

УТВЕРЖДАЮ

Врио начальника
ФКУ НПО «СТиС» МВД России

К.Ю.Н.

Д.Б. Панюшин

« 30 » 01 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального казенного учреждения «Научно-производственное
объединение «Специальная техника и связь»
Министерства внутренних дел Российской Федерации

Диссертация *«Исследование лидарного и пробоотборного газоаналитического методов контроля следов взрывчатых веществ на поверхности объектов»* по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки) выполнена в Сибирском филиале федерального казённого учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Тивилёва Мария Ильинична 1978 года рождения работала в Сибирском филиале федерального казённого учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации в должности заместителя начальника Сибирского филиала.

В 2000 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по специальности «Технология электрохимических производств».

Справка о прохождении Тивилёвой М.И. промежуточной аттестации в Томском политехническом университете по направлению 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии» и сдаче кандидатских экзаменов по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» выдана в 2021 году Национальным исследовательским Томским политехническим университетом.

Тема диссертационной работы утверждена Решением совместного совещания Сибирского филиала федерального казённого учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации и представителей Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука от 10.03.2020, протокол № 2.

Научный руководитель Грузнов Владимир Матвеевич, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт

нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатории полевых аналитических и измерительных технологий, главный научный сотрудник, доктор технических наук назначен приказом СФ ФКУ НПО «СТиС» МВД России от 12.10.2021 № 23п.

Материалы диссертации представлены соискателем на заседании научно-практической секции № 1 Научно-технического совета федерального казённого учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**.

Актуальность

В настоящее время в мировой практике антитеррористического контроля объектов на наличие взрывчатых веществ (ВВ) широко используются портативные газоаналитические приборы регистрации следов ВВ на поверхности объектов. Контроль следов осуществляется путем отбора проб пара или микрочастиц ВВ с поверхности.

В газоаналитических приборах достигнуты высокие пороговые чувствительности по концентрации паров ТНТ на уровне 10^{-14} г/см³. Однако, пробоотборные методы не обеспечивают необходимую эффективность контроля. Для достижения оперативного массового контроля объектов на наличие ВВ в настоящее время успешно развиваются лидарные методы, обеспечивающие сканирование объектов на расстоянии до 10 метров и временем анализа до 10 секунд. Чувствительность лидарных методов по парам ВВ существенно ниже пробоотборных газоаналитических. Для лидарных методов характерна высокая чувствительность к микрочастицам ВВ на поверхности, включая труднолетучие типа гексогена, а сами методы исключают необходимость отбора проб, тем самым значительно ускоряют контроль объекта. Дистанционность, быстроедействие и чувствительность к микрочастицам на поверхности контролируемых объектов обеспечивают перспективность лидарным методам контроля, которые в настоящее время представлены опытными образцами. Одним из перспективных дистанционных методов контроля ВВ является лидарный метод на основе лазерно-индуцированной флуоресценции при лазерной фрагментации (ЛИФ-ЛФ).

В диссертационной работе использованы лидар на основе метода ЛИФ-ЛФ и высокочувствительные газоаналитические приборы с отбором паров ВВ с поверхности объектов «ЭХО-М» и его модификация с воздухом в качестве газа-носителя «ЭХО-В-ИДПС».

Применение независимых методов может увеличить эффективность обнаружения взрывчатых веществ, поэтому исследование сравнительной информативности контроля следов ВВ на одних и тех же объектах современными пробоотборным (по парам) и лидарным (по микрочастицам) методами является актуальной задачей.

Уровень паров и микрочастиц ВВ постоянно меняется за счет переноса ВВ с других объектов, в том числе с рук, а так же за счет сублимации (испарения) взрывчатого вещества. Поэтому актуальными являются задачи

определения количества переносимого ВВ с пальцев рук, оценка скорости испарения ВВ и возможность контролировать во времени остаточные количества взрывчатых веществ рассматриваемыми методами.

Для оценки и сравнения методов в диссертационной работе использованы следы ВВ, полученные в результате испарения растворов ВВ с алюминиевой фольги и предметного стекла, а так же образованные отпечатками пальцев.

Таким образом, **актуальность** работы заключается в необходимости исследования лидарного и проботорборного методов контроля микроследов и следов пара ВВ на поверхностях объектов для развития технологий антитеррористического контроля.

Новизна результатов проведенных исследований

1. Предложены методики высокочувствительного контроля следов ВВ на поверхности лидарным и проботорборным газохроматографическим методами.

2. С помощью современной аппаратуры получены сравнительные характеристики контроля следов ВВ на поверхности объектов лидарным и проботорборным газохроматографическим методами.

3. Впервые выявлена более высокая информативность лидарного метода контроля микроследов труднолетучих ВВ типа гексогена на поверхности объектов по сравнению с контролем на поверхности объектов пара газоаналитическим методом.

4. Определены характеристики времени сублимации микроследов ТНТ в виде тонких пленок с поверхности стекла. Показано, что чувствительность лидара обеспечивает более продолжительный контроль остатков пленок на поверхности по сравнению с газохроматографическим методом.

5. Определены примеры повышения эффективности контроля следов ВВ с использованием лидарного и проботорборного газоаналитического методов.

Высокая степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечена совокупностью больших объемов экспериментальных данных, полученных на современном исследовательском оборудовании, а также корреляцией, полученных результатов и сделанных выводов с представлениями современной науки контроля следов ВВ.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Результаты, изложенные в диссертации, получены соискателем лично. Автор диссертации формулировала цели и задачи исследования, планировала и проводила комплексные исследовательские эксперименты, а так же проводила обработку, обобщение и анализ экспериментальных результатов, формулировала основные положения диссертационной работы, готовила публикации в отечественных, зарубежных и отраслевых журналах, а также доклады на научных конференциях.

Практическая значимость результатов проведенных исследований

Результаты работы актуальны для оценки информативности рассмотренных методов в антитеррористическом (экспрессном) контроле объектов и в экспертно-криминалистических исследованиях.

Результаты оценки динамики сублимации следов микрочастиц тринитротолуола с поверхности объектов имеют самостоятельное теоретическое и практическое значение для оценки сохраняемости следов в зависимости от энергии десорбции молекул ВВ на различных поверхностях и для практики экспертно-криминалистического контроля. Сравнение рассматриваемых методов по эффективности контроля сублимации следов показывают более высокую информативность лидарного метода по контролю в первую очередь труднолетучих ВВ. Дополнительное преимущество лидарного метода по сравнению с пробоотборным газоаналитическим состоит в возможности дистанционного негласного контроля.

Достигнутые уровни регистрации следов ВВ на поверхности объектов и отпечатков пальцев рук лидарным методом лазерно-индуцированной флуоресценции при лазерной фрагментации молекул ВВ определяют высокие возможности дистанционного контроля.

Результаты, полученные соискателем в ходе выполнения диссертационной работы, внедрены в научно-техническую деятельность органов внутренних дел Российской Федерации, что подтверждено Актом внедрения от 25.02.2022 № 28/17/1754 в научно-исследовательские работы и Стандарт организации (СТО):

- НИР «Исследование возможности создания комплекса дистанционного обнаружения террористических угроз, основанного на различных физических принципах», шифр «Око-21»;

- НИР «Исследование эффективности обнаружения следов взрывчатых веществ пробоотборным газоаналитическим и дистанционным лазерным методами», шифр «Нота»;

- НИР «Исследование возможности применения научно-технических достижений учреждений и предприятий Сибирского федерального округа при разработке перспективной специальной техники для органов внутренних дел Российской Федерации», шифр «Навага»;

- СТО «Приборы обнаружения взрывчатых веществ газоаналитические. Специальные технические требования, методы и порядок проведения испытаний».

Результаты сравнения методов контроля следовых количеств ВВ могут быть использованы в практике совместного их применения для обоснования целесообразности развития как лидарных, так и газоаналитических технологий.

По материалам диссертации опубликовано 21 работа, в том числе 2 в журналах, индексируемых в базе данных Scopus, 4 в журналах по списку ВАК, 6 в прочих журналах, 9 в материалах конференций, в том числе 7 в материалах зарубежных конференций.

Публикации в журналах, индексируемых в Scopus

1. Gruznov V.M., Bobrovnikov S.M., Baldin M.N., Gorlov E.V., Vorozhtsov A.B., **Tivileva M.I.** The effect of the high efficiency of laser detection of objects containing explosives by solid traces detection compared to vapours detection // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion, Volume 19, Issue 4, 2020, P. 319-327, Q3. DOI: 10.1615/IntJEnergeticMaterialsChemProp.2020034413 P. 319-327

2. **Tivileva M.I.**, Gruznov V.M., Baldin M.N., Vorozhtsov A.B., Kikhtenko A.V., Titov S.S. On the Evaporation Dynamics of Trinitrotoluene Microparticles on the Glass Surface // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion, 2021, 20(3), P. 17-25, Q3

Статьи в журналах из списка ВАК

3. Бобровников С.М., Горлов Е.В., Жарков В.И., Конурбаев О.Р., Панченко Ю.Н., Пучикин А.В., **Тивилёва М.И.** Экспериментальное исследование динамики процесса лазерной фрагментации паров нитробензола // Известия высших учебных заведений. Физика, 2020, № 2 (746), С. 123-128

4. **Тивилёва М.И.**, Грузнов В.М., Балдин М.Н., Кихтенко А.В., Науменко И.И. Определение изменения во времени концентрации пара 2,4,6-тринитротолуола при сублимации его следов с поверхности стекла // Аналитика и контроль, 2021, Т. 25, № 3, С. 222-229, Q3, DOI: 10.15826/analitika.2021.25.3.003

5. Кудряшова О.Б., Грузнов В.М., Балдин М.Н., **Тивилёва М.И.**, Кихтенко А.В., Титов С.С. Характеристика сублимации следов тринитротолуола с поверхности стекла // Известия высших учебных заведений. Физика 2022, Т. 65, № 9, С. 27-33.

Kudryashova O.B., Gruznov V.M., Baldin M.N., Kikhtenko A.V., **Tivileva M.I.**, Titov S.S. Sublimation characteristics of trinitrotoluene traces from a glass surface // Russian Physics Journal, 2023, Vol. 65, No. 9, P. 1443-1450 (Russian Original No. 9, September, 2022)

6. Кирой В.Н., Косенко П.О., Шепелева И.Е., Щербань И.В., Смоликова А.Б., Арсеньев Ф.В., Заборовский А.В., **Тивилёва М.И.**, Аксёнов В.А., Грузнов В.М., Засыпкина И.И. Биогибридная технология обнаружения сверхнизких концентраций тринитротолуола в воздухе // Журнал аналитической химии, 2023, Т. 78, № 8, С. 736-744

Прочие журналы

7. Журавлев А.В., Кихтенко А.В., **Тивилёва М.И.**, Бобровников С.М., Горлов Е.В. Оценка пороговой чувствительности лидарного детектора взрывчатых веществ // Научно-технический портал МВД России, 2014, № 1(9), С. 47-53

8. **Тивилёва М.И.**, Аксёнов В.А., Кихтенко А.В. Обнаружитель взрывчатых веществ «Сокол» и результаты его испытаний // Научно-технический портал МВД России, 2014, № 3(11), С. 47-54

9. **Тивилёва М.И.**, Аксенов В.А., Кихтенко А.В., Бобровников С.М., Горлов Е.В. Оценочные испытания лидарного обнаружителя взрывчатых веществ // Научно-технический портал МВД России, 2015, № 1(13), С. 49-57

10. **Тивилёва М.И.**, Аксенов В.А., Бобровников С.М., Горлов Е.В. Дистанционное обнаружение следов высокоэнергетических материалов // Научно-технический портал МВД России, 2016, № 4

11. **Тивилёва М.И.**, Аксенов В.А., Кихтенко А.В. Объединение методов газового анализа при обнаружении взрывчатых веществ // Научно-технический портал МВД России, 2021, №2(38), С. 59-65

12. Бобровников С.М., Горлов Е.В., Жарков В.И., Мурашко С.Н., Панченко Ю.Н., Аксёнов В.А., Кихтенко А.В., **Тивилёва М.И.** Исследование эволюции поверхностной концентрации следов высокоэнергетических веществ в отпечатках пальцев поляризационным макрофотографическим и лидарным методами // Технологии безопасности жизнедеятельности. 2023, № 1 С. 8-18.

Наиболее значимые доклады на конференциях:

13. Кихтенко А.В., **Тивилёва М.И.**, Бобровников С.М., Горлов Е.В., Дистанционный детектор следов взрывчатых веществ // Сборник материалов XX Международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 2014, С. 41-44

14. Аксенов В.А., **Тивилёва М.И.**, Бобровников С.М., Горлов Е.В. Дистанционный лазерный детектор следов взрывчатых веществ // Сборник материалов XXII Международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», 2016, С. 511-513

15. Балдин М.Н., Кихтенко А.В., **Тивилёва М.И.**, Аксёнов В.А., Грузнов В.М. Сравнение методов определения следов взрывчатых веществ: твёрдых лидаром и пара газовой хроматографией // Сборник тезисов докладов XI Всероссийская научная конференция и школа «Аналитика Сибири и Дальнего Востока», посвященная 100-летию со дня рождения И.Г. Юделевича (АСиДВ-11). XI Всероссийская конференция (16-20 августа, 2021 г., Новосибирск).

16. Балдин М.Н., Кихтенко А.В., **Тивилёва М.И.**, Грузнов В.М. Сохраняемость следов тринитротолуола на поверхности стекла // Материалы XI международной научно-практической конференции «Проблемные вопросы служебного кинологии на современном этапе», Ростов-на-Дону, 2022, С. 93-100

17. Кудряшова О.Б., Грузнов В.М., Балдин М.Н., **Тивилёва М.И.**, Кихтенко А.В., Титов С.С. О моделировании времени испарения микрочастиц ТНТ с поверхности контролируемых объектов // Сборник научных трудов XVII Международной конференции HEMS-2022 Высокоэнергетические и специальные материалы: антитерроризм, безопасность и гражданское применение. 14-16 сентября 2022 г. (Республика Алтай, Россия), С. 83-85

18. Bobrovnikov S.M., Gorlov E.V., Zharkov V.I., Panchenko Yu.N., **Tivileva M.I.**, Aksenov V.A., Kikhtenko A.V. Remote detector of explosive traces // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2014. Vol. 9292. P. 92922G-1-92922G-4

19. Bobrovnikov S.M., Gorlov E.V., Zharkov V.I., Panchenko Yu.N., **Tivileva M.I.**, Aksenov V.A., Kikhtenko A.V., Lidar detector of explosive vapors // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2016. Vol. 10035. P. 1003554-1-1003554-7

20. Gruznov V.M., Baldin M.N., Vorozhtsov A.B., **Tivileva M.I.**, Kikhtenko A.V., Titov S.S. Evaporation dynamics of trinitrotoluene microparticles from the glass surface // Proceedings of The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications (ISEM2021), November 16-18, 2021, Virtual Symposium, Tokyo, Japan. P. 25.

21. **Тивилёва М.И.**, Бобровников С.М., Аксенов В.А., Кихтенко А.В., Грузнов В.М. Обнаружение следов взрывчатых веществ на основе лазерноиндуцированной флуоресценции при фотофрагментации (ЛФ/ЛИФ) азотсодержащих молекул // Материалы IV Всероссийской конференции по аналитической спектроскопии с международным участием Краснодар, 24-30 сентября 2023 г. С.88

Все вышесказанное позволяет утверждать, что диссертация **«Исследование лидарного и пробоотборного газоаналитического методов контроля следов взрывчатых веществ на поверхности объектов» Тивилёвой Марии Ильиничны** является научно-квалификационной работой, в которой на основе многочисленных экспериментов обоснованы сравнительные характеристики контроля, имеющие актуальное значение для практики и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)»**.

Заключение принято на заседании Научно-практической секции №1 Научно-технического совета федерального казенного учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации.

Присутствовало на заседании 13 чел.

Результаты голосования: «за» 13 чел., «против» - чел., «воздержалось» - чел., протокол № 22/2023 от «26» декабря 2023 г.

Заместитель председателя НПС № 1

Начальник ЦВиИБ НИИСТ

ФКУ НПО «СТиС» МВД России

А.А. Горовцов

Секретарь заседания

Ведущий научный сотрудник ЦВиИБ НИИСТ

ФКУ НПО «СТиС» МВД России

к.ф.-м.н.

В.В. Бородай