искомое значение смерти человека находится в интервале от 11,0 часов до 12,6 часов. В ходе проведенных оперативно-следственных действий работники следственно-оперативной группы, выезжавшей на место происшествия, подтвердили результаты расчетов. Истинное значение ДНС соответствовало 12 часам.

Все вышеуказанное позволило сформировать следующие выводы:

– координаты цвета трупного пятна в цветовом пространстве RGB с высокой степенью достоверности ( $P \geq 95\%$ ) описываются математически;

– при переходе в цветовое пространство YCrCb дифференциальные показатели цвета трупного пятна, которые характеризуют степень восстановления его первоначального вида после дозированного воздействия, зависят от времени, прошедшего с момента смерти

человека, что может быть использовано в основе его установления фотоколориметрическим методом;

– разработана математическая модель, практическое применение которой, в том числе в виде компьютерной реализации, позволяет математически обосновать экспертное заключение о давности смерти человека в виде установки интервала времени, в границах которого с высокой степенью достоверности (95% и выше) находится искомый момент смерти.

### Список литературы

1. Исаев Ю.С., Пикулева М.В. К вопросу о значении судебно-медицинской экспертизы при раскрытии тяжких преступлений // Сибирский медицинский журнал. 2016. № 4. С. 52-54.
2. Кильдюшов Е.М. Судебно-медицинская экспертиза давности наступления смерти новорожденных (моделирование процесса посмертного теплообмена). М.: Светлица, 2005. 213 с.
3. Кузовков А.В. Определение давности смерти человека неинвазивным термометрическим способом: автореф. дис... канд. мед. наук. Москва, 2017. 24 с.
4. Халиков А.А., Сагидуллин Р.Х. Перспективы биофизической диагностики факта насильственного механического разрешения мышечного окоченения трупа // Проблемы экспертизы в медицине. 2015. Т. 15. № 3-4 (59-60). С. 21-23.
5. Литвинов А.В. Объективизация диагностики давности происхождения кровоподтеков в колориметрической системе RGB: автореф. дис. ... канд. мед. наук Ижевск, 2015. 22 с.
6. Лахно А.В., Вавилов А.Ю. О фотоколориметрической регистрации скорости восстановления трупных пятен после дозированного давления // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view/?id=27443> (дата обращения: 25.05.2021).
7. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. М.: Ленанд, 2019. 352 с.
8. Куликов А.В., Коновалов Е.А., Вавилов А.Ю. Оценка погрешности измерения давности наступления смерти микропроцессорным прибором с терморезистивным датчиком // Проблемы экспертизы в медицине. 2006. № 1. С. 7-9.