

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ВЫЯВЛЕНИЯ  
СЛЕДОВ РУК НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ БУМАГИ**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки магистратуры 2 курса 2293 группы  
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»,  
профиль «Криминалистическое материаловедение»  
института физики

Зайцевой Елизаветы Александровны

Научный руководитель,  
доцент, к.ф.-м.н., доцент  
\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

О.Р. Матов

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор  
\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.Б. Вениг

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Саратов 2024

**Введение.** Одним из наиболее широко используемых инструментов в криминалистике является выявление следов пальцев рук и последующая идентификация по этим следам. Следы пальцев являются уникальными для каждого человека и могут служить доказательством присутствия человека на месте преступления.

Однако, при работе с различными типами материалов, например, с разными видами бумаги, возникают определённые трудности в проявлении следов пальцев. Существует несколько способов и технологий, которые применяются в криминалистике для этой цели, но эффективность каждого из них может отличаться в зависимости от типа бумаги.

Целью выпускной квалификационной работы является определить наиболее эффективные способы обнаружения следов пальцев на различных типах бумаги.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести проявление следов в парах цианакрилата;
- провести проявление следов нингидрином контактным методом и экспресс-методом;
- провести проявление следов в замкнутом пространстве возгонкой йода при комнатной температуре и пропусканием струи воздуха через толщу кристаллов йода из йодной трубки;
- выявить для каждой поверхности наиболее эффективный способ обнаружения.

Выпускная квалификационная работа занимает 71 странице, имеет 48 рисунков и 3 таблицы.

Обзор составлен по 26 информационным источникам.

Во введении рассмотрены актуальность и поставленная цель данной темы магистерской работы.

Первый раздел посвящен описанию теории о следах пальцев рук, характеристик поверхностей, классификации и свойств бумаги, химических и физико-химических методов выявления следов рук.

Во втором разделе работы представлено экспериментальное исследование обнаружения следов пальцев рук на различных сортах бумаги с помощью цианакрилата, нингидрина и йода.

Новизна работы состоит в том, что в результате проведенного исследования с учетом свойств поверхности для каждого типа бумаги были сделаны рекомендации по применению химических реагентов для обнаружения следов рук. Это важно для судебной экспертизы и следственной практики, так как помогает установить личность и причастность к преступлению.

Положения, выносимые на защиту:

- определить на какой бумаге эффективнее всего проявляет следы пальцев цианакрилат;
- установить на какой бумаге лучше всего выявляет следы пальцев нингидрин;
- определить на какой бумаге эффективнее всего обнаруживает следы пальцев йод.

### **Основное содержание работы**

Поверхность кожи всегда покрыта потожировыми выделениями, которые прилипают к следовоспринимающим поверхностям, образуя след. К компонентам следа относятся различные неорганические и органические соединения. Основными являются вода, хлориды, аминокислоты и липиды [1, 2].

От микрорельфа и свойств следовоспринимающей поверхности будет зависеть выбор метода выявления следов, а следовательно, и эффективность выявления.

Все поверхности можно разделить на три группы: пористые, полупористые и непористые.

Любая поверхность, склонная к быстрому поглощению следа пальца, может быть классифицирована как *пористая поверхность* (например, термобумага, крафт-бумага, денежная купюра). Водорастворимые компоненты впитываются в первые несколько слоев поверхности в течение нескольких

секунд после нанесения следа. Во время впитывания вода испаряется, оставляя после себя смесь аминокислот, мочевины и хлоридов. Нерастворимые в воде компоненты, полутвердая сложная смесь жиров, восков и спиртов, при нормальных условиях остаются на поверхности в течение долгого времени.

Любая поверхность, которая не впитывает ни одного компонента скрытых следов пальцев, классифицируется как *непористая поверхность* (глянцевая бумага, конвертная бумага). Эмульсия, состоящая из растворимых и нерастворимых в воде компонентов следа пальца, остается на поверхности в течение значительного периода времени, если она не удалена с поверхности или не разрушилась в результате старения или воздействия окружающей среды.

Любая поверхность с промежуточными характеристиками, которая не подходит ни к пористой, ни к непористой группе, обычно классифицируется как *полупористая* (полимерные банкноты, вощеная оберточная бумага). Поверхность поглощает водорастворимый компонент, но медленнее, чем пористые поверхности. Нерастворимый в воде компонент остается на поверхности гораздо дольше, чем на пористой поверхности, но не так долго, как на непористой поверхности [2, 3].

Подробно рассмотрим какие материалы применяются в бумажном производстве, влияющие на свойства готовой бумаги.

Обычно различные характеристики бумаги или картона достигаются путем следующих методов: выбором исходных материалов для производства бумаги, то есть составление её композиции по роду волокон с учётом их бумагообразующих свойств; изменением технологических параметров одного или нескольких основных процессов производства бумаги (размола, отлива, сушки); добавлением различных компонентов в бумажную массу; отделкой бумаги, включая процессы каландрирования, крепирования, гофрирования, тиснения, а также операции поверхностной обработки с применением химических веществ (поверхностная проклейка и пропитка, мелование, окраска, лакирование, пластификация).

В качестве полуфабрикатов для производства бумаги применяют целлюлозу, древесную массу, полуцеллюлозу, тряпье, макулатуру, синтетические волокна органического и неорганического происхождения.

*Целлюлоза* получается из варки растительного сырья с применением кислоты (сульфитный метод), щелочи (сульфатный метод) или их комбинации. При сравнении свойств сульфатной и сульфитной целлюлозы можно легко заметить, что при одинаковых условиях волокна целлюлозы, полученной с использованием щелочи, обладают более высокой механической прочностью, устойчивостью к высоким температурам, долговечностью и имеют меньшую прозрачность по сравнению с волокнами целлюлозы, полученными с применением кислоты. Именно поэтому сульфатная целлюлоза успешно применяется для производства мешочной бумаги, прочной упаковочной бумаги, шпагата и бумажной пряжи.

*Белая древесная масса* представляет собой продукт механического измельчения древесины. Отличается от целлюлозных волокон своей жесткостью и хрупкостью. При добавлении этих волокон в композицию бумаги обычно уменьшается ее гладкость, механическая прочность и долговечность, но увеличивается пухлость бумаги. Используется в производстве газетной бумаги, мундштучной, обойной бумаги и картона. Часто она применяется в белёном виде: бумага для писем и печати, этикеточная, упаковочный картон для продуктов питания. *Бурая древесная масса* – продукт предварительной пропарки древесины; более прочная, чем белая, но из-за своего бурого оттенка ее применение ограничено: используется для создания упаковочной бумаги и картона.

*Полуцеллюлоза* является промежуточным продуктом между целлюлозой высокого выхода (53-65%) и древесной массой. Небеленая полуцеллюлоза применяется при производстве бумаги для гофрирования, оберточной бумаги и некоторых видов картона.

Использование *тряпья* для производства бумаги в настоящее время ограничено из-за его недостаточного количества, низкой производительности

оборудования, проблем в технологическом процессе из-за примесей синтетических волокон в современном тряпье и необходимости проведения дезинфекции использованного тряпья.

Бумага, произведенная из 100% волокон *макулатуры*, обладает некоторыми отличительными свойствами по сравнению с исходной бумагой, такими как сниженная прочность связи между волокнами и небольшое сопротивление разрыву. Однако вторичная бумага обычно превосходит исходную по непрозрачности и впитывающей способности. Макулатуру широко используют в производстве гофрированного и коробочного картона, туалетной, упаковочной и других видов бумаги. После соответствующей обработки ее также можно использовать в составе газетной, писчей и других видов бумаги для печати.

К размолотому волокнистому материалу могут добавлять следующие компоненты: проклеивающие вещества, улучшающие прочность и плотность бумаги, делающие её непроницаемой для чернил; минеральные наполнители, которые придают бумаге белизну, гладкость, плотность и хорошие печатные свойства (непрозрачность, восприятие краски); красители и другие химикаты [4-8].

Далее изучим используемые способы выявления следов.

В следственной и экспертной практике применяют визуальные, физические, химические, физико-химические и другие подходы. Данная работа направлена на химические и физико-химические методы.

Химические методы основаны на химических реакциях между компонентами потожирового вещества следа и специальными реагентами, вызывающими их окраску или свечение (нингидрин, нитрат серебра) [1]. Химические реактивы наилучшим образом подходят для обработки поверхностей, которые впитывают их жидкие составляющие.

Физико-химические методы основаны на комплексном взаимодействии химических реагентов с потожировым веществом следа, используя как физические свойства, так и химические реакции (цианакрилат, йод) [1, 9].

Для обнаружение следов использовались следующие реагенты: нингидрин, йод и цианакрилат.

*Нингидрин* ( $C_9H_4O_3 \cdot H_2O$ ) реагирует с первичными и вторичными аминами (включая аминокислоты, белки и пептиды), входящими в состав потожирового вещества следа пальцев рук, с образованием продукта тёмно-фиолетового цвета, известного как пурпур Руэманна.

Используется только на пористых поверхностях: бумаге (большинстве сортов), картоне, фанере и т. д. Исключение составляют сорта бумаги, для изготовления которых используется клей органического происхождения (с таким клеем нингидрин вступает в реакцию, поэтому вся поверхность объекта окрашивается в пурпурный цвет). Не эффективен на пёстрых и окрашенных в тёмные цвета поверхностях, так как окрашенный след руки будет плохо заметен на таком фоне; на поверхностях, которые подвергались воздействию воды.

Следы пальцев, обнаруженные с помощью нингидрина, могут быть дополнительно усилены путем обработки раствором соли цинка (Zn) или кадмия (Cd). Такая обработка приводит к изменению цвета, оранжевому для цинка и красному для кадмия, что связано с образованием координационного комплекса 1:1 между пурпуром Руэманна (продукт реакции нингидрина) и солью металла [3, 10].

Обработка *йодом* основана на том, что йод адсорбируется на потожировом веществе. Для успешного проявления следа необходимо, чтобы наслоение было свежесформованным и обладало высокой свободной поверхностной энергией. Кроме того, важно наличие в составе вещества следа ненасыщенных жирных кислот. Происходит йодирование потожирового вещества; йодированные соединения сильнее поглощают йод из воздуха и крепче удерживают его, чем нейодированные; след приобретает коричневый оттенок. Поскольку реакция обратима, йод со временем испаряется, но морфология следа остается неизменной, что позволяет обнаружить его другими методами.

Окрашивание следов рук парами йода может быть применено к широкому спектру пористых и непористых поверхностей (таких как бумага, картон, дерево, пластик и стекло), к поверхностям, окрашенным клеевой или масляной краской, но из-за ограниченной чувствительности следы старше 3-5 дней вряд ли будут обнаружены. Кроме того, пары йода токсичны: вызывают ожоги дыхательных путей, слизистых оболочек. Из-за этих ограничений обработка парами йода в настоящее время редко используется в качестве обычного метода обнаружения следов пальцев [1, 11].

Следы пальцев, проявленные йодом, обычно имеют слабый контраст и быстро тускнеют (как правило, через 15-20 мин), поэтому их необходимо сразу фотографировать или химически фиксировать с помощью реагента, например, гексаном, хлороформом, 7,8-бензофлавоном.

Действие *цианакрилата* (ЦА) основано на реакции с аминокислотами и водой потожирового вещества следа, обуславливающий процесс полимеризации и окрашивание следа в белый цвет с закреплением его на поверхности объекта.

Метод окуривания цианакрилатом эффективен на большинстве непористых подложек, таких как стекло, пластик, металлы, глянцевый плотный картон, гладкий кожзаменитель [1, 3], на полупористых подложках – провощенные поверхности [2]; не применим на пористых поверхностях (нелакированный картон, древесина).

Исследуемыми объектами в экспериментах выступали: денежная купюра, оберточная крафт-бумага, писчая бумага, термобумага, бумага для печати (офсетная, мелованная), вощеная, глянцевая и конвертная бумаги. По своим свойствам они делятся на пористые, полупористые и непористые поверхности (таблица 1).



Таблица 1 – Объекты исследования

<b>Пористые поверхности</b>	<b>Полупористые поверхности</b>	<b>Непористые поверхности</b>
Денежная купюра, оберточная крафт-бумага, писчая бумага, термобумага	Бумага для печати (офсетная, мелованная), вощеная бумага	Глянцевая бумага, конвертная бумага

Первый эксперимент по обнаружению следов проводился в парах эфиров цианакриаловой кислоты при комнатной температуре и нормальном давлении. Образцы со следами в цианакрилатной камере выдерживались в течение часа. В результате чего происходило испарение цианакрилата, его адгезия на потожировом веществе и полимеризация. Следы приобретали белый цвет. Но на светлом фоне бумаги такие следы являются слабовидимыми. Для усиления контраста применялся порошок черного цвета.

Различимые следы наблюдались на непористых и полупористых поверхностях: глянцевой, конвертной бумагах, бумаге для печати и вощеной бумаге. Ко всем пористым поверхностям (денежной купюре, крафт-бумаге, термобумаге, писчей бумаге) цианакрилат не применим. На пористых поверхностях поры являются центрами полимеризации, поэтому полимер будет образовываться не только на потожировом веществе следа, но и на самой поверхности.

Следом выявление проводилось нингидрином. Проявление осуществлялось контактным методом. Такой способ предполагает полное отсутствие растворителя, что приводит к исключению внесения изменений в чернильный текст и линовку бумаги со следами. Суть его заключается в контактировании листа бумаги со следом и листа бумаги, пропитанного раствором нингидрина в ацетоне и в дальнейшем высушенного. После просушки ацетон полностью испаряется, поэтому последующий контакт исключает нежелательный перенос ацетона на бумагу с выявляемыми следами, что, в свою очередь, повышает их качество. Обнаружение проводилось как при

комнатной температуре (время выдержки составляло 24 ч), так и при температуре 100°C в течение 1 ч в сушильном шкафу. След проявляется пурпурным цветом за счет реакции между аминокислотами, содержащимися в потожировом веществе, и нингидрином.

Следы выявились на пористых и полупористых поверхностях: денежной купюре, крафт-бумаге, писчей бумаге, термобумаге, бумаге для печати и вощеной бумаге.

Экспресс-метод не применим к термобумаге, так как она покрыта специальным материалом, который изменяет цвет при воздействии тепла. При нагревании термобумага начинает чернеть. На термобумаге обнаруживают следы при температурах ниже 60°C.

При отсутствии сушильного шкафа хорошим экспресс-методом является проглаживание горячим утюгом. Контактующие листы накрывались еще одним листом бумаги и проглаживались утюгом в течение 5 и 20 мин. После 20 мин проглаживания появлялось фоновое окрашивание, вследствие чего след плохо заметен.

И последний эксперимент – выявление следов йодом. Проявление следов осуществлялось тремя способами: 1 способ – в замкнутом пространстве возгонкой кристаллов йода при комнатной температуре; 2 способ – с помощью йодной трубки (пары йода образовывались при осторожном пропускании воздуха комнатной температуры через нагретую вручную трубку, содержащую кристаллы йода) и 3 способ – распылением раствора йода в растворителе. В первых двух способах пары йода адсорбировались на потожировом веществе, происходило йодирование ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в потожировом веществе; йодированные соединения сильнее поглощают йод из воздуха и крепче удерживают его, чем нейодированные; след приобретает коричневый оттенок. Следы обнаружили как на пористых, так и непористых поверхностях.

При распылении раствора йода на следы пальцев четких деталей папиллярных линий не наблюдалось, так как раствор окрашивал и след, и фон, что затрудняло анализ папиллярного узора.

Результаты исследования были сведены в общую таблицу 2. Из неё видно, что для пористых поверхностей можно применять нингидрин, йод, для полупористых – цианакрилат, нингидрин и йод, а для непористых – цианакрилат, йод. Следовательно, йод является универсальным методом обнаружения следов. Однако пары йода очень опасны, поэтому с ними нужно работать очень аккуратно.

Таблица 2 – Рекомендуемые реагенты для выявления следов пальцев рук в зависимости от сорта бумаги

Тип поверхности	Тип бумаги	Рекомендуемый реагент
Пористая	Денежная купюра, крафт-бумага, писчая бумага	Нингидрин, йод
Пористая	Термобумага	Нингидрин (при < 60°C), йод
Полупористая	Бумага для печати (офсетная, мелованная), вощенная бумага	Цианакрилат, нингидрин, йод
Непористая	Глянцевая бумага, конвертная бумага	Цианакрилат, йод

**Заключение.** Были выполнены эксперименты по обнаружению следов пальцев рук разными химическими реактивами на различных сортах бумаги: денежной купюре, оберточной крафт-бумаге, писчей бумаге, термобумаге, бумаге для печати, вощенной, глянцевой, конвертной бумагах.

Результаты опытов показали:

1. пары эфиров цианакриловой кислоты эффективно выявляют следы на непористых и полупористых поверхностях;
2. пары нингидрина – на пористых, полупористых поверхностях;
3. пары йода – как на пористых, так и непористых поверхностях.

В ходе проведенного исследования для определенного типа бумаги были рекомендованы соответствующие реагенты для обнаружения следов рук.

#### **Список использованных источников**

1 Донцова, Ю. А. Современные методы и средства выявления, изъятия и исследования следов рук / Ю. А. Донцова [и др.]. – М. : ЭКЦ МВД России, 2010. – 176 с.

2 Шелков, В. А. Современные методы выявления следов рук / В. А. Шелков // Специальная Техника. – 1998. – № 1. – С. 1-7.

3 Friesen, J. B. Forensic Chemistry: The Revelation of Latent Fingerprints / J. B. Friesen // J. Chem. Educ. – 2015. – V. 92, № 3. – P. 497-504.

4 Фляте, Д. М. Технология бумаги / Д. М. Фляте. – М. : Лесн. пром-сть, 1988. – 440 с.

5 Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – М. : Школа бумаги, 2006. – 696 с.

6 Бумага [Электронный ресурс] // Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/001/945.htm> (дата обращения: 18.12.2023) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 Малкин, И. Т. История бумаги / И. Т. Малкин. – М. : Из-во АН СССР, 1940. – 192 с.

8 Бумага [Электронный ресурс] : свободная энциклопедия / текст доступен по лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike ; Wikimedia Foundation, Inc, некоммерческой организации. – Электрон. дан. (1954314 статей, 7855355 страниц, 247515 загруженных файлов). – Wikipedia®, 2001-2023. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бумага> (дата обращения: 20.12.2023). – Загл. с экрана. – Последнее изменение страницы: 11:07, 14 декабря 2023. – Яз. рус.

9 Жукова, Н. А. Дактилоскопия и дактилоскопическое исследование следов рук / Н. А. Жукова, И. Н. Кислицина. – М. : Юрайт, 2023. – 118 с.

10 Ищенко, Е. П. Криминалистика / Е. П. Ищенко, А. А. Топорков. – М. : Юридическая фирма «КОНТРАКТ», «ИНФРА-М», 2010. – 784 с.

11 Champod, C. Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions / C. Champod,  
C. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic. – Boca Raton : Taylor & Francis, 2017. – 448 p.