

О разработке новых криминалистических средств выявления следов кожного покрова человека

 В.А. Васильев¹,  Т.А. Ермакова²,  Ю.А. Дружинин³,  И.Б. Афанасьев⁴,  Т.Ю. Юдина³

¹ ФГКОУ ВО «Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации», Волгоград 400089, Россия

² ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», Волгоград 400062, Россия

³ Экспертно-криминалистический центр Министерства внутренних дел Российской Федерации, Москва 125130, Россия

⁴ Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

Аннотация. Несмотря на широкий спектр технико-криминалистических средств выявления и фиксации следов кожного покрова человека, проблема разработки дактилоскопических порошков, обладающих одновременно универсальностью по отношению к различным поверхностям и специфичностью при взаимодействии с потожировым веществом, остается актуальной.

В статье рассмотрены основные физические и физико-химические факторы, оказывающие влияние на трехкомпонентную систему «дактилоскопический порошок – следонесущая поверхность – потожировое вещество следа». Разработаны новые модельные составы дактилоскопических порошков: немагнитного и люминесцентного магнитного с учетом рассмотренных закономерностей. Характеристики полученных порошков, а также следонесущие поверхности оценивали методами электронной микроскопии (растровой и зондовой). Показано, что применение нано- и ультрадисперсных материалов (углеродных нанотрубок и шунгита) в разработанных составах позволяет варьировать сорбционную и адгезионную способность порошков. Это делает возможным выявление следов рук на различных по контрастности и свойствам поверхностях с высокой селективностью по отношению к потожировому веществу следа.

Ключевые слова: следы рук, разработка дактилоскопических порошков, люминесценция, электронная микроскопия, углеродные нанотрубки, шунгит

Для цитирования: Васильев В.А., Ермакова Т.А., Дружинин Ю.А., Афанасьев И.Б., Юдина Т.Ю. О разработке новых криминалистических средств выявления следов кожного покрова человека // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16. № 4. С. 40–48.
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-4-40-48>

On the Development of New Forensic Tools for Detection of Human Skin Prints

 Vasilii A. Vasil'ev¹,  Tat'yana A. Ermakova²,  Yurii A. Druzhinin³,  Il'ya B. Afanas'ev⁴,
 Tat'yana Yu. Yudina³

¹ Volgograd Academy of the Ministry of Interior of Russia, Volgograd 400089, Russia

² Volgograd State University, Volgograd 4000062, Russia

³ Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow 125130, Russia

⁴ The Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russia

Abstract. Despite a wide range of domestic and foreign forensic tools for the detection and fixation of human skin prints, the development of fingerprint powders versatile to various surfaces and at the same time specific when interacting with sweat and grease remains an urgent challenge so far.

The article reviews the main physical and physicochemical factors influencing the three-component system “fingerprint powder – prints bearing surface – sweat and grease print substance”. The authors propose new model compositions of fingerprint powders considering the reviewed common patterns: non-magnetic and luminescent magnetic. The features of prints bearing surfaces and developed finger-

print powders have been evaluated by applying electronic microscopy methods (scanning and probe microscopy). The authors have proven that the use of nano- and ultra disperse materials in the developed compositions (carbon nanotubes and shungite) enables to vary the sorption and adhesive capacity of fingerprint powders, which allows detecting fingerprints on varying surfaces with high selectivity toward the sweat and grease print substance and contrasting effect.

Keywords: *fingerprints, development of fingerprint powders, luminescence, electronic microscopy, carbon nanotubes, shungite*

For citation: Vasil'ev V.A., Ermakova T.A., Druzhinin Yu.A., Afanas'ev I.B., Yudina T.Yu. On the Development of New Forensic Tools for Detection of Human Skin Prints. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2021. Vol. 16. No. 4. P. 40–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-4-40-48>

Введение

Актуальность проблемы использования в экспертной практике новых средств в целях выявления следов рук не вызывает сомнения [1–3]. При этом наибольшее внимание уделяется созданию дактилоскопических порошков разнообразного состава, состоящих из органических и неорганических соединений.

В настоящее время на мировом рынке представлен широкий спектр порошков, различных по цвету, люминесцентным свойствам, гранулометрическому составу и иным характеристикам¹, но их практическое использование ограничено. В связи с этим работа по поиску способа получения универсального продукта, а также по новации и модернизации имеющихся дактилоскопических порошков продолжается.

Следообразование потожирового вещества представляет собой многофакторный процесс, одним из проявлений которого является взаимодействие потожирового вещества со следонесущей поверхностью. Это нашло подтверждение в инструментальных исследованиях ряда следонесущих материалов [4–7] и обусловило разработку представленных ниже дактилоскопических порошков с учетом взаимодействия веществ и материалов в трехфазной системе «порошок – потожировое вещество – следонесущая поверхность».

Наибольший вклад в процесс выявления потожировых следов рук (при отсутствии химического взаимодействия) вносят такие физические явления, как сорбция и адгезионное взаимодействие частиц порошка с потожировым веществом, а также со следонесущей поверхностью. На поверхностные свойства высокодисперсных систем, которыми являются дактилоскопические

порошки, оказывают влияние следующие факторы: форма частиц, их размерные характеристики, гранулометрический состав, поверхностные свойства, электростатический заряд. На распределение потожирового вещества по следонесущей поверхности воздействуют химический состав, гидрофильные или лиофильные свойства контактируемых веществ, морфология поверхности как на микро, так и на макроуровне и сопутствующие включения посторонних веществ [4–7].

Ранее были разработаны дактилоскопический немагнитный порошок и люминесцентный магнитный дактилоскопический порошок [8, 9]. Для их создания принимали во внимание эксперименты по оценке возможности использования наноматериалов в дактилоскопии [10–12]. Учитывая высокую адсорбционную способность некоторых нанодисперсных соединений благодаря высокой поверхностной энергии, предполагалась возможность их использования для селективной сорбции по отношению к потожировому веществу следа [13]. Таким образом, в качестве гипотезы [14] рассматривалась возможность улучшения свойств порошка за счет повышенной адгезии нанодисперсных соединений к потожировому веществу и минимизация адгезионных свойств по отношению к следонесущей поверхности при выявлении невидимых и слабовидимых следов, а также улучшение контрастности при работе со старыми следами.

Материалы и методы

Дактилоскопические порошки для экспериментальных исследований получали путем механического перемешивания предварительно измельченных и просеянных через сито (с размером ячейки 70 мкм) компонентов, которые взвешивали на ана-

¹ The Art of Forensics / BVDA. <https://www.bvda.com/>

литических весах с точностью до 0,0001 г.

При выявлении следов рук в качестве следоносущих поверхностей использовали:

- стекло (ГОСТ Р 111-2014);
- бумагу глянцевую (ГОСТ 21444-2016);
- бумагу для печати офсетную (ГОСТ 9094-89);
- пластик (полимерную пленку) (ГОСТ Р 51760-2011);
- дерево (ГОСТ 8486-86);
- керамику (ГОСТ 6141-91);
- фольгу алюминиевую (ГОСТ 745-2003);
- ламинированный ДСП (ГОСТ 10632-2014).

На поверхности наносили потожировые следы, оставленные человеком с заведомо качественными папиллярными линиями (папиллярные узоры не «стертые», достаточной толщины с хорошо просматриваемыми порами) и с достаточным количеством потожирового вещества. К экспериментам привлекались 5–7 человек в возрасте от 18 до 45 лет. Объекты со следами хранили при комнатной температуре и нормальной влажности. По истечении определенного срока (сутки, неделя, месяц) объекты обрабатывали дактилоскопическим порошком.

В качестве положительного (удовлетворительного) результата принимали выявленный след, в котором четко отображался папиллярный узор, хорошо различимы детали узора, отсутствовала «вуаль», адгезия частиц порошка в области межпапиллярного пространства следа на следоносущем объекте минимальна. Результат считали отрицательным (неудовлетворительным), если качество выявленного следа не соответствовало вышеперечисленным условиям.

Выявленные следы рук фиксировали с помощью ультрафиолетового излучения (длина волны 254 нм).

Рельеф следоносущих поверхностей объектов исследовали с применением атомно-силового микроскопа Solver-Pro (производитель NT-MDT, полуконтактный режим).

Структуру и размерные характеристики полученных образцов оценивали методом сканирующей электронной микроскопии (микроскоп TESCAN VEGA II XMU с вольфрамовым катодом с термоэмиссией, оснащенный детектором вторичных и детектором отраженных электронов, с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа с безазотным детектором фирмы Oxford Nanoanalysis, INCA Energy 450).

Результаты и обсуждение

В качестве сравнительных образцов для разрабатываемых дактилоскопических порошков были выбраны материалы с документально подтвержденным составом.

Прототип 1. Черный немагнитный дактилоскопический порошок, включающий оксид меди (50 %), сажу черную (40 %) и тальк (10 %) [15].

Прототип 2. Порошок магнитный люминесцентный зеленого свечения для дактилоскопических исследований, в состав которого входит: порошкообразное железо (50–80 %), марганец-цинковый феррит (15–20 %), тальк (0,5–10 %), люминор желто-зеленый 540Т (4,5–20 %) [16].

В результате экспериментов, проведенных с прототипами 1 и 2 на ряде поверхностей, было установлено:

- низкая выявляющая способность потожировых следов человека;
- невысокая избирательность по отношению к следоносущим поверхностям;
- неоднородность гранулометрического и компонентного состава используемого сырья.

Для контролируемого изменения адгезионных свойств указанных дактилоскопических порошков (прототип 1, 2) предложено использование высокодисперсных коллоидных систем на основе ультра и нанодисперсных соединений – шунгита и углеродных наноматериалов – углеродных нанотрубок. Предварительные испытания показали, что порошки, состоящие только из углеродных нанотрубок, при работе со следами рук менее эффективны, чем смеси, в которых наноматериал используется в качестве вспомогательного.

Характеристики некоторых используемых образцов поверхностей следоносителей приведены в таблице 1. На рисунке 1 в качестве примера представлено изображение морфологии поверхности фольги алюминиевой, полученное с применением метода атомно-силовой микроскопии (область сканирования 6 x 6 мкм).

Анализ структуры следоносителей позволяет предположить, что в случае гладких поверхностей (полимеры, алюминиевая фольга) следует ожидать наименьшее физическое взаимодействие дактилоскопических порошков с поверхностью, а наиболее неоднородной, состоящей из волокон (бумагой), – наибольшее.

В результате экспериментов с различным соотношением компонентов на основе

Таблица 1. Характеристики некоторых поверхностей следоносителей
Table 1. Characteristics of certain print bearing surfaces

Поверхность	Характер	Шероховатость, нм
Фольга алюминиевая	Однородная, ровная, перепады по высоте отсутствуют	< 200
Пластик (полимерная пленка)	Однородность рельефа, перепады по высоте плавные	~ 200
Бумага офсетная	Неоднородная, значительная неравномерность рельефа поверхности, в виде волн с высотой 200–400 и шириной 0–3000 нм	200–400

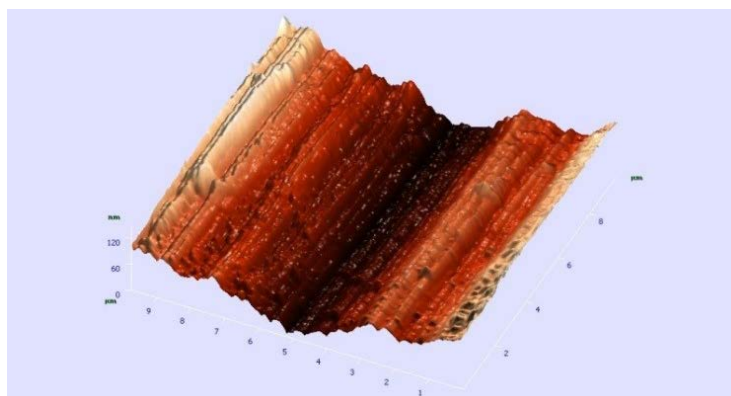


Рис. 1. Изображение поверхности фольги алюминиевой (атомно-силовая микроскопия, микроскоп Solver-Pro, полуконтактный режим)

Fig. 1. Imaging of aluminium foil surface (atomic force microscope, Solver-Pro microscope, semi-contact mode)

прототипа 1 был определен оптимальный состав дактилоскопического немагнитного порошка [8]:

- оксид меди (II) – 30–70 %;
- сажа – 25–40 %;
- тальк – 1–20 %;
- углеродные нанотрубки – 1–15 %.

При этом содержание углеродных нанотрубок находится в пределах от 1 до 15 %. Более высокое и низкое соотношение не приводит к положительному результату.

Адгезионные свойства и размерные характеристики частиц образцов дактилоскопического порошка оценивали методом сканирующей электронной микроскопии. Разброс по форме и размерным характеристикам частиц (рис. 2) позволяет предположить, что поверхностные свойства системы будут изменяться в широком интервале, что обеспечит ее многофункциональность, поскольку крупные частицы будут выполнять транспортную функцию, а более мелкие – сорбироваться на потожировом веществе следа, за счет чего и будет происходить его выявление.

В следах рук, выявленных немагнитным дактилоскопическим порошком, получен-

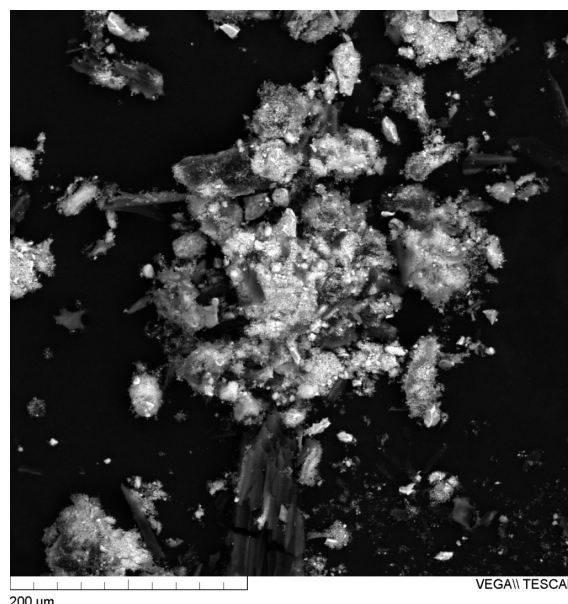


Рис. 2. Увеличенное изображение частиц немагнитного дактилоскопического порошка, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа

Fig. 2. Enlarged image of particles of non-magnetic fingerprint powder obtained with scanning electronic microscope

Таблица 2. Результаты испытаний немагнитных дактилоскопических порошков на основе углеродных нанотрубок

Table 2. Test results of non-magnetic fingerprint powder using carbon nanotubes

№ образца	Состав образца, %				Результаты испытаний*
	Оксид меди	Сажа черная	Тальк	Углеродные нанотрубки	
Прототип 1	50	40	10	–	-
1	70	26	3	1	+
2	60	25	12	3	+
3	30	40	20	10	+
4	30	45	10	15	+
5	70	27	2,5	0,5	-
6	30	40	10	20	-

* Примечание: «-» – результат неудовлетворительный, «+» – результат удовлетворительный.

ным с использованием углеродных нанотрубок на бумажной, стеклянной, пластиковой, металлической поверхностях, а также ламинированном ДСП, хорошо просматриваются папиллярные узоры (возможно определить их тип и вид, различимы детали строения). В некоторых следах на поверхности алюминиевой фольги просматриваются и пороскопические признаки. Применение на аналогичных объектах черного немагнитного дактилоскопического порошка (прототипа 1) приводит к высокой «вуали» и низкой контрастности выявляемых следов из-за его невысокой селективности по отношению к следонесущим поверхностям.

Результаты испытаний разработанных составов №№ 1–6 немагнитного дактилоскопического порошка на основе углеродных нанотрубок с различным содержанием компонентов приведены в таблице 2. На

рисунке 3 представлены следы пальцев рук, выявленные составом № 3 на различных видах следонесущих поверхностей.

Составы люминесцентного магнитного дактилоскопического порошка на основе высокодисперсной коллоидной системы, включающей в себя силикатные частицы и аморфный шунгитовый углерод (минерал шунгит), разрабатывали экспериментально.

Оптимальные адгезионные свойства порошка были достигнуты при следующем соотношении компонентов [9]:

- порошкообразное железо – 50–60 %;
- шунгит – 5–10 %;
- люминофор Э-515-115 – 5–20 %;
- крахмал – 10–25 %;
- родамин 6ж – 5–10 %.

Результаты испытаний порошка магнитного люминесцентного зеленого свечения для дактилоскопических исследований

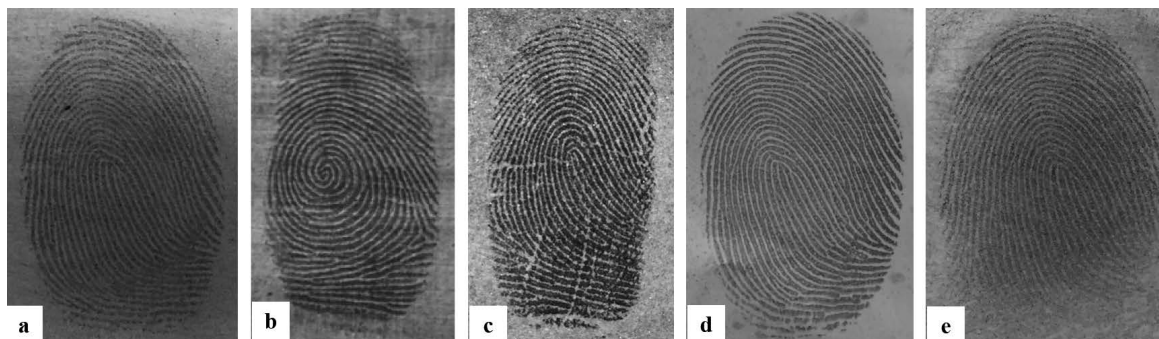


Рис. 3. Изображения следов рук, выявленных дактилоскопическим немагнитным порошком (состав № 3) на различных следонесущих поверхностях: а) стекло, б) ламинированный ДСП, в) бумага, д) металл, е) пластик

Fig. 3. Fingerprints imaging detected by using non-magnetic fingerprint powder (composition No. 3) on various prints bearing surfaces: a) glass, b) laminated chipboard, c) paper, d) metal, e) plastic

Таблица 3. Результаты испытаний люминесцентных магнитных дактилоскопических порошков на основе шунгита
Table 3. Test results of luminescent magnetic fingerprint powder using shungite

№ образца	Состав образца, %					Результат испытаний*
	Порошкообразное железо	Шунгит	Люминофор Э-515-115	Крахмал	Родамин 6ж	
Прототип 2	50–80	0	4,5–20	0	0	-
1	50	5	10	25	10	+
2	60	5	20	10	5	+
3	60	10	5	20	5	+
4	55	7	18	14	6	+
5	60	10	15	10	5	+
6	50	8	20	15	7	-
7	52	10	10	23	5	-

Примечание: «-» – результат неудовлетворительный, «+» – результат удовлетворительный.

(прототип 2) и разработанных составов №№ 1–7 люминесцентного магнитного дактилоскопического порошка на основе шунгита с различным содержанием компонентов представлены в таблице 3.

Следы рук, выявленные люминесцентным магнитным дактилоскопическим порошком на различных типах следонесущих поверхностей, характеризуются высокой четкостью и контрастностью: папиллярные узоры хорошо просматриваются, возможно определить их тип и вид, различимы детали строения узора. К особенностям разработанного порошка следует отнести люминесценцию при облучении ультрафиолетовой лампой с длиной волны 254 нм (синее свечение).

На рисунке 4 представлены следы пальцев рук, выявленные люминесцентным магнитным дактилоскопическим порошком

(состав № 2) на различных видах следонесущих поверхностей.

Недостатком использования порошка магнитного люминесцентного зеленого свечения для дактилоскопических исследований (прототип 2) является невысокое качество выявленных следов, проявляющееся в низкой четкости деталей папиллярного узора.

Таким образом, введение ультра и нанодисперсных соединений в дактилоскопические порошки (прототип 1, 2) в соответствующем соотношении позволило получить новые составы с более эффективными и универсальными для практического использования свойствами (табл. 3).

Закключение

На основе ультрадисперсных соединений (углеродного наноматериала и порошка



Рис. 4. Следы рук, выявленные дактилоскопическим немагнитным порошком (состав № 2) на различных следонесущих поверхностях: а) ламинированный ДСП, б) пластик (в видимой области спектра); с) керамика, d) стекло (при облучении ультрафиолетовой лампой)

Fig. 4. Fingerprints detected by non-magnetic fingerprint powder on various prints bearing surfaces (composition No. 2): a) laminated chipboard, b) plastic (visible spectrum); c) ceramic, d) glass (UV lamp exposure)

шунгита) экспериментально разработаны составы магнитного люминесцентного и немагнитного дактилоскопических порошков. Составы обладают более качественными характеристиками в сравнении с выбранными прототипами за счет улучшения сорбционных свойств и селективной адгезии компонентов порошков к потожировому веществу следа и следонесущим поверхностям.

Инструментально подтвержден выбор адгезионных свойств разработанных порошков с учетом трехфазной системы «дактилоскопический порошок – потожировое вещество – следонесущая поверхность объекта». Уточнен механизм адгезионного взаимодействия порошков при проведении

фазового и структурного анализа с привлечением методов атомно-силовой и растровой электронной микроскопии.

Применение при разработке новых дактилоскопических порошков комплекса методов позволяет более точно оценить взаимодействие их компонентов с потожировым веществом следа и поверхностью следоносителей, а также направленно модифицировать свойства выявляющих средств (систем).

Предлагаемый подход может быть использован в качестве основы тестового исследования при разработке и апробации новых дактилоскопических средств выявления латентных потожировых следов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gaw A., Ramotowski R. (Eds.). *Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. 528 p. <https://doi.org/10.1201/b12882>
2. Bleay S.M., Croxton R.S., de Puit M. *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. Wiley, 2018. 520 p. <https://doi.org/10.1002/9781119187400>
3. Разумов Э.А., Молибога Н.П. Осмотр места происшествия. Киев: РИО МВД Украины, 1994. 672 с.
4. Beesley K.M., Damaskinos S., Dixon A.E. Fingerprint Imaging with a Confocal Scanning Laser Macroscopic // *Journal of Forensic Sciences*. 1995. Vol. 40. No. 1. P. 10–17. <https://doi.org/10.1520/jfs13753j>
5. Jones B.J., Downham R., Sears V.G. Effect of Substrate Surface Topography on Forensic Development of Latent Fingerprints with Iron Oxide Powder Suspension // *Surface and Interface Analysis*. 2010. Vol. 42. No. 5. P. 438–442. <http://doi.org/10.1002/sia.3311>
6. Афанасьев И.Б., Дружинин Ю.А., Латышов И.В., Васильев В.А., Запороцкова И.В., Ермакова Т.А. Использование методов электронной микроскопии для оценки свойств дактилоскопических порошков // *Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России*. 2016. № 2 (70). С. 102–107.
7. Васильев В.А., Латышов И.В., Запороцкова И.В., Ермакова Т.А., Дружинин Ю.А., Афанасьев И.Б. Технологическое обоснование выбора дактилоскопических порошков для выявления следов рук // *Эксперт-криминалист*. 2014. № 3. С. 3–10.
8. Ермакова Т.А., Запороцкова И.В., Афанасьев И.Б., Дружинин Ю.А., Юдина Т.Ю. Пат. 2657425 Российская Федерация, МПК G 01 № 33/00. Способ получения немагнитного дактилоскопического порошка на основе ультрадисперсного наноматериала для выявления латентных следов рук. Бюл. № 17. Оpubл. 13.06.2018.

REFERENCES

1. Gaw A., Ramotowski R. (Eds.). *Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. 528 p. <https://doi.org/10.1201/b12882>
2. Bleay S.M., Croxton R.S., de Puit M. *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. Wiley, 2018. 520 p. <https://doi.org/10.1002/9781119187400>
3. Razumov E.A., Moliboga N.P. *Crime Scene Examination*. Kiev: RIO MVD Ukrainy, 1994. 672 p. (In Russ.).
4. Beesley K.M., Damaskinos S., Dixon A.E. Fingerprint Imaging with a Confocal Scanning Laser Macroscopic. *Journal of Forensic Sciences*. 1995. Vol. 40. No. 1. P. 10–17. <https://doi.org/10.1520/jfs13753j>
5. Jones B.J., Downham R., Sears V.G. Effect of Substrate Surface Topography on Forensic Development of Latent Fingerprints with Iron Oxide Powder Suspension. *Surface and Interface Analysis*. 2010. Vol. 42. No. 5. P. 438–442. <http://doi.org/10.1002/sia.3311>
6. Afanas'ev I.B., Druzhinin Yu.A., Latyshov I.V., Vasil'ev V.A., Zaporotskova I.V., Ermakova T.A. Electron Microscopy Methods in Fingerprint Powder Characteristics Evaluation. *Bulletin of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2016. No. 2 (70). P. 102–107. (In Russ.).
7. Vasil'ev V.A., Latyshov I.V., Zaporotskova I.V., Ermakova T.A., Druzhinin Yu.A., Afanas'ev I.B. *Technological Forensic Justification of the Choice of Fingerprint Powders for Detecting Handprints*. *Expert-Criminalist*. 2014. No. 3. P. 3–10. (In Russ.).
8. Ermakova T.A., Zaporotskova I.V., Afanas'ev I.B., Druzhinin Yu.A., Yudina T.Yu. *Patent 2657425. Russian Federation, MPK G 01 No. 33/00. Method to Produce Non-Magnetic Fingerprint Powder Based on Ultra Dispersed Nanomaterial for Latent Fingerprints Detection*. *Journal No. 17*. Published on 13.06.2018. (In Russ.).

9. Ермакова Т.А., Запороцкова И.В., Афанасьев И.Б., Дружинин Ю.А., Юдина Т.Ю. Пат. 2699491 Российская Федерация, МПК А 61 В 5/1172. Способ получения магнитного люминесцентного дактилоскопического порошка. Бюл. № 25. Оpubл. 06.09.2019.
10. Theaker B.J., Hudson K.E., Rowell F.J. Doped Hydrophobic Silicanano- and Micro-Particles as Novel Agents for Developing Latent Fingerprints // *Forensic Science International*. 2007. Vol. 174. No. 1. P. 26–34.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.02.030>
11. Choi M.J., McBean K.E., Hei R.P., Maynard P.J. An Evaluation of Nanostructured Zinc Oxide as a Fluorescent Powder for Fingerprint Detection // *Journal of Materials Science*. 2008. Vol. 43. No. 2. P. 732–737.
<https://doi.org/10.1007/s10853-007-2178-5>
12. Wang M., Li M., Zhu Y., Yang M., Mao C. Fluorescent Nanomaterials for the Development of Latent Fingerprints in Forensic Sciences // *Advanced Functional Materials*. 2017. Vol. 27. No. 14. 1606243.
<https://doi.org/10.1002/adfm.201606243>
13. Елецкий А.В. Механические свойства углеродных наноструктур и материалов на их основе // *Успехи физических наук*. 2007. Т. 177. № 3. С. 223–274.
<https://doi.org/10.3367/ufnr.0177.200703a.0233>
14. Алтшуллер Г. Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. М.: Альпиа Бизнес Букс, 2007. 400 с.
15. Воробьева С.А., Лесникович А.И., Милевич И.А., Семенова Е.М. Пат. 11713 Республика Беларусь, МПК А 61 В 5/117. Черный немагнитный дактилоскопический порошок. Оpubл. 30.04.2009.
16. Семенова Е.М., Милевич И.А., Воробьева С.А. Пат. 13029 Республика Беларусь, МПК А 61 В 5/117. Порошок магнитный люминесцентный зеленого свечения для дактилоскопических исследований. Оpubл. 30.04.2009.
9. Ermakova T.A., Zaporotskova I.V., Afanas'ev I.B., Druzhinin Yu.A., Yudina T.Yu. Patent 2699491. Russian Federation, MPK A 61 B 5/1172. *Method to Produce Magnetic Luminescent Fingerprint Powder*. *Journal No. 25*. Published on 06.09.2019. (In Russ.).
10. Theaker B.J., Hudson K.E., Rowell F.J. Doped Hydrophobic Silicanano- and Micro-Particles as Novel Agents for Developing Latent Fingerprints. *Forensic Science International*. 2007. Vol. 174. No. 1. P. 26–34.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2007.02.030>
11. Choi M.J., McBean K.E., Hei R.P., Maynard P.J. An Evaluation of Nanostructured Zinc Oxide as a Fluorescent Powder for Fingerprint Detection. *Journal of Materials Science*. 2008. Vol. 43. No. 2. P. 732–737.
<https://doi.org/10.1007/s10853-007-2178-5>
12. Wang M., Li M., Zhu Y., Yang M., Mao C. Fluorescent Nanomaterials for the Development of Latent Fingerprints in Forensic Sciences. *Advanced Functional Materials*. 2017. Vol. 27. No. 14. 1606243.
<https://doi.org/10.1002/adfm.201606243>
13. Elets'kii A.V. Mechanical Properties of Carbon Nanostructures and Related Materials. *Physics-Usp'ekhi*. 2007. Vol. 177. No. 3. P. 223–274. (In Russ.).
<https://doi.org/10.3367/ufnr.0177.200703a.0233>
14. Altshuller G. *To Find the Idea: Introduction to TIPS – Theory of Inventive Problems Solving*. Moscow: Alpi Business Books, 2007. 400 p. (In Russ.).
15. Vorob'eva S.A., Lesnikovich A.I., Milevich I.A., Semenova E.M. *Patent 11713 Republic Belarus, MPK A 61 B 5/117. Black Non-Magnetic Latent Fingerprint Powder*. Published on 30.04.2009. (In Russ.).
16. Semenova E.M., Milevich I.A., Vorob'eva S.A. *Patent 13029 Republic Belarus, MPK A 61 B 5/117. Magnetic Luminescent Powder with Green Fluorescence for Fingerprints Examinations*. Published on 30.04.2009. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильев Василий Алексеевич – к. х. н., доцент кафедры трасологии и баллистики учебно-научного комплекса экспертно-криминалистической деятельности, Волгоградская академия МВД России; e-mail: v-vasiliev@inbox.ru

Ермакова Татьяна Александровна – к. х. н., доцент кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения Волгоградского государственного университета; e-mail: taermakova09@mail.ru

Дружинин Юрий Алексеевич – инженер отдела почерковедческих экспертиз и технико-криминалистического исследования документов Экспертно-криминалистического центра Министерства внутренних дел Российской Федерации; e-mail: eko47@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Vasil'ev Vasilii Alekseevich – Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of Traceology and Ballistics of the Training and Scientific Complex of Forensic Expert Activities; Volgograd Academy of the Ministry of Interior of Russia; e-mail: v-vasiliev@inbox.ru

Ermakova Tat'yana Aleksandrovna – Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of Forensic Expertise and Material Physics; Volgograd State University; e-mail: taermakova09@mail.ru

Druzhinin Yurii Alekseevich – Engineer at the Department of Handwriting Examinations and Technical and Forensic Research of Documents of the Forensic Science Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation; e-mail: eko47@mail.ru

Афанасьев Илья Борисович – главный эксперт лаборатории инструментальных методов исследований ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: ilya_afanasev@pisem.net

Юдина Татьяна Юрьевна – эксперт отдела экспертиз с применением физических методов Экспертно-криминалистического центра Министерства внутренних дел Российской Федерации; e-mail: yudinatyana@gmail.com

Afnas'ev Il'ya Borisovich – Chief Expert of the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation; e-mail: ilya_afanasev@pisem.net

Yudina Tat'yana Yur'evna – Expert of the Department of Investigations with the Use of Physical Methods of the Forensic Science Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation; Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation; e-mail: yudinatyana@gmail.com

Статья поступила: 23.03.2021

После доработки: 27.09.2021

Принята к печати: 10.10.2021

Received: March 23, 2021

Revised: September 27, 2021

Accepted: October 10, 2021