

На правах рукописи

ЛАХНО АРТЕМИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ
ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ,
ОСНОВАННАЯ НА ДИНАМИКЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ТРУПНОГО ПЯТНА**

14.03.05 – судебная медицина (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России).

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

БАВИЛОВ Алексей Юрьевич

Официальные оппоненты:

Шишкин Юрий Юрьевич – доктор медицинских наук, Областное бюджетное учреждение здравоохранения «Бюро судебно-медицинской экспертизы Ивановской области», отдел сложных (комиссионных) экспертиз, заведующий отделом.

МАЛЬЦЕВ Алексей Евгеньевич – доктор медицинских наук, профессор, Кировское областное государственное бюджетное судебно-экспертное учреждение здравоохранения «Кировское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» Министерства здравоохранения Кировской области, начальник.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится « 16 » марта 2022 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 208.041.04, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, по адресу: 125006, Москва, ул. Долгоруковская д. 4 стр.7 (помещение кафедры истории медицины).

Почтовый адрес: 127473, г. Москва, ул. Делегатская 20/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России (127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 10а) и на сайте <http://dissov.msmsu.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д208.041.04,
кандидат медицинских наук, доцент

ХОХЛОВА Татьяна Юрьевна

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности:

Трупные пятна, как маркер биологической смерти, являются важным диагностическим явлением, изменения которого позволяют судебно-медицинскому эксперту не только предварительно сориентироваться в возможной причине ее наступления, но и высказаться о временном интервале, прошедшем до момента проведения следственного осмотра следователем, сопряженного с изучением обнаруженного мертвого тела. Судебно-медицинский эксперт или иной врач, участвующий в этом следственном действии, давая свое заключение, основывается на изменениях цвета трупных пятен, которые оценивает визуально. Субъективизм этой оценки обусловлен тем, что точность исследования во многом определяется индивидуальной цветочувствительностью самого исследователя (Измайлов Ч. А., 1995; Ерофеев С. В., Шишкин Ю. Ю., 2002; Гордюхина С. С., Григорьев А. А., 2010), а также внешними условиями, в которых происходит осмотр трупа (Литвинов А.В., 2015). Ошибка в описании цвета трупного пятна, как ориентировочного признака возможного диагноза, не является критически значимой, так как последний будет подтвержден или опровергнут в ходе вскрытия и применения различных лабораторных исследований. В тоже время объективное описание трупных пятен на месте происшествия имеет высокую значимость, так как с течением времени, прошедшего после смерти, указанное трупное явление теряет свое диагностическое значение (Новиков П.И. с соавт., 2008) и не может быть эффективно использовано в диагностических целях.

В настоящее время исследование трупных пятен обычно производится путем подсчета времени восстановления их первоначальной окраски после дозированного давления на пятно, с сопоставлением полученных значений с результатами, изложенными в справочных таблицах. Однако различия в показателях времени у разных авторов этих таблиц, измеряемые то в секундах, то в минутах, на всех этапах развития трупных пятен, ограничивают возможности применения указанного метода как самостоятельного теста (Подолько В.П., 1998).

Не существует единого мнения даже при описании изменений трупных пятен в ответ на динамометрическое воздействие. Так, например, В.П. Подолько (1998), основываясь на предшествующих работах по микроскопическому исследованию кожи, указывает на неприемлемость использования таких понятий, как «побледнение» или «исчезновение», в виду того, что кровь при давлении полностью из просвета сосудов не вытесняется.

Таким образом, для выхода из данной трудной ситуации, необходимо применять биофизические методы, а именно использовать методы фотометрии, которые доказали свою эффективность в исследованиях, выполненных М.А. Васильевым в 1959, 1960 гг. (Васильев М.А., 1959, 1960). Однако необходимо отметить, что фотометрические показатели, изученные в этих исследованиях, были чрезвычайно вариабельны, различаясь, как временем появления первых признаков, так и темпом их формирования. По нашему мнению, это обусловлено неиспользованием цифровых технологий, по причине их отсутствия в те года, когда выполнялись эти исследе-

дования, и, соответственно, на том этапе развития науки невозможности четко формализовать получаемые результаты математически в адекватно применяемом цветовом пространстве.

Цель исследования:

Объективизация диагностической процедуры установления давности смерти человека с одновременным повышением ее точности, за счет внедрения в исследовательский процесс дискретной цифровой фотографической регистрации скорости восстановления цвета трупного пятна с количественным определением значений его цветовых компонент.

Задачи исследования:

1. На основе цифровой фотографической компьютерной колориметрии разработать способ количественной регистрации характеристик цвета трупного пятна в раннем постмортальном периоде.

2. Изучить процесс количественного изменения значений цвета трупного пятна в динамике его восстановления в цветовых пространствах RGB и YCrCb в зависимости от комплекса факторов, определяющих индивидуальность конкретного объекта исследования (возраст и пол умершего, вариант танатогенеза, присутствие или отсутствие этилового алкоголя в его крови).

3. На основе полученных цифровых значений создать математическое выражение, которое может быть использовано в практической деятельности врача, участвующего в исследовании трупных явлений, для количественного достоверного ($P \geq 95\%$) расчета продолжительности посмертного интервала.

4. На материале практических экспертиз осуществить проверку разработанной количественной диагностической процедуры с оценкой ее объективности и созданием подробного алгоритма исследования мертвого тела, который позволяет применять его в условиях реальной судебно-медицинской экспертной деятельности.

Научная новизна исследования:

Произведено исследование величин цифровых характеристик цвета трупного пятна в динамике его восстановления после дозированного воздействия, дискретно количественно выражаемых в виде координаты цвета в пространствах RGB и YCrCb.

Определены численные значения характеристик цвета трупных пятен и произведено математическое описание динамики их восстановления регрессионными уравнениями с учетом комплекса факторов, обуславливающих индивидуальность объекта судебно-медицинского исследования.

Созданы математические модели, количественно характеризующие динамику восстановления координат цвета трупного пятна, восстанавливающегося после стандартизованного на него надавливания, в зависимости от продолжительности времени, предшествующего диагностической процедуре.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

Разработан способ объективизации диагностической процедуры установления давности смерти человека количественным способом – колориметрическим исследованием цифровых показателей цвета трупного пятна в цветовых пространствах RGB и YCrCb, с применением расчетных методов экспертного суждения.

Методология и методы диссертационного исследования:

Теоретико-методологической основой исследования явился системный подход к выполнению научного исследования и анализу полученных результатов (Пономарев А.Б., Пикулева Э.А., 2014).

Для регистрации изменений, происходящих с трупными пятнами, использовано *наблюдение* – форма объективного научного исследования изучаемого явления в его взаимосвязи с прочими факторами, учитываемыми в работе.

Как форма научного познания явлений, происходящих в биологическом объекте в динамике постмортального периода, использован *эксперимент* – инструментальное измерение цветовых характеристик трупного пятна в процессе его восстановления после дозированного надавливания на его область.

Для выделения отдельных характерных признаков изучаемых явлений использован *анализ* – метод исследования, позволяющий изучить влияние каждого из учитываемых нами признаков (половая принадлежность, возраст умершего человека, вариант танатогенеза, наличие/отсутствие этилового спирта в крови на момент умирания) на значения координат цвета области расположения трупного пятна и скорости восстановления его первоначального вида, оцениваемой в цветовой модели YCrCb, после стандартизованного воздействия в ходе экспертной диагностической процедуры.

Для установления связи между изучаемыми признаками и комплексного их влияния на величину изучаемых характеристик цвета использован *синтез* – метод исследования, позволяющий выразить изучаемые связи как единое целое.

На основе проведенных изучений был сделан ряд основных умозаключений (о зависимости динамики изучаемых характеристик цвета трупного пятна от давности смерти человека) и ряд дополнительных (об их зависимости от ряда дополнительных учитываемых факторов). Такой переход (от фактов к гипотезе) в методологии научного познания соответствует *индукции*.

Логические умозаключения, составившие основу выводов, были сформированы на основе анализа полученных экспериментальных данных всей исследованной совокупности наблюдений в результате перехода от общих представлений об изученных явлениях к частным их характеристикам, что соответствует *дедуктивному* методу научного исследования.

Сопоставление полученных результатов с материалами научных исследований, выполненных ранее другими авторами, отраженными в современной судебно-медицинской литературе, произведено по методу *аналогии*.

Все взаимосвязи изученных характеристик цвета трупных пятен формализованы в ходе *математического моделирования*, объективно отразившего индивидуальные черты реально исследуемого объекта во взаимосвязи его особенностей.

При переходе от абсолютных значений изучаемых параметров цвета (цветовое пространство RGB) к комплексным величинам (яркостная компонента и цветоразностные компоненты в цветовом пространстве YCrCb) произведено *абстрагирование*, позволившее несколько упростить картину изучаемого явления в тоже время ее объективизировать.

Выделены и *конкретизированы* наиболее существенные свойства, связи и отношения изучаемого явления – изменения яркостной и цветоразностных компонент в динамике посмертного периода.

Все установленные зависимости *формализованы*, т.е. выражены математически в их формульном представлении.

В ходе применения указанных методов исследования были выполнены результирующие систематизация, уточнение, методологическое прояснение изучаемой проблемы и последующая формулировка ее решения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод цифровой фотографической колориметрии, представляемый в настоящей работе, с высокой точностью количественно характеризует цвет трупного пятна в динамике его восстановления после стандартизованного воздействия, предоставляет в распоряжение судебно-медицинского эксперта цифровые значения цвета в системе RGB, закономерно изменяющиеся при увеличении промежутка времени до проведения экспертной диагностической процедуры изучения трупных пятен, что позволяет использовать их для решения задач настоящей работы.

2. Использование цветовых пространств RGB и YCrCb демонстрирует зависимость количественных характеристик цвета (цвет, яркость, насыщенность) от комплекса изучаемых факторов, определяющих индивидуальность конкретного исследованного субъекта (возраст и пол умершего, вариант танатогенеза, факт присутствия этилового алкоголя в крови на момент смерти), что обуславливает необходимость использования дифференциальных показателей цвета, учитывающих выявленные влияния.

3. Яркостная характеристика цвета в цветовом пространстве YCrCb демонстрирует четкую корреляцию с величиной продолжительности интервала времени до проведения экспертного исследования мертвого тела, может быть использована для расчета давности смерти путем создания математической модели, учитывающей характерные особенности динамики процесса, анализируемого дискретной цифровой фотофиксацией.

4. Разработанная последовательность дискретной последовательной фотофиксации и цифрового количественного исследования цвета трупного пятна в процессе его восстановления, объективизирует диагностическую процедуру судебно-медицинского исследования трупных пятен в раннем посмертном периоде с одновременным повышением ее точности ($P \geq 95\%$).

Связь работы с научными программами, планами:

Тема диссертации утверждена Ученым советом Лечебного факультета ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России (протокол заседания от 13.12.2016 г. № 3).

Диссертационное исследование входит в план НИР кафедры судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России (государственная регистрация № 121092800119-6 от 28.09.2021 г.).

Методика представляемого диссертационного исследования одобрена протоколом № 699 на заседании от 22 декабря 2020 г. **Комитета по биомедицинской этике** ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России во время обучения автора исследования в заочной аспирантуре.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности:

Паспорту специальности 14.03.05 – «Судебная медицина» (отрасль наук: медицинские науки) все научные положения диссертации соответствуют полностью.

Личное участие автора:

Автором произведен подробный анализ литературных источников за значительный временной промежуток (с XIX века по настоящее время), показана проблема экспертного изучения динамики восстановления первоначального вида трупных пятен, что выполняется в ходе проведения следственного осмотра мертвого тела. Это позволило автору обосновать актуальность исследования, сформировать его план, сформулировать цель работы и задачи, подлежащие разрешению в ходе достижения этой цели.

Дискретное цифровое фотоколориметрическое исследование трупных пятен в полном объеме выполнено автором единолично на практическом экспертном материале в ходе исполнения его должностных обязанностей врача-специалиста в районном отделении бюро судебно-медицинской экспертизы Челябинской области. Разработана методика фотоколориметрического исследования трупных пятен в раннем посмертном периоде и способ формализации координат их цвета в пространствах RGB и YCrCb.

Математически изучена динамика восстановления первоначального вида трупных пятен при проведении экспертной диагностической процедуры их исследования. Полученные количественные данные обработаны методами математической количественной и ранговой статистики, что позволило разработать оригинальное математическое выражение на основе регрессионной линейной модели, а также разработать неравенства, устанавливающие границы погрешности метода при достоверности расчета 95%. Применение этого выражения в «слепых опытах» показало высокую эффективность, что способствовало разработке алгоритма для практического применения в экспертной практике.

Группировка полученных данных, их статистический анализ и трактовка полученных результатов были проведены лично автором на основе занятий по математической статистике, входящих в план подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре.

На всех этапах выполнения диссертационного исследования личное участие автора составляло не менее 90-95%.

Степень достоверности результатов исследования:

Достоверность результатов исследования подтверждена достаточным количеством исследованного материала, изученного объективным методом количественной регистрации выявляемых изменений.

По результатам исследования был проведен последовательный статистический анализ полученных данных методами описательной статистики, корреляционного, регрессионного анализа и сравнения выборок с использованием непараметрические критериев. Статистическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office с набором функций для Excel и использованием прикладного рабочего пакета статистического анализа SPSS for Windows. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

По итогу статистического исследования выполнено математическое моделирование, точность результатов которого оценена по методу наименьших квадратов отклонений и способом «слепого опыта» на материале практических судебно-медицинских экспертиз.

Апробация диссертации:

Апробация диссертации проведена на расширенном заседании кафедры судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России с привлечением членов НП «Приволжско - Уральская Ассоциация судебно - медицинских экспертов» и сотрудников БУЗ УР «Бюро судебно - медицинской экспертизы МЗ УР» (протокол № 3 от 01 марта 2021 г.).

Обсуждение основных положений диссертации:

Различные разделы диссертационной работы, отражающие результаты, полученные в ходе выполнения этапов исследования, докладывались на заседаниях НП «Приволжско - Уральская Ассоциация судебно - медицинских экспертов» в ходе проводимых ею конференций:

- Межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы в теории и практике судебной медицины и патологической анатомии» (г. Киров, 2018);

- Межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы в теории и практике судебной медицины и патологической анатомии» (г. Киров, 2021);

Различные разделы настоящей работы на всем протяжении ее выполнения активно обсуждались на заседаниях методических советов судебно-экспертных организаций Челябинской области и Удмуртской Республики (2017-2021 гг.).

Реализация результатов исследования:

Практическая значимость представляемого диссертационного исследования подтверждается получением актов внедрения его результатов в процесс подготовки медицинских кадров в

образовательных организациях высшего образования и в практическую деятельность судебно-экспертных организаций нескольких регионов России.

Получены акты внедрения с профильных кафедр образовательных организаций:

- ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России (кафедра судебной медицины с курсом судебной гистологии ФПК и ПП);

- ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (кафедра судебной медицины);

- ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (кафедра патологической анатомии с курсом судебной медицины).

и из государственных судебно-экспертных организаций:

- ГБУЗ «Челябинское областное бюро судебно-медицинской экспертизы»;

- БУЗ УР «Бюро судебно-медицинской экспертизы МЗ УР»;

- ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» МЗ РБ.

Публикации:

По теме диссертации опубликовано 3 научных работы, из них 3 в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций материалов исследований на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Структура и объем диссертации:

Формирование диссертации по главам выполнено традиционно для подобных научных исследований.

«Введение» представлено на 13-и страницах;

«Обзор литературы» изложен на 20-и страницах;

«Материал и методы их анализа» занимают 17 страниц.

Собственные исследования составляют материал двух глав, изложены в сумме на 60-и страницах.

«Заключение» на 9-и страницах резюмирует результаты работы.

«Выводы» в количестве 5-и изложены на 2-х страницах.

«Практические рекомендации» на 4-х страницах представляют алгоритм действий врача при участии его в ходе экспертной диагностической процедуры исследования трупных пятен.

«Список использованной литературы» на 30-и страницах включает 260 позиций, 44 из которых относятся к иностранным публикациям.

Общий объем диссертации – 158 страниц.

Разделы диссертации иллюстрированы таблицами, графиками и фотографиями, общим числом 89 (таблицы – 60, рисунки – 29).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал, методы и этапы исследования:

Традиционные судебно-медицинские исследования, включающие наружный осмотр и секцию трупа, равно как и исследования мертвых тел с применением специальных методов, предусмотренных в настоящей работе, выполнены автором лично в рамках его практической деятельности в должности врача – специалиста в области судебной экспертизы (заведующего) Сосновского отдела Бюро судебно-медицинской экспертизы Челябинской области.

В период 2016-2019 гг. представляемым фотографическим колориметрическим способом исследованы 72 трупа мужчин и женщин, смерть которых наступила от различных заболеваний и внешних причин. Диапазон исследованных возрастом составил от 11 до 90 лет. Автором лично осуществлялись выезды в составе следственно-оперативной группы для участия в следственном осмотре умерших и судебно-медицинская экспертиза/исследование их мертвых тел.

Основным исследовательским методом являлась дискретная цифровая фотоколориметрия, а непосредственным изучаемым явлением – скорость восстановления цвета трупного пятна, после стандартизованного воздействия на него динамометром.

В связи с тем, что наилучшим индексом цветопередачи характеризуются вольфрамовые лампы (лампы накаливания), осветители на их основе использованы в ходе выполнения настоящей работы, с целью создания достаточной освещенности фотографируемых объектов. Стандартизованное давление на трупное пятно (2 кгс/см^2 в течение 3-х секунд) производилось динамометром СМЭД-2 после запуска серийной фотосъемки и фиксации первоначального вида трупного пятна в кадре фотоаппарата. Для фотографирования объектов применен зеркальный фотоаппарат Canon EOS 1200 с штатным фотообъективом EF-S 18-55 mm. Фотоаппарат обладает хорошей матрицей (18 мегапикселей), снимает в высоком разрешении (до $5184 \times 3456 \text{ pt}$), записывая изображения на карту памяти, как в формате jpeg, так и в несжатом виде (raw).

Фотоаппарат размещался на штативе, с целью избегания возможного смещения его положения в процессе фотофиксации, на расстоянии около 50 см от фотографируемой поверхности, под прямым к ней углом (Рис. 1).

Перед началом фотографирования рядом с трупным пятном (или на его фоне) располагался эталон белого цвета, в качестве которого рекомендуется использовать линейку с нанесенными делениями и квадратами черного и белого цветов, и выполнялось пробное фотографирование. На полученных снимках оценивалась правильность баланса белого (черные цвета на фотографии эталона цвета должны иметь координаты 0;0;0, а белые 255;255;255 в цветовом пространстве RGB). Убедившись в правильной балансировке фотоаппарата, производилась его настройка на серийную фотосъемку с частотой 1 кадр каждые 2 секунды (эталон цвета – измерительная линейка, при этом убирался из кадра) и запись снимков в формат jpeg, как наиболее распространенный.



Рис. 1. Расположение осветителя и фотоаппарата по отношению к объекту фотофиксации

После запуска серийной фотосъемки и фиксации первоначального вида трупного пятна (Рис. 2а) в кадре фотоаппарата производилось стандартизованное давление на трупное пятно (2 кгс/см² 3 секунды) динамометром СМЭД-2 (Рис. 2б).



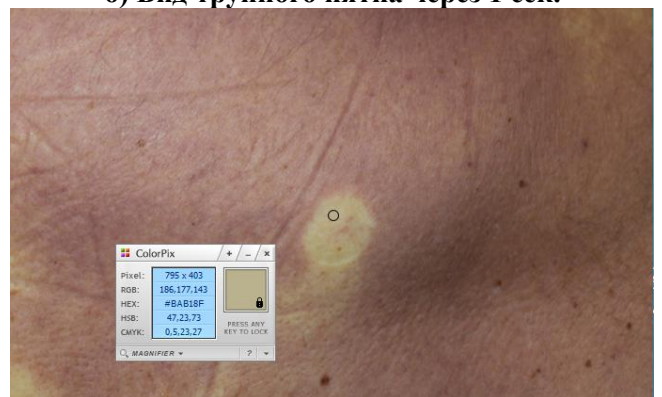
а) Исходный вид трупного пятна



б) Вид трупного пятна через 1 сек.



в) Трупное пятно, визуально восстановившее свой вид



г) Регистрация цифровых характеристик трупного пятна

Рис. 2. Внешний вид трупного пятна на различных этапах исследования

Фотосъемка проводилась до полного восстановления первоначального вида трупного пятна, что оценивалось визуально и в течение 1-й минуты после этого. После чего процесс фототирования останавливался. Серия фотографических изображений изучалась на компьютере. На серии фотографий выбирались снимки – исходный вид пятна (Рисунок 2а), вид пятна через 1 секунду после стандартизованного воздействия динамометром (Рисунок 2б), и конечный вид пятна, внешне визуально восстановившего первоначальный вид (Рисунок 2в).

На каждом фотографическом изображении трупных пятен в зоне проведенного надавливания динамометром (как до воздействия, так и после него) производилось определение координат цвета участка в системе RGB. Нами использована программа ColorPix (Рисунок 2г), разрешенная ее авторами к некоммерческому применению. Программа позволяет измерить цвет пикселя экрана в значениях координат пространства RGB в месте, на которое указывает курсор манипулятора – мыши. Для достижения наибольшей объективности указанная процедура выполнялась 3-5 раз. Координаты цвета фиксировались на бумаге с последующим внесением их в базу данных наряду с факторами, учитываемыми нами в работе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как указано выше, в работе производилась количественная фиксация изменений в области трупного пятна, через строго фиксированные интервалы времени между замерами (кадрами фотосъемки), с последующим описанием динамического процесса в цветовом пространстве RGB через изменения во времени компонент красного (R), зеленого (G), синего (B) цветов.

Примером служит следующее практическое наблюдение (Рис. 3).

Согласно обстоятельств дела, мужчина 1982 года рождения, совершил самоубийство путем повешения 18.02.2017 г., в 19:00 час. Причина смерти – механическая странгуляционная асфиксия (повешение). Концентрация этилового спирта в крови умершего, определенная газохроматографическим исследованием, составила 3,5%.

Исследование трупного пятна выполнено в поясничной области спины трупа. Дата и время начала исследования: 18.02.2017 г. в 23 часа 26 минут 54 секунды.

На первой фотографии представлены координаты цвета трупного пятна до воздействия на него (R-157; G-119; B-98). Через 2 секунды после начала диагностической процедуры (фото 2), в месте давления динамометром виден округлый участок изменившегося цвета (R-185; G-161; B-121). В последующем на 36 секунде диагностической процедуры создается зрительное ощущение восстановления трупным пятном своего первоначального вида. Однако, фотоколориметрическая оценка цвета участка, на который производилось воздействие, показывает (фото 8), что такое восстановление еще не произошло (R-177; G-145; B-121) и полное восстановление (возврат к начальным координатам цвета трупного пятна) количественно регистрируется только к 48-ой секунде экспертной диагностической процедуры (фото 10).



Фото 1. Область трупного пятна до момента надавливания. Исходные данные (R-157; G-119; B-98)



Фото 2. Через 2 секунды после дозированного надавливания (R-185; G-161; B-121).



Фото 3. Через 6 секунд после дозированного надавливания (R-186; G-163; B-124).



Фото 4. Через 12 секунд после дозированного надавливания (R-186; G-161; B-122).

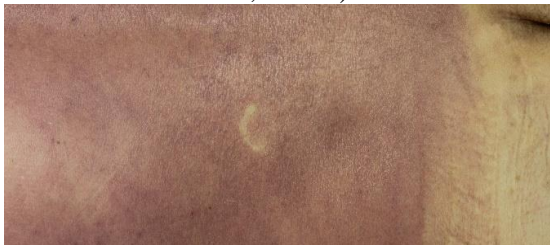


Фото 5. Через 18 секунд после дозированного надавливания (R-181; G-161; B-123).

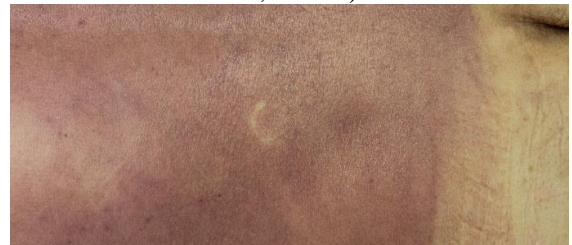


Фото 6. Через 24 секунды после дозированного надавливания (R-186; G-160; B-130).



Фото 7. Через 30 секунд после дозированного надавливания (R-183; G-160; B-125).



Фото 8. Через 36 секунд после дозированного надавливания (R-177; G-145; B-121).

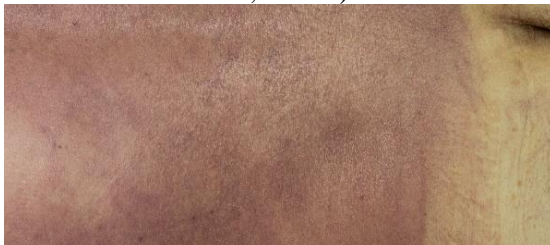


Фото 9. Через 42 секунды после дозированного надавливания (R-172; G-133; B-113).

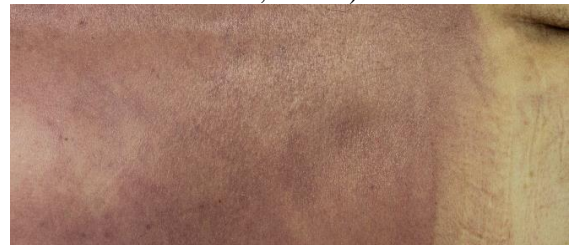


Фото 10. Через 48 секунд после дозированного надавливания (R-157; G-119; B-98).

Рис. 3. Динамика изменения вида трупного пятна на фотоснимках

Установлено, что цифровые параметры цвета трупного пятна, изучаемые в цветовом пространстве RGB, меняются в динамике его восстановления после дозированного воздействия,

и этот процесс с достаточно высокой степенью достоверности может быть аппроксимирован математическими выражениями - полином третьей степени (Рис. 4).

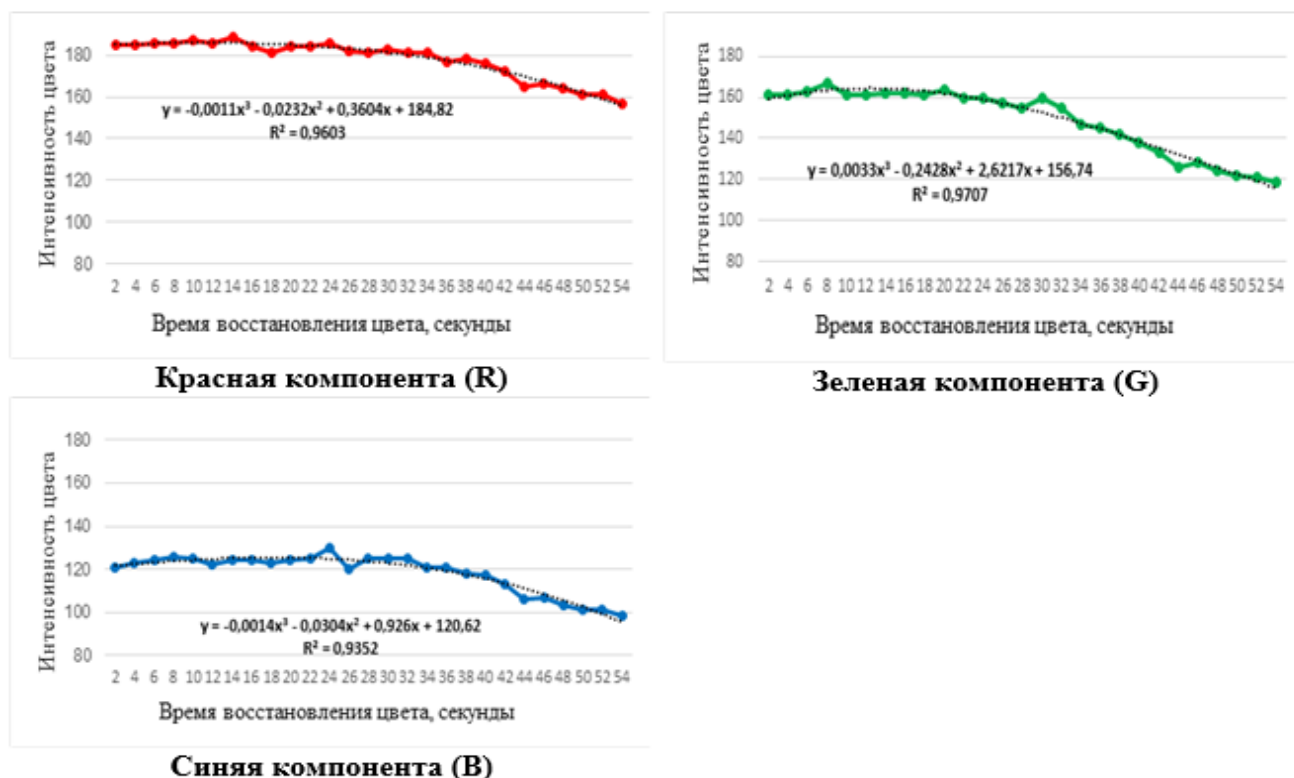


Рис. 4. Динамика изменения составляющих цвета трупного пятна после дозированного на него воздействия

В целом исследуемый процесс может быть формализован и в общем виде выражен математически уравнением (1).

$$y = A \times x^3 - B \times x^2 + C \times x + D \quad (1)$$

где y – значение параметра по оси y (интенсивность цвета);
 x – значение параметра по оси x ;
 A, B, C, D – коэффициенты полиномиального уравнения, отражающие его динамику и расположение относительно оси y .

Для установления возможности влияния на динамику восстановления первоначального вида трупного пятна после дозированного на него надавливания, было решено изучить зависимость указанных коэффициентов от ряда дополнительных факторов, учитываемых в работе (пол и возраст умершего, вариант танатогенеза, наличие этанола в крови умирающего). Анализ проведен с помощью методов ранговой статистики.

Таким образом было установлено:

а) паспортный возраст умершего человека можно не принимать во внимание, при анализе динамики восстановления первоначального вида трупного пятна, после дозированного на него надавливания, так как результаты корреляционной зависимости меньше установленного для медико-биологических исследований (95%).

б) половая принадлежность умершего человека в единичных случаях может повлиять на результаты исследования, что, хотя и не носит закономерный характер, требует разработки способа анализа цвета трупного пятна, свободного от указанной зависимости.

в) при изучении влияния факта этанолемии на процесс изменения цвета трупного пятна в ходе экспертной диагностической процедуры, выявлены единичные различия, не имеющие закономерный характер. Однако сам факт их выявления требует разработки способа анализа, свободного от указанной зависимости, аналогично указанному в предыдущем пункте.

г) вариант танатогенеза влияет на динамику восстановления первоначального вида трупного пятна, восстанавливающего свой первоначальный вид после стандартизованного воздействия на него динамометром, так как анализ всех коэффициентов цветовых составляющих RGB, показал множественные статистически значимые различия, имеющие закономерный характер.

Влияние варианта танатогенеза, объективно установленное нами, совершенно новым способом подтверждает зависимости, ранее изученные и доказанные работами Ф. Г. Джемшиди (1985); В.П. Подоляко (1998) и других авторов.

Исследования, проведенные с координатами цвета трупного пятна в цветовой системе RGB, показали их перспективность, однако продемонстрировали и ряд сложностей, обусловленных необходимостью учета индивидуальных особенностей (пол, возраст индивида, вариант танатогенеза), что затруднительно осуществить в ходе работы профильного специалиста по судебной медицине в виду отсутствия соответствующих рекомендаций по учету этих влияний.

Научная работа, которую выполнил А.В. Литвинов (2015), показала, что с целью изучения динамических процессов, которые связаны с изменениями цвета биологических объектов (автор изучал цвет кровоподтеков), наиболее перспективным является использование пространства YCrCb, яркостная (Y) и цветоразностные (Cr, Cb) компоненты которого хорошо аппроксимируются математическими уравнениями.

Чтобы зафиксировать степень восстановления трупного пятна, связанную с временем, прошедшим с момента смерти, мы использовали временной промежуток 30 сек, с начала дозированного надавливания на область трупного пятна, и при этом получили тренды, которые представлены на рисунке (Рис. 5.).

В течении 30 секунд восстановления первоначального вида трупного пятна после дозированного на него воздействия, компоненты Cr и Cb меняются очень сложным образом, в то время как, яркостная компонента Y, демонстрируя прямолинейный рост на начальном этапе тренда (после стандартизованного воздействия медицинским динамометром), в последующем достаточно равномерно снижается к исходным (начальным) значениям.

Это позволяет предположить, что именно яркостная компонента с высокой точностью может быть описана математически в динамике ее изменений, и именно ее изменения в первую

очередь необходимо использовать при создании способа расчета продолжительности постмор- тального периода на основе количественной регистрации изменений цвета трупного пятна.

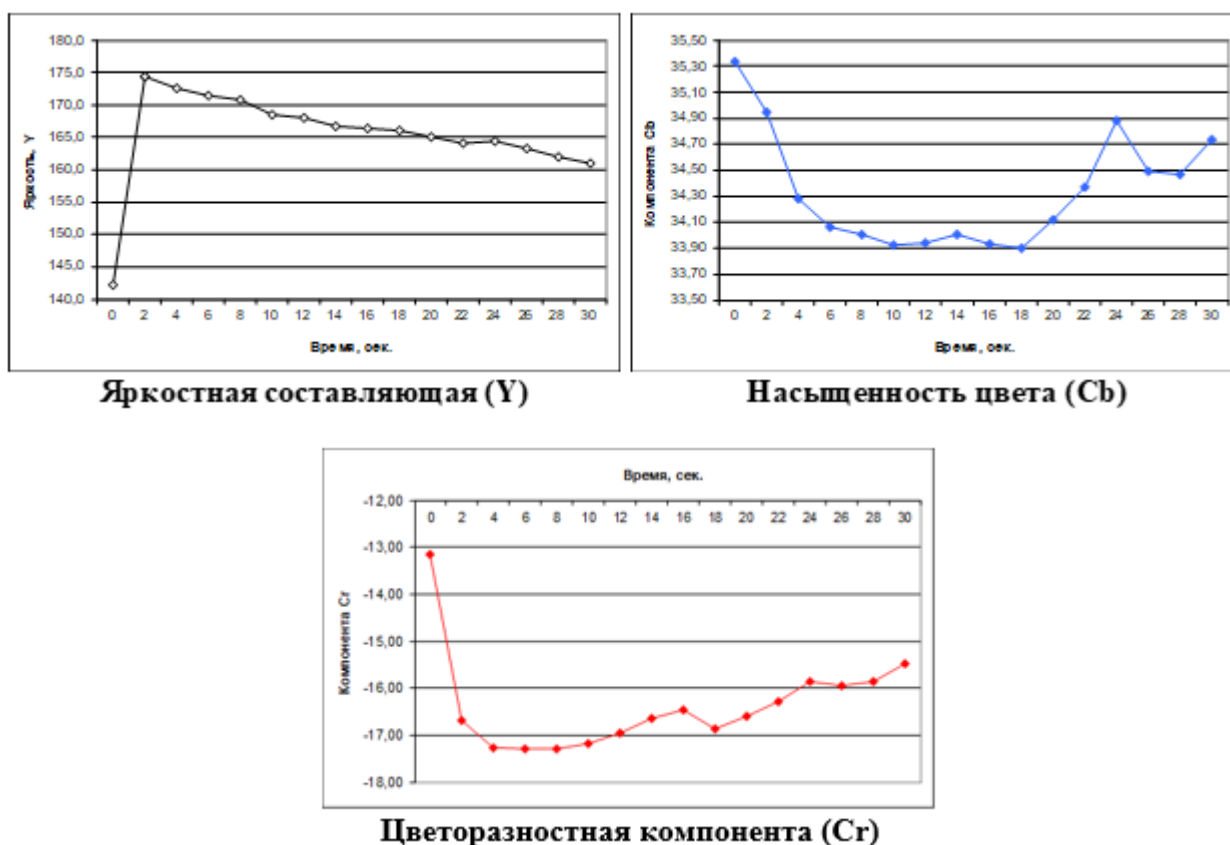


Рис. 5. Динамика цвета трупного пятна в системе YCrCb

Действительно, как показал проведенный регрессионный анализ, изменения яркости трупного пятна хорошо описываются линейным уравнением, с уровнем достоверности аппроксимации более 95% (Рис. 6).

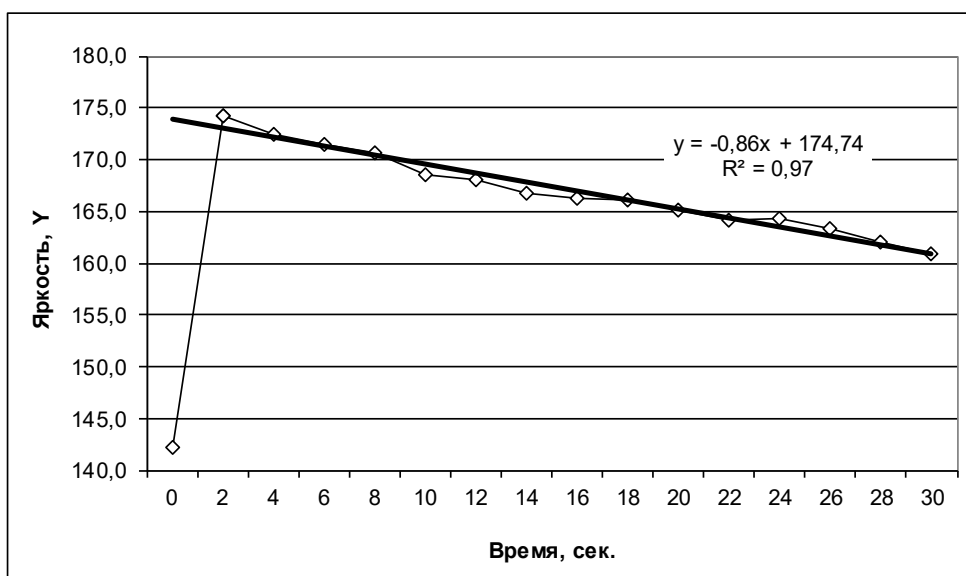


Рис. 6. Уравнение линейной регрессии, аппроксимирующее изменения яркостной компоненты трупного пятна в динамике ее восстановления после механического воздействия.

На основании изложенного выше, считаю, что в динамике восстановления трупного пятна, наиболее закономерно восстанавливается яркость трупного пятна, а не его цвет, либо насыщенность. Это означает, что в основу диагностики давности наступления смерти фотоколориметрическим способом - необходимо положить яркостную компоненту в виде ее дифференциального показателя, а прочие цветоразностные компоненты (C_r , C_b), также учитывая как разность между исходной величиной на начало исследования пятна (до воздействия на пятно) и через фиксированный интервал времени (30 секунд в настоящем исследовании) после дозированного надавливания (выражение 2), использовать в качестве дополнительных характеристик.

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y_0 - Y_{30} \\ \Delta C_r &= C_{r_0} - C_{r_{30}} \\ \Delta C_b &= C_{b_0} - C_{b_{30}} \end{aligned} \quad (2)$$

где ΔY – разность яркости цвета трупного пятна до воздействия на него (Y_0) и через 30 секунд после дозированного воздействия (Y_{30});
 ΔC_r – разность насыщенности цвета трупного пятна до воздействия на него (C_{r_0}) и через 30 секунд после дозированного воздействия ($C_{r_{30}}$)
 ΔC_b – разность цвета трупного пятна до воздействия на него (C_{b_0}) и через 30 секунд после дозированного воздействия ($C_{b_{30}}$).

Следующим этапом была разработка математического выражения для расчета ДНС по степени восстановления первоначального вида трупного пятна.

Для того, чтобы установить наличие и характер зависимости между давностью наступления смерти и дифференциальными характеристиками цвета трупного пятна, нами был произведен простой регрессионный анализ с использованием программы *SPSS for Windows*.

Коэффициенты линии наилучшего соответствия математического выражения предсказания величины целевой характеристики (давность смерти) в зависимости от изменения величин предикторов (ΔY , ΔC_r , ΔC_b), рассчитанные в ходе анализа, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты регрессионного уравнения для модели 2

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Значимость
		B	Стандартная ошибка	Бета		
2	(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

При этом уравнение линии наилучшего соответствия (зависимости) между указанными величинами (регрессионное уравнение), с учетом коэффициентов из таблицы, следует представить следующим образом:

$$ДНС = 2,874 + 0,176 \times \Delta Y + 0,428 \times \Delta Cb - 0,614 \times \Delta Cr \quad (3)$$

где ΔY – разность яркости цвета трупного пятна по выражению (2);
 ΔCr – разность насыщенности цвета трупного пятна по выражению (2);
 ΔCb – разность цвета трупного пятна по выражению (2).

По мнению автора работы, представленное уравнение следует использовать для расчета продолжительности времени (ДНС), предшествующего колориметрическому исследованию, разработанным способом по скорости восстановления цвета трупного пятна после стандартизованного воздействия на пятно динамометром.

Традиционно разработка выражения, математически отражающего погрешность метода, осуществляется путем расчета по проверяемому уравнению случаев с заведомо известными характеристиками и проверки на совпадение расчетных и реальных значений целевой величины, с установлением максимальной абсолютной и относительной величины погрешности в границах доверительного интервала достоверности, принятого на начальных этапах работы. В настоящем исследовании уровень достоверности получаемых результатов установлен автором как соответствующий не менее чем 95% значимости.

Формирование неравенства, оценивающего точность разработанной математической модели (выражение 3) произведено по алгоритму, представленному в научной литературе (Куликов А.В., Коновалов Е.А., Вавилов А.Ю., 2006):

Сформировано конечное неравенство (4), рекомендуемое для расчета границ точности выражения (3) в ходе его практической реализации колориметрическим методом по скорости восстановления цвета трупного пятна после стандартизованного воздействия на пятно:

$$0,946 \times ДНС_a - 0,034 \leq ДНС \leq 1,090 \times ДНС_a - 0,108 \quad (4)$$

где $ДНС_a$ – расчетная давность наступления смерти, час;
 $ДНС$ – реальная давность наступления смерти, час.

В границах, устанавливаемых данным неравенством, находится давность смерти, вычисленная с погрешностью, не превышающей 5% результирующей величины (Рис. 7).

Для того, чтобы облегчить внедрение разработанного метода определения давности наступления смерти по динамике восстановления трупного пятна после дозированного на него воздействия, была создана компьютерная программа “*Spot's parameters 1.0*” (Рис. 8), которая позволяет по ряду замеров параметров цветовых характеристик трупного пятна в системе цветности RGB, провести расчет ДНС цифровым методом с указанием границ ее достоверности.

Проверка метода выполнена на материале трех практических наблюдений.

В первом наблюдении в ходе расчета времени смерти гражданина И.Ф.А. было установлено, что он умер в интервале от 11-и и до 12,6 часов до начала производства следственного

осмотра и проведения диагностической экспертной процедуры исследования трупных пятен, что полностью согласовывалось со следственными данными (давность смерти – 12 часов).

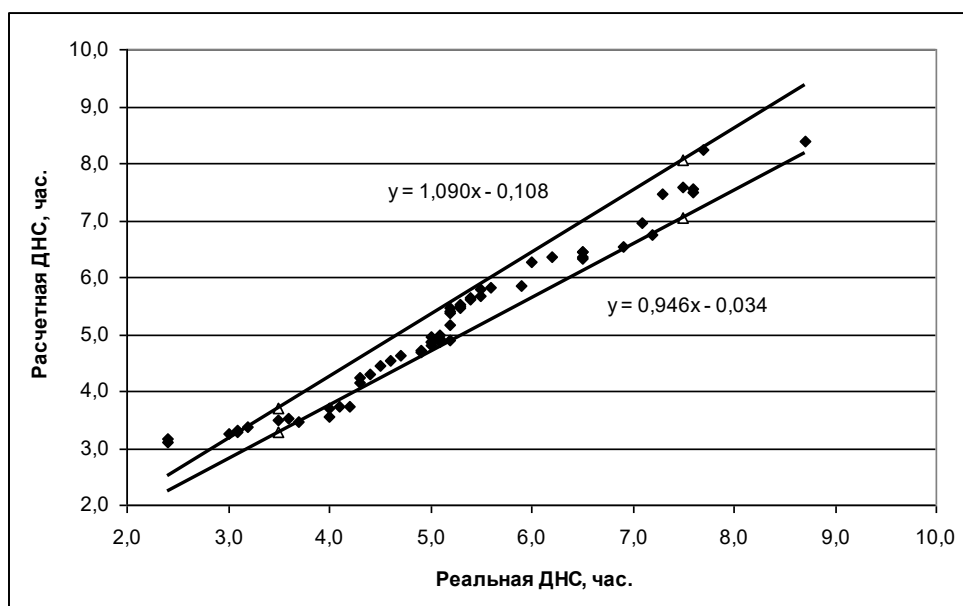


Рис. 7. Границы погрешности метода

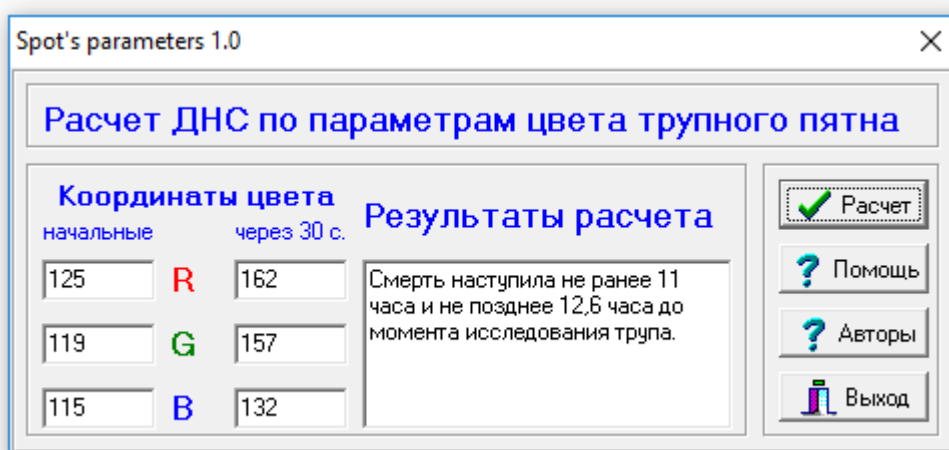


Рис. 8. Рабочее окно программы «Spot's parameters 1.0»

Во втором наблюдении рассчитано, что гражданин К.В.Ю. умер в интервале от 5-и до 5,7 часов до начала проведения диагностической процедуры, что также согласуется со следственными данными (давность смерти – 5,5 часов).

В третьем наблюдении определено, что гражданин П.А.И. скончался в интервале от 5,1 до 5,8 часов до начала исследования, что также полностью согласуется с данными следствия (значение давности смерти – 5,5 часов).

Автор считает, что апробируемая модель доказала соответствие заявленным характеристикам, позволяя объективизировать экспертную диагностическую процедуру исследования трупных пятен с одновременным повышением точности заключения эксперта.

ВЫВОДЫ

1. Численные характеристики цвета трупного пятна, регистрируемые цифровым фотоколориметрическим способом в цветовой системе RGB, в динамике восстановления после дозированного воздействия с высокой степенью достоверности ($P \geq 95\%$) описываются полиномиальным уравнением третьей степени. При этом коэффициенты полиномиального уравнения (условно обозначенные нами A, B, C, D), спорадически зависят от половой принадлежности, возраста умершего и факта присутствия этилового спирта в его крови на момент умирания. В тоже время установлено, что вариант танатогенеза оказывает значимое достоверное систематическое влияние на анализируемые параметры.

2. Переход в цветовое пространство YCrCb показал, что наиболее значимой характеристикой трупных пятен, наиболее закономерно изменяющейся во времени после дозированного воздействия на пятно, является его яркость (Y), высоко достоверно ($P \geq 95\%$) описываемая простой линейной зависимостью, в то время как собственно цвет (Cb) и его насыщенность (Cr) изменяются более сложным образом, что требует их учета в комплексе изученных параметров трупных пятен.

3. Абсолютная величина дифференциальных значений цифровых характеристик цвета трупных пятен в цветовом пространстве YCrCb, вычисляемая как разность между измеренным параметром до стандартизованного воздействия и через 30 секунд после него ($Y_0 - Y_{30}$, $Cr_0 - Cr_{30}$, $Cb_0 - Cb_{30}$), определяется продолжительностью времени, предшествующего диагностической процедуре, математически описываясь регрессионным уравнением вида:

$$ДНС = A \times \Delta Y + B \times \Delta Cb - C \times \Delta Cr + D$$

где ΔY – дифференциальное значение яркости трупного пятна;
 ΔCr – дифференциальное значение насыщенности цвета трупного пятна;
 ΔCb – дифференциальное значение цвета трупного пятна.
A, B, C, D – коэффициенты уравнения регрессии.

4. Проверка разработанной математической модели на материале «слепых опытов» (экспертных наблюдений динамики восстановления трупных пятен на мертвом теле с точно известным временем смерти субъекта) показала возможность ее практического применения в ходе использования предлагаемого объективного метода документальной (фотографической) фиксации. Для достоверного экспертного суждения о погрешности расчета созданы неравенства, ограничивающие и конкретизирующие ее границы.

5. Для облегчения практического внедрения и использования представленного метода фотографической колориметрии в условиях бюро судебно-медицинской экспертизы апробирован алгоритм действий врача – судебно-медицинского эксперта при осмотре и изучении трупных пятен на мертвом теле. Создана компьютерная программа “*Spot's parameters 1.0*”, ра-

ботающая на персональных компьютерах в среде *Windows*, с высокой точностью выполняя рутинные математические расчеты, предусмотренные представленным методом.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В ходе производства экспертной диагностической процедуры по исследованию трупных пятен, рекомендуется следующий рабочий алгоритм:

I. Фотографическая регистрация цвета трупного пятна:

Для достижения наилучшего конечного результата необходимо непосредственно в самом начале исследования мертвого тела создать условия, способствующие получению фотоснимков максимального качества. Для этого требуется выполнить ряд условий:

1. Создать хорошее освещение объекта. Для этого использовать лампы накаливания (вольфрамовые) с мощностью около 100 Вт и цветовой температурой 2650-3400°К. Осветитель располагать на фиксированном расстоянии до объекта под углом около 45° к освещаемой поверхности, стремясь избегать формирования на ней бликов или теней от других объектов. Если освещаемая поверхность влажная, допустимо предварительно осушить ее промокательными движениями мягкого хлопчатобумажного чистого материала.

2. Для фотографирования рекомендуется использовать фотоаппараты, относящиеся к классу зеркальных, имеющие разрешающую способность матрицы не менее 3,0 мегапикселей. Обязательным условием является способность фотоаппарата к серийной фотосъемке с интервалом в 2-3 секунды и наличие аппаратной балансировки белого цвета. Фотоаппарат размещается на штативе, с целью избегания возможного смещения его положения в процессе фотофиксации, на расстоянии около 50 см от фотографируемой поверхности. Рядом с фотографируемым трупным пятном располагается эталон белого цвета, в качестве которого рекомендуется использовать линейку с нанесенными делениями и квадратами черного и белого цветов, и выполняется пробное фотографирование. На полученных снимках оценивается правильность баланса белого (черные цвета на фотографии эталона цвета должны иметь координаты 0;0;0, а белые 255;255;255 в цветовом пространстве RGB). Убедившись в правильной балансировке фотоаппарата, его следует настроить на серийную фотосъемку с частотой 1 кадр каждые 2 (3) секунды (выбирается исходя из возможностей используемой аппаратуры) и запись снимков в формат jpeg или raw (при возможности).

3. После запуска серийной фотосъемки и фиксации первоначального вида трупного пятна в кадре фотоаппарата производится стандартизованное давление на трупное пятно (2 кгс/см² 3 секунды) динамометром СМЭД-2 или аналогичным. Воздействие иным предметом, не позволяющим жестко стандартизовать силу давления, например, пальцем, категорически не до-

пускается! Фотосъемка проводится не менее 35-40 секунд после воздействия на пятно, после чего процесс фотографирования останавливается.

4. Фиксируется время проведения фотографической процедуры для последующего указания его в «Акте судебно-медицинского исследования» или в «Заключении эксперта», а также модель использованного фотоаппарата и осветителей.

II. Определение координат цвета трупного пятна:

Серия полученных цифровых фотоизображений трупного пятна копируется в компьютер или на съемный носитель информации и изучается следующим образом:

1. Серия фотографических изображений, полученная на предыдущем шаге алгоритма, открывается программой для просмотра изображений, определяемой исходя из используемой на компьютере операционной системы (Windows, Unix, Linux, Mac OS и др.), а также из личных предпочтений исследователя. На серии фотографий выбираются два снимка – исходный вид пятна, и вид пятна через 30 секунд после стандартизованного воздействия динамометром – конечный вид пятна.

2. На фотографическом изображении конечного вида трупного пятна зрительно выбирается участок наивысшей яркости в зоне проведенного надавливания и в этой области производится определение координат цвета участка в системе RGB. Определение координат цвета может проводиться силами программы, в которой осуществляется просмотр фотоизображений (при наличии технической возможности), либо специализированными средствами оценки цвета пикселя изображения. Для достижения наибольшей объективности рекомендуется выполнить указанную процедуру несколько раз (3-5 раз). Координаты цвета записываются на бумаге, либо фиксируются в компьютере. Аналогично оценивается цвет трупного пятна на фотоснимках его исходного состояния. Рекомендуется оценивать исходный цвет трупного пятна именно в той области, цвет которой регистрировался на конечном снимке!

III. Оценка давности наступления смерти

Указанный этап экспертной работы производится по алгоритму:

1. Перевод RGB-кодов цвета трупного пятна в цветовую модель YCrCb. Расчет выполняется для RGB-кодов исходного цвета трупного пятна и его измененного состояния на конечном снимке.

2. Вычисление дифференциальных значений координат цвета модели YCrCb.

3. Расчет давности смерти по формуле (3). Полученное значение ДНС используется на следующем шаге настоящих «Практических рекомендаций».

IV. Определение границ истинного значения давности смерти.

Значение давности смерти, определенное по выражению (3) является собой «Расчетную ДНС», применять которую в официальных экспертных документах не рекомендуется, т.к. это всего лишь промежуточный результат вычислений, не соотношенный с погрешностью метода.

Для определения границ истинного значения давности смерти следует использовать математический расчет по выражению (5).

Границы, определенные по выражению (5), используются на следующем шаге для формирования экспертного суждения.

V. Включение в «Заключение эксперта» суждения о давности смерти субъекта, труп которого изучался фотоколориметрическим способом.

Экспертное заключение рекомендуется формировать суждением вида:

«Учитывая скорость восстановления первоначального вида трупных пятен, регистрируемую объективным фотоколориметрическим методом, считаю, что смерть гражданина/гражданки (ФИО) наступила не ранее (значение нижней границы вычисленного интервала ДНС) и не позднее (значение верхней границы вычисленного интервала ДНС) до момента проведения фотофиксации цвета кровоподтеков (указывается дата и время фотофиксации).

Для того, чтобы ускорить математический расчет и повысить удобство применения представленного способа рекомендуется использовать программу “**Spot's parameters 1.0**”.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Вавилов, А. Ю. О фотоколориметрической регистрации скорости восстановления трупных пятен после дозированного давления / А.Ю. Вавилов, А.В. Лахно // **Современные проблемы науки и образования**. – 2018. - № 2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view/?id=27443> (дата обращения: 25.02.2021).
2. Лахно, А. В. Математическое моделирование постмортального охлаждения трупа при нестабильных внешних температурах /А.В. Лахно, А.А. Халиков, Т.В. Найденова, К.А. Бабушкина // **Современные проблемы науки и образования**. – 2019. - № 1.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view/?id=28498> (дата обращения: 25.02.2021).
3. Вавилов, А. Ю. Определение давности смерти человека по степени восстановления трупного пятна фотоколориметрическим методом / А.Ю. Вавилов, А.В. Лахно // **Современные проблемы науки и образования**. – 2021. – № 3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30921> (дата обращения: 02.07.2021).

Подписано в печать: 15.12. 2021
Формат А5
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Тираж 100 Экз.
Заказ №22417
Типография ООО "Цифровичок"
117149, г. Москва, ул. Азовская, д. 13