

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии и
управления качеством

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛЕДОВ РУК**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

магистранта 2 курса 208 группы
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
профиль «Криминалистическое материаловедение»
факультета нано- и биомедицинских технологий
Коноваловой Анастасии Геннадьевны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

О.Р. Матов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2018

Введение. Одним из наиболее распространенных и ценных источников информации о лице, совершившем преступление, являются следы папиллярных узоров пальцев и ладоней рук. Данный факт обусловлен тем, что данный вид следов обладает хорошо выраженной идентификационной индивидуальностью и неизменяемостью.

Фиксация и изъятие следов рук с места происшествия позволяют раскрывать преступления даже по истечении длительного времени с момента его совершения, что и обуславливает поиск наиболее простых и эффективных методов изъятия следов. Подавляющее количество всех криминалистических экспертиз составляют дактилоскопические экспертизы.

Как правило, следы рук, изымаемые с мест происшествий и представляемые на экспертизу, составляют бесцветные потожировые следы в виде различных участков папиллярных узоров пальцев и ладоней рук, которые и являются объектами экспертных исследований [1].

Они могут быть использованы для установления механизма слеодообразования, для установления физических особенностей лица, оставившего следы, для идентификации живого лица или трупа, в том числе для исключения лиц, не причастных к преступлению, для осуществления проверки по картотеке лиц, оставивших следы рук на других местах происшествий.

Для выявления следов рук используют различные способы и методы. Самые распространенные и доступные – физические методы. Они основаны на адгезионных либо адсорбционных свойствах потожирового вещества, т.е. способности осаждать или вбирать в себя мельчайшие механические частицы. За счет осаждения на потожировом веществе мельчайших частиц красителя или за счет внедрения их в вещество происходит окрашивание бесцветных потожировых следов рук.

Говоря о следе, необходимо иметь в виду, что более выраженными адгезионными свойствами обладают относительно свежие следы. После того,

как след подсохнет, порошок к нему прилипает хуже. В связи с этим важным условием выявления следа является выбор порошка.

Актуальность темы заключается в том, что применение нанопорошков в дактилоскопии является сравнительно новым способом, т.к. основные применяемые в работе экспертов-криминалистов порошки имеют размер частиц порядка 40-100 микрон, основным недостатком таких дактилоскопических порошков является то, что на сравнительно «старом» (давность следа более 2-х недель) и «слабом» следах их проявляющие способности ухудшаются.

Целью данной работы являлось рассмотрение способов получения нанопорошков и оптимизации их применения в дактилоскопии. Применение на практике нанопорошков, полученных из дактилоскопических порошков «Опал» и «Антрацит», а также из силикагеля и глауконита.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование способов получения нанопорошков и их особенностей;
- рассмотрение преимуществ применения нанопорошков;
- получение механическим способом нанопорошков из дактилоскопических порошков «Опал» и «Антрацит»;
- получение механическим способом нанопорошков из силикагеля и глауконита;
- выявление следов пальцев рук полученными нанопорошками.

Общий объем работы составляет 50 с., из них 33 рисунка и 28 использованных источников.

Основное содержание работы. Первый раздел посвящен изучению методов получения наночастиц и принципов их адгезии.

В настоящее время известно большое количество способов получения наночастиц, которые различаются не только в методах, которые лежат в их основе, но сложности и длительности процесса. На рисунке 1 представлены сетоды получения нанопорошков [2].



Рисунок 1 – Методы получения нанопорошков

Адгезия – (лат. *adhaesio* – прилипание, сцепление, притяжение) – поверхностное явление, которое заключается в возникновении механической прочности при контакте поверхностей двух разных тел (конденсированных фаз). Причиной адгезии является молекулярное притяжение контактирующих фаз или их химическое взаимодействие. Явление адгезии лежит в основе образования прочного контакта (склеивания) между твердым телом – субстратом и клеящим агентом – адгезивом, являющимися основными компонентами адгезионного соединения. В волокнистых ПКМ субстратами являются волокна, а адгезивами – полимерные матрицы (связующие) [3].

Количественной характеристикой адгезии является работа адгезии W_a – работа, необходимая для обратимого изотермического разделения двух приведенных в контакт конденсированных фаз по площади единичного сечения. Ее можно представить в следующем виде:

$$(1)$$

где w – средняя энергия единицы связи, обеспечивающей адгезию;

N – число связей, приходящихся на единицу площади контакта адгезива и субстрата. Число N определяется площадью фактического контакта между адгезивом и субстратом, которая зависит от свойств поверхностей адгезива и субстрата: энергетических характеристик поверхностей контактирующих фаз, шероховатости поверхности субстрата, условий формирования адгезионного соединения, тепловых и механических свойств адгезива и субстрата, и пр.

Прилипание частиц дактилоскопических порошков осуществляется за счет адгезии, т.е. сцепления поверхностей разнородных твёрдых и/или жидких тел. Адгезия обусловлена межмолекулярными взаимодействиями (Ван-дер-Ваальсовыми, полярными, иногда — взаимной диффузией) в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей [4].

Причины повышенной адгезии наночастиц – влияние избытка поверхностной энергии на адгезионное взаимодействие наночастиц. В основе механизма повышенной адгезии наночастиц лежат силы молекулярного взаимодействия, т.е. силы Ван-дер-Ваальса. Независимо от гидрофобности поверхности силы Ван-дер-Ваальса перевешивают капиллярные силы и создают прочность сцепления 10 Н/см^2 . Адгезия - это самопроизвольное поверхностное явление, которое приводит к снижению поверхностной энергии. Адгезия и смачивание жидкости относятся к одному из видов адгезионного взаимодействия. Его особенности определяются как свойствами твердой поверхности так и свойствами жидкости. Адгезией (сцеплением, притяжением или прилипанием) называют связь между разнородными конденсированными телами при их молекулярном контакте. К конденсированным телам относятся жидкие и твердые тела. При адгезии сохраняется граница раздела фаз, образованная двумя твердыми телами, твердым телом и жидкостью, т.е. граница раздела т-т и ж-т. Возможна адгезия двух разнородных жидкостей на границе раздела ж-ж. Самопроизвольно идут процессы, связанные с уменьшением поверхностной энергии, в данном случае энергии Гиббса. $\Delta G_s <$

0. В результате адгезии удельная свободная поверхностная энергия уменьшается на величину, которая характеризует работу адгезии W_a [5].

По теории Джонсона-Кендела-Робертса, сила F притяжения (адгезии) шарообразной частицы одной фазы и бесконечной по протяженности плоской поверхностью другой или той же фазы выражается формулой:

$$\text{---} \quad (2)$$

где A – константа Гамакера для данной системы (константа дисперсионного взаимодействия молекул фаз);

r – радиус частицы;

h – расстояние между поверхностью сферической частицы и плоской поверхностью.

Модель Маугиса является наиболее сложным и точным подходом. Его можно использовать для любых систем (любых материалов): как с большой, так и с малой адгезией [6]. Степень адгезии определяется параметром λ :

$$\text{---} \quad (3)$$

где ξ_0 – межатомное расстояние;

– поверхностная энергия.

Во втором разделе работы описан процесс получения дактилоскопических нанопорошков и нанопорошков из силикагеля и глауконита, а также ряд экспериментов по их применению для выявления следов рук.

В работе применялись четыре вида дактилоскопических порошков – порошки, получаемые путем механического измельчения стандартных дактилоскопических порошков «Опал» и «Антрацит», а также порошки, полученные помоллом гранул силикагеля и глауконита.

Помол проходил с помощью планетарной микромельницы Nikora 2000 EOOD в размольном стакане с шариками из карбида вольфрама диаметром 1 сантиметр в течение 6 часов и 12 часов для «Опала» и «Антрацита».

Размеры частиц порошков до и после помола контролировались с помощью электронного микроскопа (рисунок 2). Как видно из рисунка 5 размер дактилоскопического порошка «Опал» до помола составлял порядка 10 микрон, после помола – порядка 230 нанометров.

Третий вид порошка – силикагель – твёрдый адсорбент, высушенный гель поликремниевой кислоты.

По своей структуре силикагель является высокопористым телом, образованным мельчайшими сферическими частицами, по химическому составу – двуокисью кремния SiO_2 (кремнезёмом). Перед помолом силикагель предварительно был отожжен в печи в течение 24 часов, затем помол осуществлялся в два цикла каждый по 5 минут. Цвет порошка силикагеля при уменьшении размеров частиц смещается в сторону посветления. Размеры частиц порошка после помола контролировался с помощью электронного микроскопа (рисунок 3).

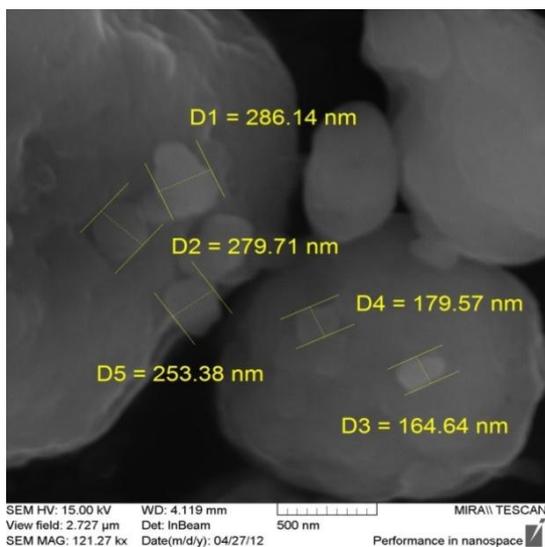


Рисунок 2 – Изображение частиц порошка «Опал» после помола, полученное с помощью электронного микроскопа, с указанием размеров частиц

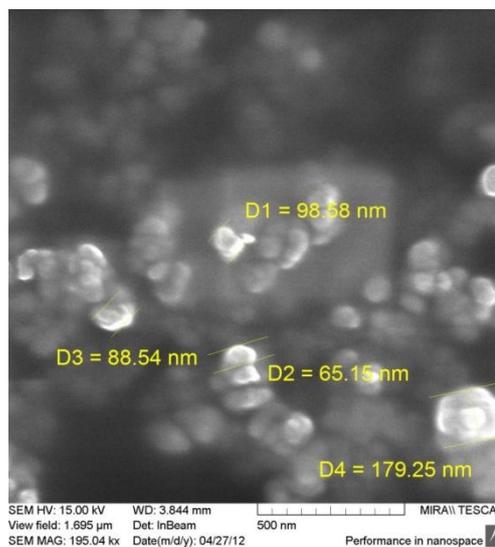


Рисунок 3 – Изображение частиц силикагеля после помола полученное с помощью электронного микроскопа, с указанием размеров частиц

Как видно из рисунка 3 размер порошка силикагеля после помола составляет порядка 100 нанометров.

Четвертый вид порошка – глауконит, который является минералом, водный алюмосиликат железа, кремнезема и оксида калия непостоянного состава. Глауконит, как и силикагель является высокопористым телом, что объясняет его отличные сорбционные свойства. Предварительно перед помолом глауконит был отожжен в печи в течение 24 часов при температуре 300 градусов Целься. Помол осуществлялся в два цикла каждый по 5 минут в планетарной мельнице в размольном стакане с шариками из карбида вольфрама диаметром 5 мм.

Размеры частиц порошка глауконита до и после помола контролировались с помощью электронного микроскопа (рисунок 4). Как видно из рисунка 18 размер частиц глауконита после помола составлял порядка 100 нм.

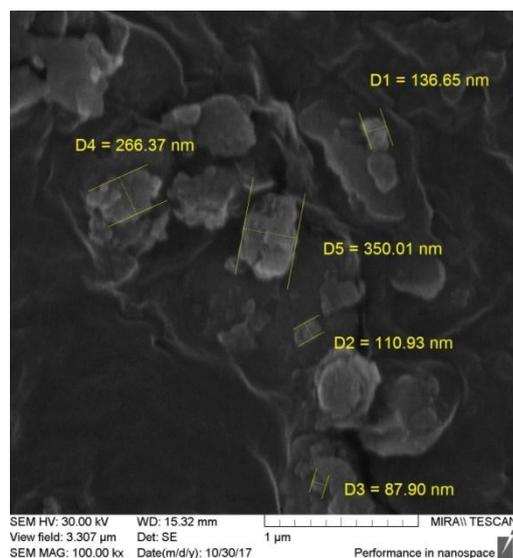


Рисунок 4 – Изображение частиц глауконита после помола, полученное с помощью электронного микроскопа, с указанием размеров частиц

Для проведения эксперимента следы пальцев рук оставались на различных поверхностях, а затем выявлялись порошками сразу, через неделю, через три недели и через месяц.

На рисунке 5 представлен след трехнедельной давности, выявленный на стекле порошком «Опал», на рисунке 6 аналогичный след, выявленный помолотым порошком «Опал». Как видно из рисунков 5 и 6 в следе пальца

руки, выявленном молотым порошком, более четко отобразились индивидуальные признаки строения папиллярного узора.

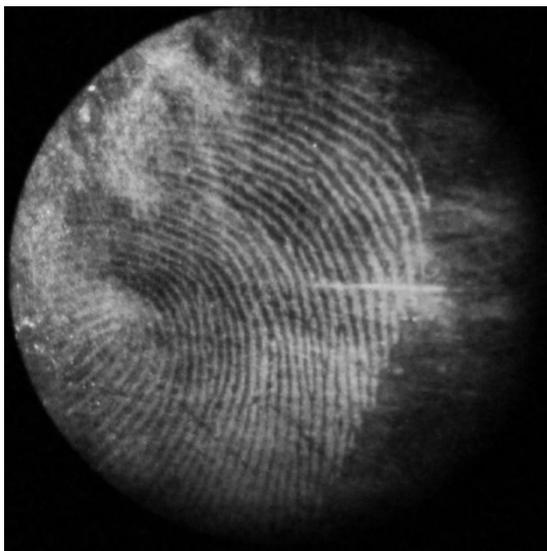


Рисунок 5 – След трехнедельной давности, выявленный на стекле порошком «Опал»



Рисунок 6 – След трехнедельной давности, выявленный на стекле порошком «Опал» после помола

В ходе выполнения экспериментов было установлено, что нанопорошок из силикагеля эффективнее всего выявляет следы рук на металлических поверхностях. На рисунке 7 представлены следы пальца руки разной давности, оставленные на лезвии ножа и выявленные порошком силикагеля. Во всех трех случаях выявленные следы отобразились достаточно четко для того, чтобы по ним проводить идентификацию лица, их оставившего.

Однако, при всех видимых преимуществах следует отметить, что нанопорошок силикагеля имеет значительный недостаток и связан он со способностью силикагеля поглощать влагу, а следовательно, после отжига такой дактилоскопический нанопорошок наиболее эффективен в первые 1-2 недели применения или дольше, при условиях его хранения в герметичной упаковке.

В ходе выполнения экспериментов было установлено, что нанопорошок из глауконита эффективнее всего выявляет следы рук на полимерных и стеклянных поверхностях. На рисунке 8 представлены следы пальца руки разной давности, оставленные на пластике и выявленные нанопорошком

глауконита. Во всех трех случаях выявленные следы отобразились достаточно четко для того, чтобы по ним проводить идентификацию лица, оставившего следы.

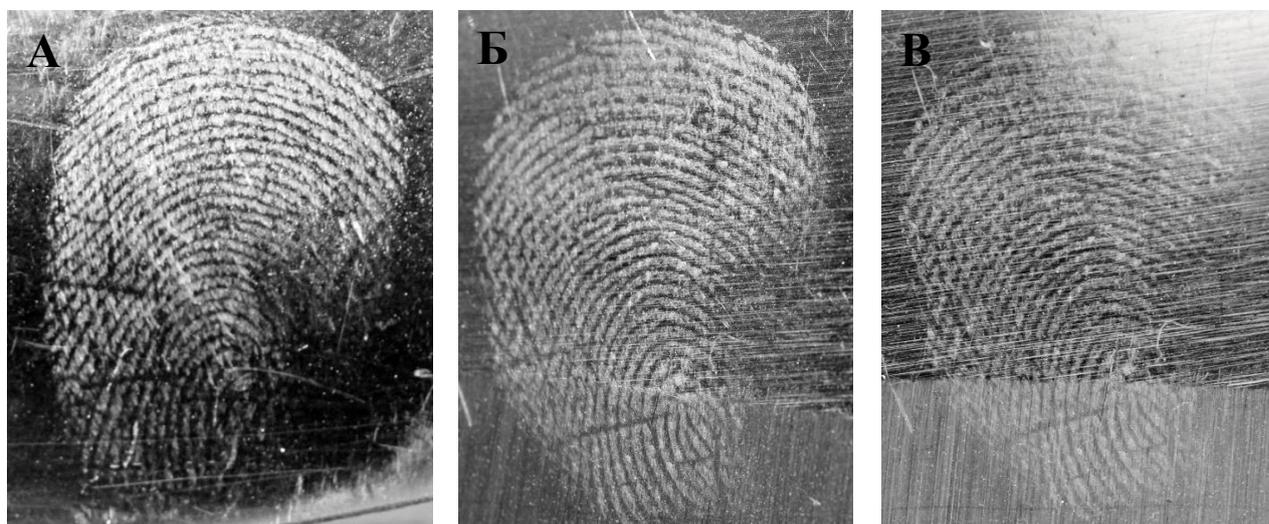


Рисунок 7 – Следы пальца руки на лезвии ножа, выявленные порошком силикагеля: А) след недельной давности, Б) двухнедельной давности В) след трехнедельной давности

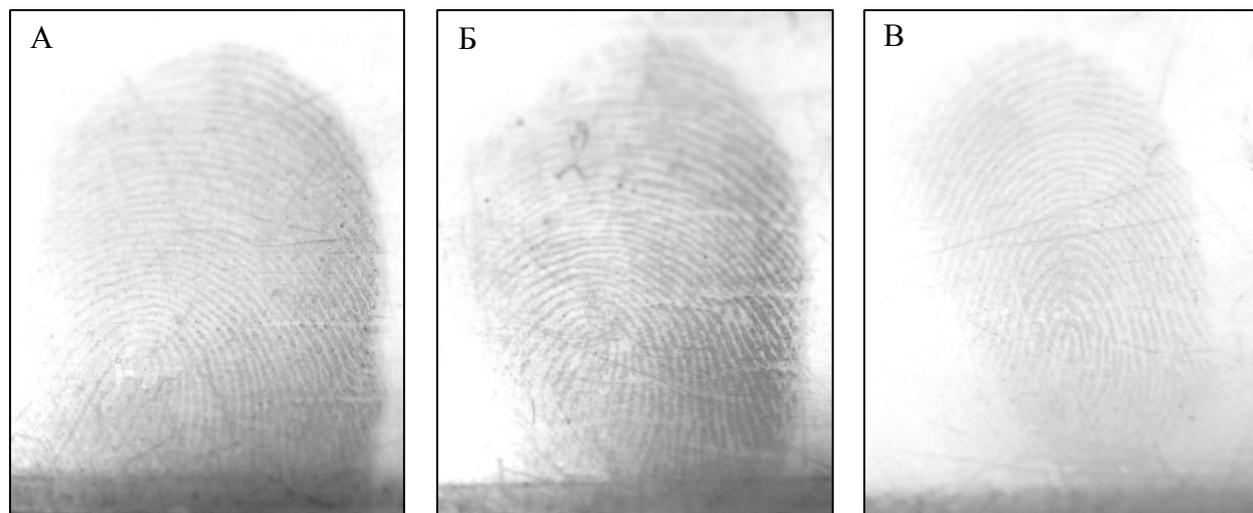


Рисунок 8 – Следы пальца руки на пластике, выявленные нанопорошком глауконита: А) след недельной давности, Б) след двухнедельной давности, В) след трехнедельной давности

На следы пальца руки, оставленные на стеклянной поверхности и выявленные нанопорошком глауконита, отображаются четко и пригодны для проведения идентификации.

На рисунке 9 представлен след, оставленный на полимерном объекте и выявленный порошком глауконита до помолу. Благодаря тому, что в порошке содержатся наноразмерные частицы след отобразился четко и пригоден для проведения идентификации лица, оставившего след.



Рисунок 9 – След, оставленной на полимерной поверхности и выявленный нанопорошком глауконита

Также было установлено, что нанопорошок, полученный из глауконита, хорошо выявляет старые следы пальцев рук на поверхности плотной бумаги.

Заключение. Дактилоскопия по-прежнему остается одним из важнейших методов идентификации личности человека, что обуславливает постоянное развитие и совершенствование существующих методов обнаружения и изъятия следов пальцев и ладоней рук. Основная задача в данном направлении – поиск наиболее простого способа получения пригодного для идентификации и информативного следа, в условиях ограниченных возможностей и ресурсов на месте происшествия.

В работе эксперта-криминалиста наиболее простым и удобным способом выявления следов рук является использование дактилоскопических порошков. На основании этого и было проведено исследование возможности и целесообразности применения на практике нанопорошков, полученных из

дактилоскопических порошков «Опал» и «Антрацит», а также из силикагеля и глауконита.

В ходе выполнения работы были получены следующие основные результаты:

- изучены способы получения наночастиц, которые различаются не только в методах, которые лежат в их основе, но сложности и длительности процесса;
- рассмотрены преимущества применения нанопорошков в дактилоскопии в сравнении с обычными дактилоскопическими порошками;
- установлено, что нанопорошки «Антрацит» и «Опал» выявляют следы эффективнее «немолотых» для старых следов (неделя и более), а «свежие» следы лучше выявлялись обычными порошками;
- нанопорошок на основе силикагеля эффективнее всего работает на металлических поверхностях, причем по чувствительности не уступает цианакрилату, зато превосходит его по простоте использования и контрасту при выявлении;
- нанопорошок на основе глауконита эффективнее всего работает на полимерных и стеклянных поверхностях;
- применение нанопорошков в дактилоскопии имеет ряд ограничений, в том числе:
 - увеличение стоимости таких порошков в сравнении с обычными дактилоскопическими порошками;
 - невозможность проведения поро-эджеоскопии;
 - ограниченный срок годности нанопорошков из силикагеля и глауконита.

Список использованных источников

1 Котова, О. А. Усовершенствование теоретических и методических основ идентификационной криминалистической экспертизы / О. А. Котова. Дисс. канд. юрид. наук. Волгоград : ВА МВД России, 2004. 87 с.

2 Рыженков, Д. И. Наноматериалы / Д. И. Рыженков. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 365 с.

3 Пожидаев, Ю. Н. Наноструктурированные полимеры и органо-неорганические композиты / Ю. Н. Пожидаев, О. В. Лебедева, Н. С. Шаглаева. Иркутск: ИрГТУ, 2009. 143 с.

4 Зимон, А. Д. Основные представления об адгезии частиц / А. Д. Зимон. Адгезия пыли и порошков. Химия, 1976. 432 с.

5 Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова, М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. 456 с.

6 Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов / Ю. Г. Богданова // Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы»; под ред. В. В. Авдеева, А. Ю. Алентьева, Б. И. Лазорьяк и др. М. : МГУ им. М. В. Ломаносова, 2010. 68 с.