

МЕТОД ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ В СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.Н. Баранникова

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

Аннотация. Рассмотрена современная практика применения ИК-спектроскопии в судебной экспертизе и различных областях науки и техники. Приведен обзор объектов, которые эксперты исследуют данным методом. Отмечено, что в судебной экспертизе используются далеко не все возможности ИК-спектроскопии. Метод пригоден для количественного анализа, а также исследования спектров поглощения в дальней и ближней волновых областях.

Ключевые слова: *ИК-спектроскопия, судебная экспертиза, количественный анализ, ближняя волновая область ИК-спектра, дальняя волновая область ИК-спектра, микрообъекты, молекулярная спектроскопия*

THE USE OF FTIR SPECTROSCOPY IN FORENSIC PRACTICE AND ITS POTENTIAL FUTURE APPLICATIONS

I.N. Barannikova

Russian Federal Center of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow, Russia, 109028

Abstract. The author examines current applications of infrared spectroscopy in forensic practice and in various areas of science and technology. The paper includes an overview of objects that warrant the use of this forensic analytical technique. It is pointed out that not all capabilities of the method are currently put to use by forensic practitioners. It is also noted that methods based on infrared spectroscopy can be used for quantitative analysis, as well as the study of far and near infrared absorption spectra for forensic purposes.

Keywords: *infrared spectroscopy, forensic science, quantitative analysis, near infrared range, far infrared range, microscopic objects, molecular spectroscopy*

В современной практике судебной экспертизы широко используются передовые научно-технические средства. При оценке допустимости и значимости заключения эксперта в качестве доказательства следователь и суд анализируют как соблюдение процессуальной формы назначения и производства экспертизы, так и используемую экспертом методику исследования с точки зрения оптимального выбора и корректности методов анализа, обоснованности выводов, сделанных на основании полученных результатов.

Возможности науки и техники постоянно расширяются, что находит применение

в судебной экспертизе; создаются новые и совершенствуются уже имеющиеся методики исследования. При их разработке эксперты могут использовать фундаментальные достижения науки, модернизированные инструментальные методы, наиболее полно соответствующее специфике решаемых экспертных задач и объектам исследования. Метод инфракрасной (ИК) спектроскопии является одним из наиболее широко применяемых при экспертном исследовании разнообразных объектов.

ИК-спектроскопия с Фурье-преобразованием (ИК-Фурье спектроскопия) наряду со многими другими инструментальными

методами позволяет наиболее однозначно интерпретировать результаты, полученные в ходе судебной экспертизы, в процессе судопроизводства. Данный метод помогает решать идентификационные, классификационные и диагностические задачи. ИК-Фурье спектроскопия достаточно давно и успешно применяется при работе с самыми разными объектами судебной экспертизы, не является разрушающим методом и, при достаточной технической оснащенности, дает возможность работать с микроколичествами веществ. Результаты анализа понятны всем участникам процесса, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к методам исследования при производстве судебных экспертиз [1]. По мере развития науки и техники появляются новые задачи и возможности применения метода ИК-Фурье спектроскопии в судебно-экспертной практике.

Применение метода ИК-Фурье спектроскопии

Сегодня метод ИК-Фурье спектроскопии применяется при проведении экспертизы следующих объектов:

- наркотических средств и психотропных веществ (НСПВ), сильнодействующих и ядовитых веществ;
- косметических, лекарственных средств, веществ неуставленной природы;
- лакокрасочных и полимерных материалов;
- тонеров в штрихах документов, паст ручек;
- волокон.

Существует множество методических рекомендаций по применению данного метода при проведении судебной экспертизы вышеперечисленных объектов, и в большинстве из них ИК-Фурье спектроскопия признана качественным методом исследования [2–8]. Ниже приведен краткий обзор экспертных задач, решаемых с использованием методов ИК-Фурье спектроскопии.

В экспертизе НСПВ, сильнодействующих и ядовитых веществ ИК-Фурье спектроскопия решает одну из актуальных задач – идентификацию состава смесей, содержащих вещества, оборот которых законодательно запрещен или ограничен. Для этого необходимо идентифицировать каждый из компонентов смеси, как правило, состоящей из действующего вещества и наполнителя. При исследовании компонен-

тов наполнителя, который в подавляющем большинстве случаев невозможно идентифицировать другими приборными методами, например хроматографическими, применяют ИК-микроскоп, совмещенный с ИК-спектрометром, или же приставку нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) [9, 10].

При проведении экспертизы *косметических средств, лекарственных препаратов и веществ неуставленной природы* данный метод применяется как индивидуально, так и в комплексе с рентгенофлуоресцентным методом анализа, газовой хроматографией, газовой хроматографией с масс-спектрометрическим детектированием или высокоэффективной жидкостной хроматографией. При проведении анализа веществ неуставленной природы преимущественно используется ИК-спектроскопия, так как в этом случае требуется минимум расходных материалов и можно идентифицировать широкий круг веществ: органических и многих неорганических соединений [11–13].

К часто встречающимся объектам криминалистической экспертизы материалов, веществ и изделий относятся микронаслоения *лакокрасочных материалов* на предметах-носителях. При расследовании дел о дорожно-транспортных происшествиях необходимо установить принадлежность микронаслоений лакокрасочных покрытий к проверяемым автомобилям. Сложность данных исследований связана с анализом микроколичеств объектов, а также с многослойностью и многокомпонентностью каждого из слоев. Для исследования лакокрасочных покрытий требуется применение комплекса различных методов [1, 6], наиболее информативным из которых является ИК-спектроскопия. Она позволяет установить тип связующего (основного компонента лакокрасочных материалов), наполнителей, а иногда состав пигментов. Для этих целей используют ИК-Фурье спектрометры и специальные приставки (ИК-микроскоп и НПВО), что позволяет получить необходимую информацию при исследовании микрочастиц и микронаслоений [1].

ИК-спектроскопия является эффективным методом анализа при проведении *экспертизы синтетических клеев*. Метод используется для установления вида и марки клея, а также для идентификации *других полимеров*. Возможности ИК-спектроскопии позволяют определить полимерную основу

синтетических клеевых материалов, а в некоторых случаях дополнительные компоненты: отвердители, пластификаторы, наполнители [5, 14].

Одними из наиболее часто встречающихся объектов *судебно-технических экспертиз документов* являются печатные тексты, выполненные на принтерах, копировальных аппаратах, multifunctional устройствах. Для решения широкого спектра задач экспертам необходима информация о химическом составе тонеров в штрихах документа [4, 15, 16]. Химический состав тонеров как в отечественной, так и в зарубежной практике исследуют методом ИК-Фурье спектроскопии [4, 16, 17]. Метод применяется также для решения широкого спектра задач при исследовании паст для шариковых ручек [2].

Метод ИК-Фурье спектроскопии с использованием ИК-микроскопа и приставки НПВО применяется в *экспертизе волокон* для установления групповой принадлежности и их идентификации, для чего созданы и пополняются спектральные базы данных [7, 18].

Перспективы применения метода

При совершенствовании приборной базы, программного обеспечения и появлении более высокоточных спектрометров у экспертов появляется возможность использовать метод в новых областях. Для решения задач судебной экспертизы может быть эффективен количественный метод анализа с помощью ИК-Фурье спектрометра, который уже нашел применение в других областях науки и техники. Также могут быть изучены «неклассические» для ИК-Фурье спектроскопии области спектра, а именно дальняя волновая и ближняя волновая, причем как в качественном, так и в количественном анализе.

Исследования в дальней волновой области спектра. Метод ИК-Фурье спектроскопии в дальней волновой области широко применяется при количественном анализе продукции на фармацевтическом производстве. В 2014 году этот метод был включен в XII Государственную фармакопею Российской Федерации [19].

Анализ нефтепродуктов в почвах, грунтах, воде и донных отложениях. Очень перспективным является использование метода ИК-Фурье спектроскопии в судебно-экологической экспертизе при определении суммарного содержания нефте-

продуктов в объектах окружающей среды: почвах, грунтах, воде и донных отложениях [20–23]. Его широкое применение обусловлено достаточно высокой чувствительностью, точностью и быстротой. Метод заключается в предварительной экстракции нефтепродуктов из объектов с последующей регистрацией ИК-спектра экстракта и позволяет определять суммарную концентрацию нефтяных углеводородов (преимущественно алифатических).

Спектральные методы применяются также для контроля группового состава нефтепродуктов – в частности, для определения общего содержания жирных спиртов и эфиров жирных кислот в промышленных маслах используют ИК-спектроскопию [20–23].

В настоящее время в судебно-экспертных подразделениях системы Минюста России при экспертизе нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов используют хроматографические методы [1], но на проведение этого анализа методом ИК-спектроскопии требуется меньше времени и, как уже отмечалось выше, минимум расходных материалов. Таким образом, применение ИК-спектроскопии позволит сократить сроки и стоимость производства экспертиз.

Весьма востребована экспертиза документов, и в частности исследование тонеров в штрихах. Известно, что тонеры имеют сложный многокомпонентный состав, представленный полимерной основой и множеством неорганических компонентов, вследствие чего анализ полимерной части тонеров крайне затруднителен или невозможен [16]. Имеется также тенденция к унификации качественного состава полимерной части тонеров, поэтому возникает необходимость их количественного анализа. Преодолеть эти трудности позволяет использование количественного метода ИК-Фурье спектроскопии для анализа тонеров при проведении *судебно-технической экспертизы документов*.

Исследования в ближней волновой области спектра могут быть пригодны для анализа различных функциональных групп или типов органических соединений. Благодаря меньшему удельному поглощению в области обертонов, исследования в этой части спектра являются хорошим дополнением к обычной инфракрасной области в тех случаях, когда требуется существенно лучшее разрешение или, когда необходи-

мо избежать наложения, наблюдающегося в более длинноволновой части спектра. Анализы в ближней инфракрасной области спектра являются важным аналитическим инструментом в различных отраслях науки и техники (сельском хозяйстве, химической промышленности, фармацевтике и пр.). В частности, они проводятся при установлении количественного содержания казеина в сухом молоке или для дистанционного обнаружения частиц взрывчатых веществ [24–26].

Приведен далеко не полный перечень использования возможностей ИК-Фурье спектроскопии для решения различных экспертных задач.

Применение количественного анализа методом ИК-спектроскопии позволит сократить сроки производства экспертиз, а анализ спектра ближней и дальней волновых областях в дополнение к спектру основной области – более точно определять химический состав исследуемых объектов и, следовательно, уменьшить количество вероятностных выводов и выводов по форме НПВ (не представляется возможным) по отношению к категоричным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павилова Г.В., Бежанишвили Г.С. Аналитическая химия в судебной экспертизе // Российский химический журнал. – 2002. – Т. XLVI. – № 4. – С. 76–80.
2. Тимофеева В.И., Панферова Т.Ф. Исследование паст для шариковых ручек в штрихах методом ИК-Фурье спектроскопии // Экспертная практика и новые методы исследования. – Вып. 12. – М.: ВНИИСЭ, 1989. – 273 с.
3. Сорокин В.И., Любецкий Г.В., Макаров М.А., Дроздов М.А. и др. Экспертное исследование наркотических средств, получаемых из фенилпропаноламина: Методические рекомендации // Новые лекарственные препараты. – Вып. 4. – М., 2003. – 52 с.
4. Лобанов Н.Н., Черткова Т.Б., Тросман Э.А., Тимофеева В.И. и др. Возможности комплексного криминалистического исследования текстов, выполненных электрофотографическим способом // Теория и практика судебной экспертизы. – 2009. – № 2 (14). – С. 179–185.
5. Леонтьева Л.О., Халиков Т.Х., Трофименко Г.А., Ауров Н.А. и др. Анализ лаковых и пластмассовых изоляций методами ИК-спектроскопии и пиролизической газовой хроматографии: Методические рекомендации / под ред. Л.Д. Беляева. – М.: ВНИИСЭ, 1986. – 46 с.
6. Карабач М.Л., Кузнецов А.С., Кузовкин Б.И., Леонтьева Л.О. и др. Криминалистическое исследование лакокрасочных материалов и покрытий: Методическое пособие для экспертов, следователей и судей. – Вып. 3 / под ред. М.Л. Карабач, Л.Д. Беляевой. – М.: ВНИИСЭ, 1988. – 208 с.
7. Пучков В.А., Пучкова Т.М., Пчелицев А.М., Воскречан Г.П. Криминалистическое исследование волокнистых материалов и изделий из них: Методическое пособие для экспертов. – М.: ВНИИСЭ, 1983. – Вып. 3. – 275 с.
8. Гладырев В.В., Дроздов М.А., Кедыс Д.Н., Латыгин В.Н. и др. Экспертное исследование курительных смесей, содержащих наиболее распространенные синтетические каннабиноиды: Методические рекомендации. – М.: ФСКН РФ, 2010. – 61 с.
9. Фицев И.М., Власова О.В., Ризванов И.Х., Фицева Н.А. и др. Аналитические профили бета-кетоамфетаминов. II. Идентификация методами тонкослойной газовой хроматографии, ИК- и УФ-спектрометрии // Ученые записки Казан. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. – 2011. – Т. 153. – № 1. – С. 71–79.
10. Кимстач Т.Б., Понкратов К.В. Способы подготовки проб для исследования методом ИК-Фурье спектроскопии. Методические рекомендации – М.: ЭКЦ МВД России, 1997. – 8 с.
11. Сайдов Г.В., Свердлова О.В. Методы молекулярной спектроскопии. Учебное пособие. – С.-Петербург: НПО «Профессионал», 2008. – 337 с.
12. Storme-Paris I., Rebiere H., Matoga M., Civade C. et al. Challenging Near InfraRed Spectroscopy discriminating ability for counterfeit pharmaceuticals detection // Analitica Chimica Acta. – 2010. – V. 658. – No 2. – P. 163–174.
13. Зинюк Р.Ю., Балыков А.Г., Гавриленко И.Б., Шемяков А.М. ИК-спектроскопия в неорганической технологии. Учебное пособие – Л.: Химия, 1983. – 160 с.
14. Худяков В.З., Галяшин В.Н., Горшенев Ю.А., Савлущинская Т.Р. Экспертное исследование синтетических клеящих материалов. Учебное пособие. – М.: ЭКЦ МВД СССР, 1991. – 393 с.

15. Ryland S., Bishea G., Brun-Conti L., Eyring M., et al. Discrimination of 1990s original automotive paint systems: a collaborative study of black nonmetallic base coat/clear coat finishes using infrared spectroscopy // *J. Forensic Sci.* – 2001. – V. 46. – No 1. – pp. 31–45.
16. Скоромникова О.А., Малинский С.В., Лобанов Н.Н. Вопросы судебно-технической экспертизы документов для документов, изготовленных на монохромных лазерных принтерах. Модельный ряд принтеров. Численные оценки количества изготовленных документов // *Теория и практика судебной экспертизы.* – 2009. – № 2 (14). – С. 142–160.
17. Tănase I.Gh., Udriștioiu E.G., Bunaciu A.A., Aboul-Enein H.Y. Infrared spectroscopy in qualitative analysis of laser printer and photocopy toner on questioned documents // *Instrumentation Science and Technology.* – 2009. – No 37. – pp. 30–39.
18. Tungol M.W., Bartric E.G., Montaser A. The development of a spectral data base for the identification of fibers by infrared microscopy // *Applied Spectroscopy.* – 1990. – V. 44. – No 4. – pp. 543–549.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. – М.: Медицина, 2014. – 684 с.
20. Марютина Т.А., Савонина Е.Ю., Катасонова О.Н., Хасыкова В.В. Динамическое экстрагирование нефтепродуктов из почв во вращающихся спиральных колонках // VI Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика-2006», Самара, 26–30 сентября 2006: тезисы докладов. – Самара, 2006. – С. 203.
21. Леоненко И.И., Антонович В.П., Андрианов А.М., Безлуцкая И.В. и др. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) // *Методы и объекты химического анализа.* – 2010. – Т. 5. – № 2. – С. 58–72.
22. Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Беззубов А.А., Карцева Н.Ю. Определение концентрации нефти в почве методом инфракрасной спектроскопии. МУК 4.1.1956.
23. Margalith E., Nguyen L.K., Klunder G. Near infrared spectral imaging of explosives using a tunable laser source // *Proc. SPIE 7680, Next-Generation Spectroscopic Technologies III, 76800H* (April 27, 2010); doi:10.1117/12.852659.
24. Vähäoja P., Närhi J., Kuokkanen T., Naatus O. et al. An infrared spectroscopic method for quantitative analysis of fatty alcohols and fatty acid esters in machinery oils // *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* – 2005. – V. 383. – No 2. – pp. 305–311.
25. Баюнов А.П. Воспроизводимость спектров диффузного отражения в ближнем ИК-диапазоне при анализе сырья для производства комбикормов / Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. хим. наук – 2013. – 16 с.
26. Anderssen R.S., De Hoog F.R., Wesley I.J., Zwart A.B. How much of a near infrared spectrum is useful? Sparse regularization – let the data decide! // *ANZIAM Journal.* – 2014. – V. 54 (CTAC2012). – C788–C808.

REFERENCES

1. Pavilova G.V., Bezhanishvili G.S. Analytical chemistry in the forensic science. *Rus. chem. J. (Russian J. chem. society. D. I. Mendeleev).* 2002. Vol. XLVI. No 4. pp. 76–80. (In Russ.)
2. Timofeeva V.I., Panferova T.F. Issledovanie past dlya sharikovykh ruchek v shtrikhakh metodom IK-Fur'e-spektroskopii [A study of pastes for ballpoint pens in the stroke, by the method of IR Fourier spectroscopy]. *Ekspertnaya praktika i novye metody issledovaniya.* Issue. 12. Moscow: VNIIE, 1989. 273 p. (In Russ.)
3. Sorokin V.I., Lyubetskii G.V., Makarov M.A., Drozdov M.A. et al. Ekspertnoe issledovanie narkoticheskikh sredstv, poluchayemykh iz fenilpropanolamina: Metodicheskie rekomendatsii [Expert in the study of drugs derived from phenylpropanolamine: Methodical recommendations]. *Novye lekarstvennye preparaty.* Issue. 4. Moscow, 2003. 52 p. (In Russ.)
4. Lobanov N.N., Chertkova T.B., Troshman E.A., Timofeeva V.I. et al. Vozmozhnosti kompleksnogo kriminalisticheskogo issledovaniya tekstov, vypolnennykh elektrofotograficheskim sposobom [A comprehensive forensic investigation of the texts printed with an electrophotographic method]. *Teoriya i praktika sudebnoi ekspertizy = Theory and practice of forensic science.* 2009. No 2 (14). pp. 179–185. (In Russ.)
5. Leont'eva L.O., Khalikov T.Kh., Trofimenko G.A., Aurov N.A. et al. Analiz lakovykh i plastmassovykh izolyatsii metodami IK-spektroskopii i piroliticheskoi gazovoi khromatografii: Metodicheskie rekomendatsii [Analysis of lacquer and plastic seals by

- the method of infrared spectroscopy and pyrolytic gas chromatography]. Moscow: VNIIE, 1986. 46 p. (In Russ.)
6. Karabach M.L., Kuznetsov A.S., Kuzovkin B.I., Leont'eva L.O. et al. *Kriminalisticheskoe issledovanie lakokrasochnykh materialov i pokrytii: Metodicheskoe posobie dlya ekspertov, sledovatelei i sudei* [Forensic examination of paints and coatings: The methodical manual for the experts, investigators and judges]. Issue 3. Moscow: VNIIE, 1988. 208 p. (In Russ.)
7. Puchkov V.A., Puchkova T.M., Pchelitsev A.M., Voskrechan G.P. *Kriminalisticheskoe issledovanie voloknistykh materialov i izdelii iz nikh: Metodicheskoe posobie dlya ekspertov* [Forensic investigation of fibrous materials and products: Methodical manual for the experts]. Moscow: VNIIE, 1983. Issue 3. 275 p. (In Russ.)
8. Gladyshev V.V., Drozdov M.A., Kedys D.N., Latygin V.N. et al. *Ekspertnoe issledovanie kuritel'nykh smesey, sodержashchikh naibolee rasprostranennyye sinteticheskie kannabinoidy: Metodicheskie rekomendatsii* [Expert in the study of Smoking mixtures containing synthetic cannabinoids are the most common: Methodical recommendations]. Moscow: FSKN RF, 2010. 61 p. (In Russ.)
9. Fitsev I.M., Vlasova O.V., Rizvanov I.Kh., Fitseva N.A. et al. *Analiticheskie profili beta-ketoamfetaminov. II. Identifikatsiya metodami tonkosloinnoi gazovoi khromatografii, IK- i UF-spektrometrii* [Analytical profiles of the beta-metamfetamina. II. Identification by thin layer, gas chromatography, IR and UV spectrometry]. *Uchenye zapiski Kazansk. gos. un-ta. Ser. Estestvennye nauki*. 2011. Vol. 153. No 1. pp. 71–79. (In Russ.)
10. Kimstach T.B., Ponkratov K.V. *Sposoby podgotovki prob dlya issledovaniya metodom IK-Fur'e spektroskopii. Metodicheskie rekomendatsii* [Methods of preparation of samples for study by IR spectroscopy. Guidelines]. Moscow: EKTs MVD Rossii, 1997. 8 p. (In Russ.)
11. Saidov G.V., Sverdlova O.V. *Metody molekulyarnoi spektroskopii. Uchebnoe posobie* [Methods of molecular spectroscopy. Tutorial]. St.Petersburg: NPO «Professional», 2008. 337 p. (In Russ.)
12. Storme-Paris I., Rebiere H., Matoga M., Civade C. et al. Challenging Near Infra-Red Spectroscopy discriminating ability for counterfeit pharmaceuticals detection. *Analitica Chimica Acta*. 2010. V. 658. No 2. P. 163–174.
13. Zinyuk R.Yu., Balykov A.G., Gavrilenko I.B., Shevyakov A.M. *IK-spektroskopiya v neorganicheskoi tekhnologii. Uchebnoe posobie* [Infrared spectroscopy in inorganic technology]. Leningrad: Khimiya, 1983. 160 p. (In Russ.)
14. Khudyakov V.Z., Galyashin V.N., Gorshenin Yu.A., Savluchinskaya T.R. *Ekspertnoe issledovanie sinteticheskikh kleyashchikh materialov. Uchebnoe posobie* [Expert in the study of synthetic adhesives. Tutorial]. Moscow: EKTs MVD SSSR, 1991. 393 p. (In Russ.)
15. Ryland S., Bishea G., Brun-Conti L., Eyring M., et al. Discrimination of 1990s original automotive paint systems: a collaborative study of black nonmetallic base coat/clear coat finishes using infrared spectroscopy. *J. Forensic Sci.* 2001. V. 46. No 1. pp. 31–45.
16. Skoromnikova O.A., Malinskii S.V., Lobanov N.N. *Voprosy sudebno-tekhnicheskoi ekspertizy dokumentov dlya dokumentov, izgotovlennykh na monokhromnykh lazernykh printerakh. Model'nyi ryad printerov. Chislennyye otsenki kolichestva izgotovlennykh dokumentov* [Issues of forensic technical examination of documents for documents made in monochrome laser printers. Range of printers. Numerical evaluation of the number of produced documents]. *Teoriya i praktika sudebnoi ekspertizy = Theory and practice of forensic science*. 2009. No 2 (14). pp. 142–160. (In Russ.)
17. Tănase I.Gh., Udriștioiu E.G., Bunaciu A.A., Aboul-Enein H.Y. Infrared spectroscopy in qualitative analysis of laser printer and photocopy toner on questioned documents. *Instrumentation Science and Technology*. 2009. No 37. pp. 30–39.
18. Tungol M.W., Bartric E.G., Montaser A. The development of a spectral data base for the identification of fibers by infrared microscopy. *Applied Spectroscopy*. 1990. V. 44. No 4. pp. 543–549.
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii* [State pharmacopoeia of the Russian Federation]. XIII edition. Moscow: Meditsina, 2014. 684 p. (In Russ.)
20. Maryutina T.A., Savonina E.Yu., Katasonova O.N., Khasykova V.V. *Dinamicheskoe ekstrahirovanie nefteproduktov iz pochvy vo vrashchayushchikhsya spiral'nykh kolonkakh*. [Dynamic extraction of petrole-

- um products from soils in a rotating coiled columns] *Materials of VI Allrussian conference «Ekoanalitika-2006»* (Samara, 26–30 September 2006). Samara, 2006. pp. 203. (In Russ.)
21. Leonenko I.I., Antonovich V.P., Andrianov A.M., Bezlutskaya I.V. et al. Methods for the determination of oil in waters and other environmental objects (review). *Metody i ob"ekty khimicheskogo analiza = Methods and objects of chemical analysis*. 2010. Vol. 5. No 2. pp. 58–72. (In Russ.)
 22. Malysheva A.G., Kozlova N.Yu., Bez Zubov A.A., Kartseva N.Yu. *Opreделение kontsentratsii nefti v pochve metodom infrakrasnoi spektroskopii. MUK 4.1.1956* [Determination of the concentration of oil in soil by infrared spectroscopy MUK 4.1.1956]. (In Russ.)
 23. Margalith E., Nguyen L.K., Klunder G. Near infrared spectral imaging of explosives using a tunable laser source. *Proc. SPIE 7680, Next-Generation Spectroscopic Technologies III*, 76800H (April 27, 2010); doi:10.1117/12.852659.
 24. Vähäoja P., Närhi J., Kuokkanen T., Naatus O. et al. An infrared spectroscopic method for quantitative analysis of fatty alcohols and fatty acid esters in machinery oils. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2005. V. 383. No 2. pp. 305–311.
 25. Bayunov A.P. *Vosproizvodimost' spektrov diffuznogo otrazheniya v blizhnem IK-diapazone pri analize syr'ya dlya proizvodstva kombikormov*. Candidate thesis (Chemistry) 2013. 16 p. (In Russ.)
 26. Anderssen R.S., De Hoog F.R., Wesley I.J., Zwart A.B. How much of a near infrared spectrum is useful? Sparse regularization let the data decide! *ANZIAM Journal*. 2014. V. 54 (CTAC2012). C788–C808

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Баранникова Ирина Николаевна – заместитель заведующего лабораторией судебно-экологической экспертизы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, e-mail: baranka86@yandex.ru.

ABOUT THE AUTHOR

Barannikova Irina Nikolaevna – Deputy Head of the Laboratory of Environmental Forensics, RFCFS of the Ministry of Justice of the Russian Federation, e-mail: baranka86@yandex.ru.