



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2021.4.6>

УДК 343.982.34

ББК 67.531

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛЕДОВ КОЖНОГО ПОКРОВА ЧЕЛОВЕКА НА ПОРИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Василий Алексеевич Васильев

Кандидат химических наук, доцент, кафедра трасологии и баллистики УНК ЭКД,
Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации
v-vasiliev@inbox.ru
ул. Историческая, 130, 400089 г. Волгоград, Российская Федерация

Татьяна Александровна Ермакова

Кандидат химических наук, доцент, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,
Волгоградский государственный университет
taermakova@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Юрий Алексеевич Дружинин

Инженер отдела почерковедческих экспертиз
и технико-криминалистического исследования документов,
Экспертно-криминалистический центр МВД России
eko47@mail.ru
ул. Зои и Александра Космодемьянских, 5, 125130 г. Москва, Российская Федерация

Илья Борисович Афанасьев

Главный эксперт Российского федерального центра судебной экспертизы
при Министерстве юстиции Российской Федерации
ilya_afanasev@pisem.net
пер. Хохловский, 13, стр. 2, 109028 г. Москва, Российская Федерация

Владимир Витальевич Акатьев

Старший преподаватель, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,
Волгоградский государственный университет
akatiev@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В судебно-экспертной деятельности достаточно широко описаны методы и методики, позволяющие работать с наиболее часто встречающимися объек-

тами. Большинство данных сведений систематизированы в виде практических рекомендаций. Однако в области дактилоскопических экспертиз и исследований все еще недостаточно четко описаны теоретические вопросы, касающиеся выявления следов рук при помощи химических методов. В статье приведены теоретические сведения, касающиеся закономерностей механизма слеодообразования на пористых (бумажных) объектах, механизма химической реакции взаимодействия нингирина и его структурных аналогов с потожировым веществом следа.

Ключевые слова: латентные следы рук, нингидрин, химические методы выявления, механизм реакции, пористые поверхности, аминокислоты.

В судебно-экспертной практике принято выделять следующие группы методов выявления латентных следов рук: визуальные, физические и химические [4; 11]. В каждой из этих групп достаточно детально описаны методики применения технико-криминалистических средств, особенности применения. При исследовании объектов дактилоскопической экспертизы эксперт-криминалист выбирает методики и средства, при помощи которых выявляет и исследует следы. Поскольку большинство из известных технико-криминалистических средств оказывают влияние на потожировое вещество следа, являющееся в свою очередь многокомпонентным, эксперт должен четко представлять механизм протекающих процессов в зоне следа. Среди множества факторов, влияющих на протекающие в следах процессы, можно выделить следующие:

– химический состав потожирового вещества, который не является постоянным и зависит от индивидуальных особенностей организма. Известно, что потожировое вещество следа, имеет сложный химический состав и состоит из неорганических (хлориды, сульфаты, соли натрия, калия, магния, кальция и т. п.) и органических соединений (белки, аминокислоты, мочевая кислота, креатинин, жиры, липиды и т. д.) [1];

– воздействие окружающей среды (воздействие температуры, влаги, кислорода воздуха, инертных и различных химически активных соединений на процессы термодеструкции, десорбции, растворения и массопереноса химических соединений, находящихся в потожировом веществе следа) [2].

Наибольший интерес с точки зрения протекающих процессов представляет использование химических методов обнаружения и

фиксации следов рук, которые в результате «цветной» химической реакции взаимодействия потожирового вещества отпечатка пальцев образуют визуально-различимые окрашенные компоненты. Большинство известных «цветных» реакций являются специфичными и ориентированы на группы (классы) химических соединений. В метаболизме организма человека участвуют 20 незаменимых аминокислот, существенно различающиеся по своим свойствам, соответственно наибольший интерес представляют методы анализа аминокислот.

Широкое распространение в дактилоскопии получили методы, основанные на использовании нингирина и его химических аналогов. Данный метод является одним из наиболее часто используемых для выявления отпечатков пальцев на пористых материалах в современной криминалистической идентификации. Несмотря на такие преимущества использования нингирина как высокая контрастность образующегося соединения, относительно низкая стоимость и хорошая растворимость в полярных органических растворителях, данный реагент имеет ряд недостатков:

– реакция с потожировым веществом следа протекает достаточно медленно;

– требуется высокая температура для ее ускорения;

– высока вероятность протекания побочных реакций с веществами, содержащимися в поверхности следоносителя (бумаге).

В результате реакции нингирина с α -аминокислотами образуется окрашенное соединение ярко-красного цвета (дикетогидринденкетогидринамин) под названием «пурпур Рузманна» [10]. Механизм реакции может быть проиллюстрирован следующей схемой (рис. 1):

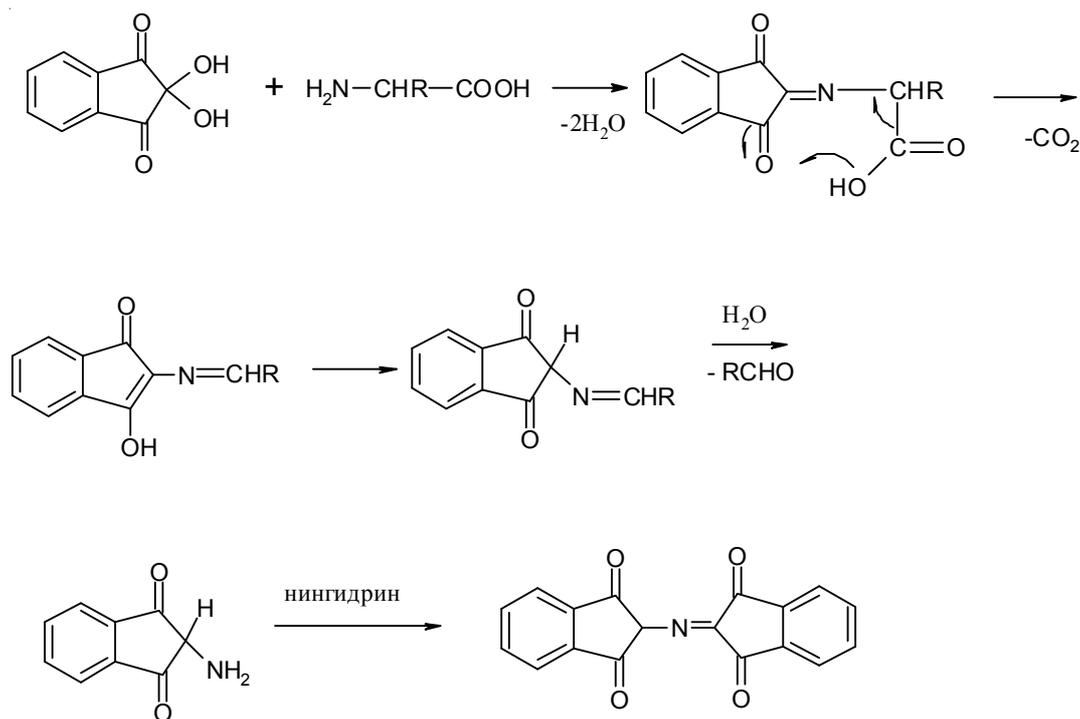


Рис. 1. Схема взаимодействия нингидрина с α -аминокислотами

На первой стадии реакции α -аминокислот с нингидрином образуются диоксид углерода, альдегид и устойчивое промежуточное соединение – 2-иминоиндандион, которое в дальнейшем конденсируясь с молекулой нингидрина, образует дикетогидринденкетогидринамин. В то же время необходимо учесть, что данная реакция проходит на поверхности бумаги, что позволяет предположить, что 2-иминоиндандион образуется достаточно быстро, а образование некоторого промежуточного состояния в реакции 2-иминоиндандиона со второй молекулой нингидрина происходит под влиянием влаги воздуха [5; 6].

Применение нингидрина для выявления латентных следов рук ограничено характером поверхности следовоспринимающего объекта, а именно составом содержащихся соединений, вступающих с нингидрином в цветную реакцию (аминокислоты, белки, первичные амины и т. п.). Данные вещества входят в проклейку некоторых сортов бумаги, содержатся в коже, текстильных тканях. При обработке таких объектов нингидриновым раствором интенсивно окрашивается фон поверхности, что сильно снижает контрастность выявленных следов. Для селективного проведения основного процесса – выявления следов – проведение реакции при комнатной температуре

в некоторых случаях позволяет уменьшить фоновую окраску поверхности следоносителя.

Основными направлениями развития «нингидринового» метода являются:

- направленный синтез структурных аналогов нингидрина;
- модификация существующих растворов реагентами, изменяющими люминесцентные свойства;
- оптимизация условий протекания реакции.

С учетом указанных ранее недостатков использования реакции нингидрина с α -аминокислотами, для обнаружения латентных следов рук на пористых поверхностях, проведенные отечественными и зарубежными учеными исследования позволили осуществить синтез более 200 аналогов. Наибольший интерес вызвали структурные аналоги – 1,8-дифлуорен-9-он (ДФО) и 1,2-индандион (ИНД), имеющие схожие свойства, но обладающие люминесценцией при комнатной температуре [9]. Структурные формулы нингидрина и его аналогов приведены на рисунке 2.

1,8-дифлуорен-9-он (ДФО) синтезирован в 1950 г., однако реакция для «открытия» аминокислот, при обнаружении и фиксации следов рук, впервые была проведена в 1990 году. В ходе реакции 1,8-дифлуорен-

9-он (DFO) с аминокислотами образуется окрашенное в красно-розовый цвет соединение (III), обладающее люминесцентными свойствами с максимумами в диапазоне $\lambda = 430 - 580$ нм, $\lambda = 560 - 620$ нм [16]. Механизм реакции 1,8-диазафлуорен-9-он с аминокислотами можно представить следующей схемой (рис. 3).

Механизм реакции DFO с α -аминокислотами аналогичен вышеописанному – первоначально в результате реакции с аминогруппой аминокислот происходит образование иминов, за которым следует декарбоксилирование, и в результате перегруппировки Штреккера получается устойчивое промежуточное соединение 2-иминоиндандион, которое в дальнейшем конденсируясь со второй молекулой DFO, образует дикетогидринденкетогидринамин [12].

Структурный аналог нингидрина 1,2-индандион, также является эффективным соединением, выявляющим следы пальцев рук, образованных на пористых поверхностях. Особенность выявленных следов этим аналогом

является люминесценция ярко-желтым цветом при освещении источником с длиной волны 505–530 нм. 1,2-Индандион отличается от нингидрина тем, что в 5-тичленном углеродном кольце отсутствуют -ОН группы во 2 положении, а вместо альдегидной (C = O) группы в 1 и 3 положениях у 1,2-индандиона имеются альдегидные (C = O) группы в 1 и 2 положениях. Исследования механизма реакции 1,2-индандиона и α -аминокислот показывают, что он протекает аналогично выше рассмотренной реакции нингидрина через образование стабильного 2-амино-1-инданона, который реагируя с избытком 1,2-индандиона дает окрашенное, люминесцирующее соединение [8].

Важным достижением в области обнаружения, выявления и фиксации латентных следов рук, с помощью чувствительных к аминокислотам реагентов стало появление методов фотолюминесценции. Так, было обнаружено, что следы, выявленные раствором нингидрина, а затем обработанные солью пе-

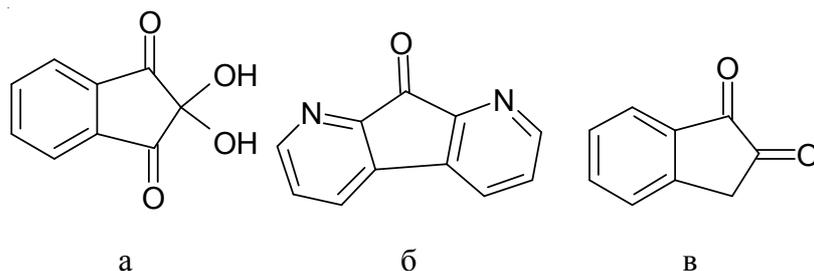


Рис. 2. Структурные формулы:

а – нингидрин; б – 1,8-диазафлуорен-9-он (DFO); в – 1,2-индандион (IND)

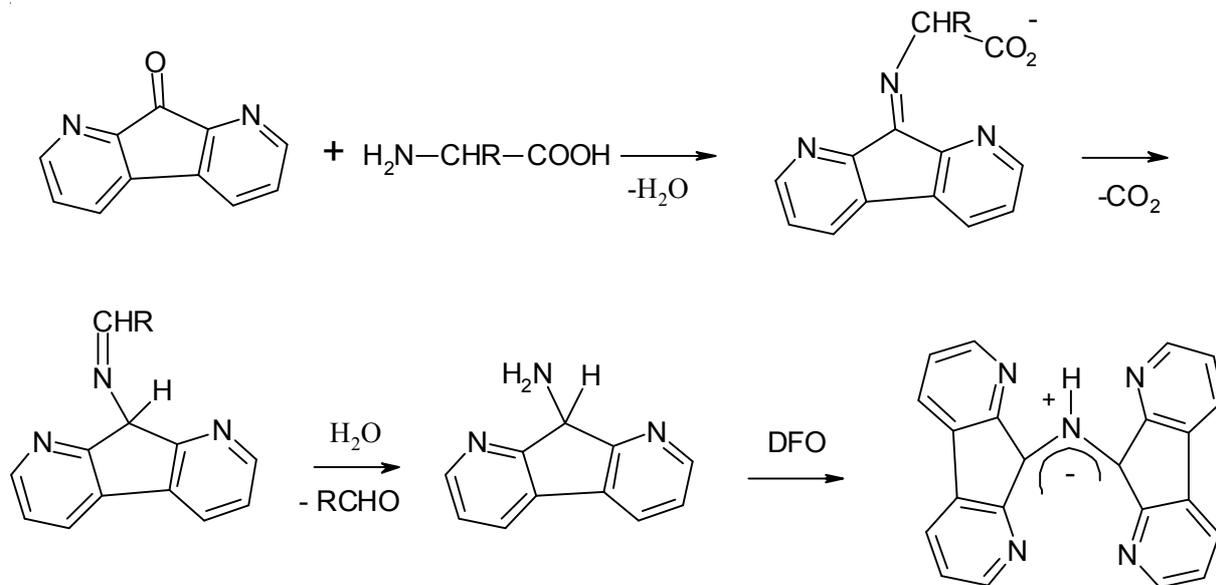


Рис. 3. Механизм реакции 1,8-диазафлуорен-9-она (DFO) с α -аминокислотами

редного металла и охлажденные жидким азотом, проявляют фотолуминесценцию при освещении узкополосным источником света (или аргоновым лазером) и наблюдении через соответствующие светофильтры. Образованное в результате реакции нингидрина, α -аминокислоты и соли металла комплексное соединение изменяет окраску (рис. 4) [15]. Наблюдаемое изменение цвета обусловлено энергетическими переходами электронов на d -орбиталь металла. Этот эффект еще больше усиливается при охлаждении жидким азотом.

Люминесценция, наблюдаемая для комплексного соединения, образованного в результате взаимодействия нингидрина, аминокислоты и соли металла, зависит от типа используемой соли металла; например, при использовании хлорида цинка максимум возбуждения составляет 380 нм.

Как показал анализ литературы, помимо кинетического фактора, определяющего скорость выявления, существенную роль вносит массоперенос химических реагентов в зону следа.

Согласно рекомендациям ведущих экспертов-криминалистов [14], используемые в реакциях с аминокислотами реагенты обычно ра-

створяют в смеси органических растворителей, в которой в качестве соразтворителя выступают различные полярные вещества, такие как ацетон, спирты, уксусная кислота. Растворитель должен быть достаточно летучим, нетоксичным, невоспламеняющимся и не должен воздействовать на другие вещественные доказательства в большинстве случаев, находящиеся на документах (например, чернила). Этим требованиям для растворения нингидрина и его аналогов удовлетворяют хлор-, фторорганические соединения (фреоны), частично петролейный эфир и другие углеводороды. В ряде современных составов вместо фреонов используют гидрофторэфир ГФЭ-7100 (HFE-7100) [13].

Одним из факторов, оказывающим значительное влияние на выявление следов рук, является сама следовоспринимающая поверхность – бумага. На протекающие химические процессы оказывают ее отбеливание, проклеивание, модификация разнообразными наполнителями [7]. Также, необходимо учитывать адсорбционную способность бумаг, сорбцию и диффузию компонентов потожирового вещества следа в поверхностном слое. Предложенная модель (рис. 5) позволяет объяснить

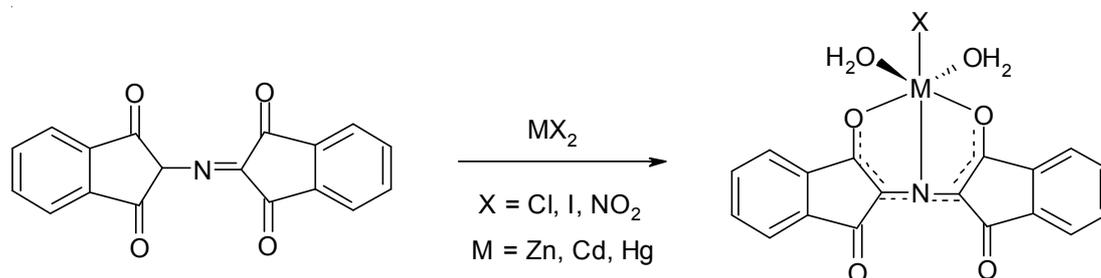


Рис. 4. Схема образования координационного соединения в результате реакции нингидрина с солями переходных металлов

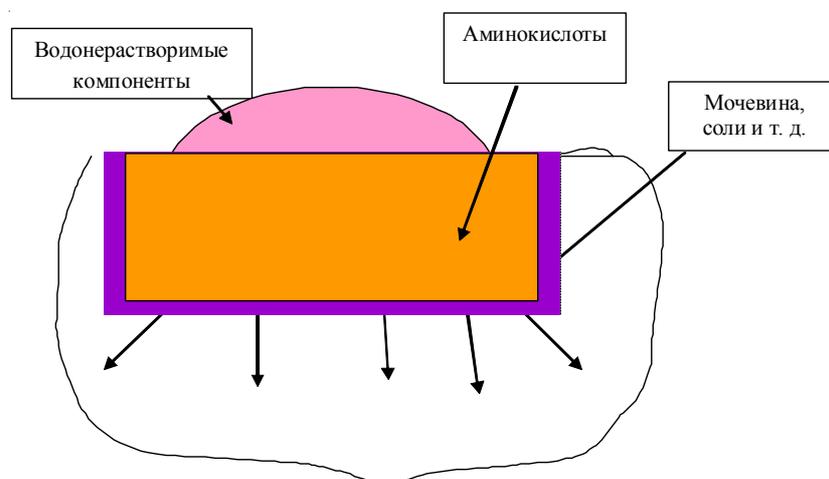


Рис. 5. Распределение потожирового вещества следа в поверхностном слое объекта следоносителя

зависимость отображения микропризнаков (поро- и эджио-) в выявляемых нингдрином и его аналогами следах в зависимости от давности образования, условий хранения и состава бумаг [3].

Таким образом, при выборе методов выявления латентных следов рук на пористых объектах необходимо учитывать не только механизмы слеодообразования на пористых (бумажных) объектах, но и механизмы химической реакции взаимодействия нингидрина и его структурных аналогов с потожировым веществом следа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корноухов, В. Е. Дактилоскопическая экспертиза: современное состояние и перспективы развития / В. Е. Корноухов, Ю. Ю. Ярослав, Т. В. Яровенко. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 320 с.
2. Моисеева, Т.Ф. Комплексное криминалистическое исследование потожировых следов человека / Т. Ф. Моисеева. – М.: Городец, 2000. – 223 с.
3. О некоторых вопросах выявления следов рук и механизма слеодообразования на пористых поверхностях / В. А. Васильев, Т. А. Ермакова, Ю. А. Дружинин, И. Б. Афанасьев, Т. Ю. Юдина, Е. Ю. Русанов // Теория и практика судебной экспертизы. – 2020. – Т. 15, № 3. – С. 34–43. – DOI: 10.30764/1819-2785-2020-3-34-43
4. Черницын, Л. А. Современные методы и средства выявления, изъятия и исследования следов рук: учебное пособие / Л. А. Черницын. – М.: ЭКЦ МВД России, 2010. – 176 с.
5. Якубке, Х.-Д. Аминокислоты, пептиды, белки: пер. с нем. / Х.-Д. Якубке, Х. Ешкайт. – М.: Мир, 1985. – 455 с.
6. Amino Acid Alanine Reactivity with the Fingerprint Reagent Ninhydrin. A Detailed Ab Initio Computational Study / N. Petraco, G. Proni, J. J. Jackiw, A.-M. Sapse // J Forensic Sci. – 2006. – Vol. 51, №. 6. – DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00271.x
7. Fingerprints' third dimension: the depth and shape of fingerprints penetration into paper-cross section examination by fluorescence microscopy / J. Almog, M. Azoury, Y. Elmaliah, L. Berenstein, A. Zaban // Journal of Forensic Sciences. – 2004. – Vol. 49, № 5. – P. 981–985.
8. Gardner, S. J. Optimization and initial evaluation of 1,2-indandione as a reagent for fingerprint detection / S. J. Gardner, D. F. Hewlett // Journal of Forensic Sciences. – 2003. – Vol. 48. – P. 1288–1292.
9. Hansen, D. B. The Development of Novel Ninhydrin Analogues / D. B. Hansen, M. M. Joullie //

Chemical Society Reviews. – 2005. – Vol. 34., № 5. – P. 408–417. – DOI: 10.1039/b315496n

10. Khan, A. A. Studies of the kinetics and mechanism of interaction of β -aminoacids with ninhydrin / A. A. Khan // J. Indian Chem. Soc. – 1989. – № 7. – P. 454–456.

11. Lee, H. C. Advances in fingerprint technology / H.C. Lee, R. E. Gaensslen. – CRC Press., 2001. – 426 p.

12. Masters, N. DFO, Its Usage and Results / N. Masters, R. Morgan, E. Shipp // Journal of Forensic Identification. – 1991. – Vol. 41. – P. 3–10.

13. Ninhydrin-based forensic investigations: I. Fingerprints / G. Drochioiu, I. Sandu, G. Olteanu, I.I. Mangalagiu // International Journal of Criminal Investigation. – 2011. – Vol. 1. – P. 37–58.

14. Ramotowski, R.S. Amino Acid Reagents / R.S. Ramotowski // Advances in Fingerprint Technology. – 2012. – P. 17-54.

15. Strongin, R. M. Developing Fluorogenic Reagents for Detecting and Enhancing Bloody Fingerprints / R. M. Strongin, M. Sibrian-Vazquez // National Institute of Justice. – 2007. – P. 65.

16. The detection of latent fingermarks on porous surfaces using amino acid sensitive reagents: a review / R. Jelly, E. L. Patton, C. Lennard, S. W. Lewis, K. F. Lim // Analytica Chimica Acta. – 2009. – Vol. 652. – P. 128–142. – DOI: 10.1016/j.aca.2009.06.023

REFERENCES

1. Kornouhov V.E., Jaroslav Ju.Ju., Jarovenko T.V. *Daktiloskopicheskaia jekspertiza: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiia* [Fingerprinting: Current State and Development Prospects]. Moscow, INFRA-M Publ., 2011. 320 p.
2. Moiseeva T.F. *Kompleksnoe kriminalisticheskoe issledovanie potozhirovyyh sledov cheloveka* [Comprehensive Forensic Study of Human Sweat and Grease Deposits]. Moscow, Gorodets Publ., 2000. 223 p.
3. Vasil'ev V.A., Ermakova T.A., Druzhinin Yu.A., Afanas'ev I.B., Yudina T.Yu., Rusanov E.Yu. O nekotorykh voprosakh vyjavlenija sledov ruk i mehanizma sledoobrazovanija na poristykh poverhnostjakh [On Some Issues of Handprints Detection and the Mechanism of Trace Formation on Porous Surfaces]. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy* [Theory and Practice of Forensic Examination], 2020, vol. 15, no. 3. p. 34-43. DOI: 10.30764/1819-2785-2020-3-34-43.
4. Chernicyn L.A. *Sovremennye metody i sredstva vyjavlenija, iz'jatija i issledovanija sledov ruk: uchebnoe posobie* [State-of-the-Art Methods and Tools for Identifying, Removing and Researching Hand Marks]. Moscow, EKTS MVD Rossii, 2010. 176 p.

5. Jakubke H.-D., Eshkayt Kh. *Aminokisloty, peptidy, belki: per. s nem* [Amino Acids, Peptides, Proteins. Translated from German]. Moscow, Mir Publ., 1985. 455 p.
6. Petraco N., Proni G., Jackiw J.J., Sapse A.-M. Amino Acid Alanine Reactivity with the Fingerprint Reagent Ninhydrin. A Detailed Ab Initio Computational Study. *J Forensic Sci*, 2006, vol. 51, no. 6. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00271.x.
7. Almog J., Azoury M., Elmaliah Y., Berenstein L., Zaban A. Fingerprints' Third Dimension: The Depth and Shape of Fingerprints Penetration into Paper-Cross Section Examination by Fluorescence Microscopy. *Journal of Forensic Sciences*, 2004, vol. 49, no. 5, pp. 981-985.
8. Gardner S.J., Hewlett D.F. Optimization and Initial Evaluation of 1,2-indandione As a Reagent for Fingerprint Detection. *Journal of Forensic Sciences*, 2003, vol. 48, pp. 1288-1292.
9. Hansen D.B., Joullie M.M. The Development of Novel Ninhydrin Analogues. *Chemical Society Reviews*, 2005, vol. 34, no. 5, pp. 408-417. DOI: 10.1039/b315496n.
10. Khan A.A. Studies of the Kinetics and Mechanism of Interaction of α -aminoacids with Ninhydrin. *J. Indian Chem. Soc.*, 1989, no. 7, p. 454-456.
11. Lee H.C., Gaensslen R.E. *Advances in Fingerprint Technology*. CRC Press, 2001. 426 p.
12. Masters N., Morgan R., Shipp E. DFO, Its Usage and Results. *Journal of Forensic Identification*, 1991, vol. 41, pp. 3-10.
13. Drochioiu G., Sandu I., Olteanu G., Mangalagiu I.I. Ninhydrin-Based Forensic Investigations: I. Fingerprints. *International Journal of Criminal Investigation*, 2011, vol. 1, pp. 37-58.
14. Ramotowski R.S. Amino Acid Reagents. *Advances in Fingerprint Technology*, 2012, pp. 17-54.
15. Strongin R.M., Sibrian-Vazquez M. Developing Fluorogenic Reagents for Detecting and Enhancing Bloody Fingerprints. *National Institute of Justice*, 2007, p. 65.
16. Jelly R., Patton E.L., Lennard C., Lewis S.W., Lim K.F. The Detection of Latent Fingermarks on Porous Surfaces Using Amino Acid Sensitive Reagents: A Review. *Analytica Chimica Acta*, 2009, vol. 652, pp. 128-142. DOI: 10.1016/j.aca.2009.06.023.

ON SOME ASPECTS OF DETECTING TRACES OF HUMAN SKIN ON POROUS SURFACES

Vasily A. Vasiliev

Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor,
Department of Tracology and Ballistics of the UNK EKD,
Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia
v-vasiliev@inbox.ru
Istoricheskaya St, 130, 400089 Volgograd, Russian Federation

Tatyana A. Ermakova

Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor,
Department of Forensic Examination and Physical Materials Science,
Volgograd State University
taermakova@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Yuri A. Druzhinin

Engineer, Department of Handwriting Examinations and Forensic Research of Documents,
Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia
eko47@mail.ru
Zoi i Aleksandra Kosmodem'janskih St, 5, 125130 Moscow, Russian Federation

Илья В. Afanasiev

Chief Expert, Russian Federal Center for Forensic Expertise,
Ministry of Justice of the Russian Federation
ilya_afanasev@pisem.net
Hohlovskij Lane, 13, Bld. 2, 109028 Moscow, Russian Federation

Vladimir V. Akatiev

Senior Lecturer, Department of Forensic Examination and Physical Materials Science,
Volgograd State University
akatiev@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. During the study of fingerprint examination objects, the forensic expert selects methods and means with which he identifies and examines traces. Since most of the known forensics have an influence on the tracer substance, which in turn is multicomponent, the expert should clearly represent the mechanism of the ongoing processes in the tracer zone. In forensic work, methods and methods are widely described that allow you to work with the most common objects. Most of this information is organized in the form of practical recommendations. However, in the field of fingerprinting and research, theoretical questions regarding the detection of hand marks using chemical methods are still not clearly described. The article provides theoretical information regarding the laws of the mechanism of trace formation on porous (paper) objects, the mechanism of the chemical reaction of the interaction of ninhydrin and its structural analogues with the disturbed substance of the trace. It was concluded that when choosing methods for detecting latent traces of hands on porous objects, it is necessary to take into account not only the mechanisms of trace formation on porous (paper) objects, but also the mechanisms of the chemical reaction of the interaction of ninhydrin and its structural analogues with the trail disturbed substance.

Key words: latent hand marks, ninhydrin, chemical detection methods, reaction mechanism, porous surfaces, amino acids.