

Экспериментальные исследования спектров флуоресценции природных образований и нефтяных загрязнений

77-30569/256187

11, ноябрь 2011

Федотов Ю. В., Матросова О. А., Белов М. Л., Городничев В. А.

УДК 535.338.41

НИИ РЛТ МГТУ им. Н.Э. Баумана

belov@bmstu.ru

gorod@bmstu.ru

fed@bmstu.ru

ekomonit@bmstu.ru

Быстрый рост загрязнения окружающей среды нефтепродуктами обуславливает необходимость создания систем для оперативного дистанционного контроля этих загрязнений.

На сегодняшний день наиболее эффективными для дистанционного обнаружения и классификации нефтепродуктов на земной и водной поверхности являются лазерные спектрофотометрические и флуоресцентные методы (см., например [1-11]).

В настоящее время актуальной является задача контроля нефтяных загрязнений при транспортировки нефти. Для решения этой задачи необходима разработка современных методов и аппаратуры. Особенно перспективным для задачи контроля нефтяных загрязнений на земных поверхностях представляется применение метода лазерной индуцированной флуоресценции.

Для исследования особенностей спектров лазерной флуоресценции различных природных образований и нефтяных загрязнений была создана лабораторная установка, позволившая получить исходные данные для разработки флуоресцентного метода контроля нефтяных загрязнений на земных поверхностях, моделированная его работы и его экспериментальной проверки. Структурная схема лабораторной установки приведена ниже на рисунке 1.

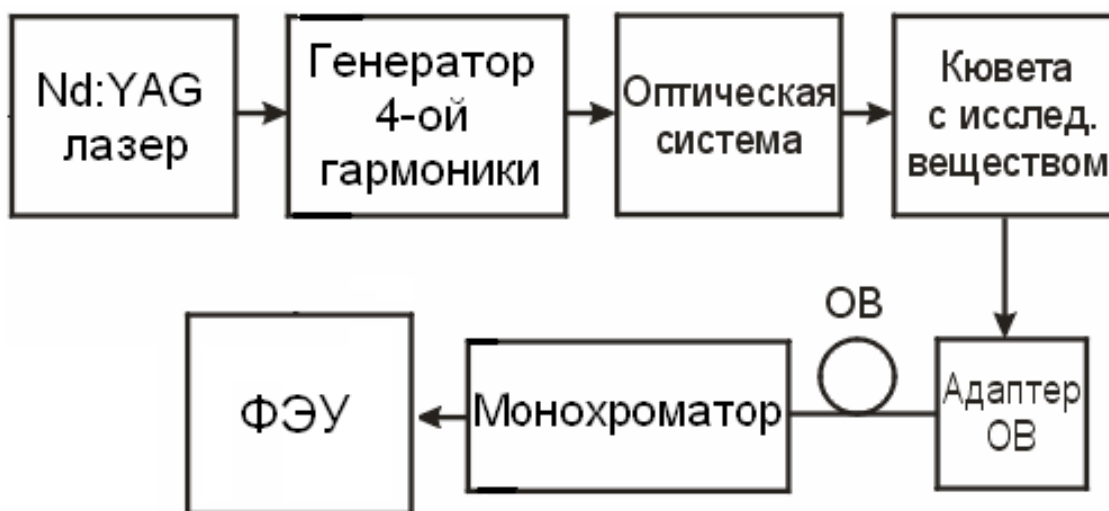


Рис. 1. Схема лабораторной установки

На рисунке ОВ – оптическое волокно, ФЭУ – фотоэлектронный умножитель.

Основные параметры лабораторной установки:

Энергия импульса, мДж	0,2
Длительность импульса, нс	10
Длина волны возбуждения, нм	266
Диапазон регистрируемых длин волн флуоресценции, нм	290–750
Разрешение по спектру, нм	8
Расстояние от лазерного источника до образца при измерениях, м	1,4
Диаметр лазерного пучка возбуждения, мм	14
Диаметр поля зрения приемника в плоскости образца, мм	20

В данной лабораторной установке флуоресценция возбуждается четвертой гармоникой лазера на иттрий-алюминиевом гранате, активированном ионами неодима, спектр регистрируется при помощи полихроматора с усилителем яркости.

Перед проведением измерений проводилась калибровка аппаратуры. В качестве тестового объекта был использован DL-триптофан, CAS # 54-12-6.

На рисунке 2 приведен спектр 1 флуоресценции триптофана, полученный на нашей лабораторной установке, и спектр 2 флуоресценции триптофана, полученный в работе [12].

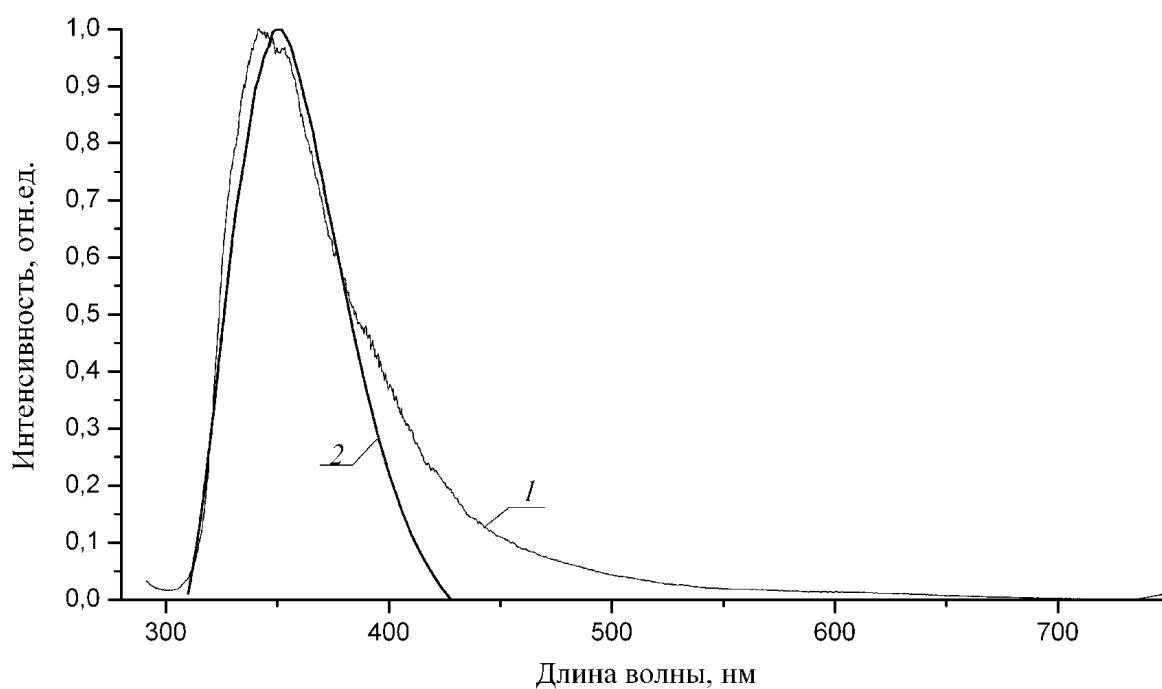


Рис. 2. Спектры флуоресценции триптофана

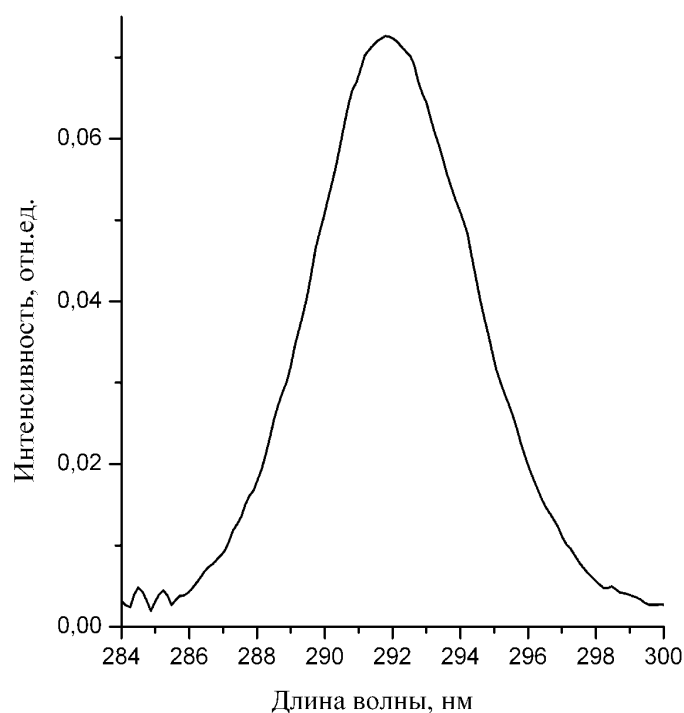


Рис. 3. Спектр комбинационного рассеяния дистиллированной воды

Калибровка измерительной аппаратуры также контролировалась по спектру комбинационного рассеяния дистиллированной воды. Измеренный на лабораторной установке спектр комбинационного (рамановского) рассеяния дистиллированной воды приведен на рисунке 3 и соответствует известному спектру комбинационного рассеяния [13].

В результате экспериментальных лабораторных исследований были получены спектры флуоресценции для различных типов земных подстилающих поверхностей и для различных нефтепродуктов (для длины волны возбуждения 266 нм).

Набор исследованных в работе земных подстилающих поверхностей включал в себя различные типы почв: чернозём; глина; чернозем 75 % глина 25 %; глина 75 % чернозем 25 %; торф; песок; песчаная почва; известняк; почва из соснового бора; почва из березовой рощи; почва из дубравы.

Набор исследованных в работе нефтепродуктов включал в себя: нефть Альметьевская; дизельное топливо; керосин; бензин А-80; бензин А-95; масло машинное отработанное; масло машинное Castrol 10w40.

Ниже на рисунках 4–11 представлены примеры спектров флуоресценции, полученных на описанной установке.

На рисунках 4-6 представлены спектры флуоресценции различных чистых (не загрязненных нефтепродуктами) почв (рисунки 4, 5) и чистых нефтепродуктов (рис. 6). Пик на длине волны 532 нм соответствует второй гармонике излучения лазера на иттрий-алюминиевом гранате.

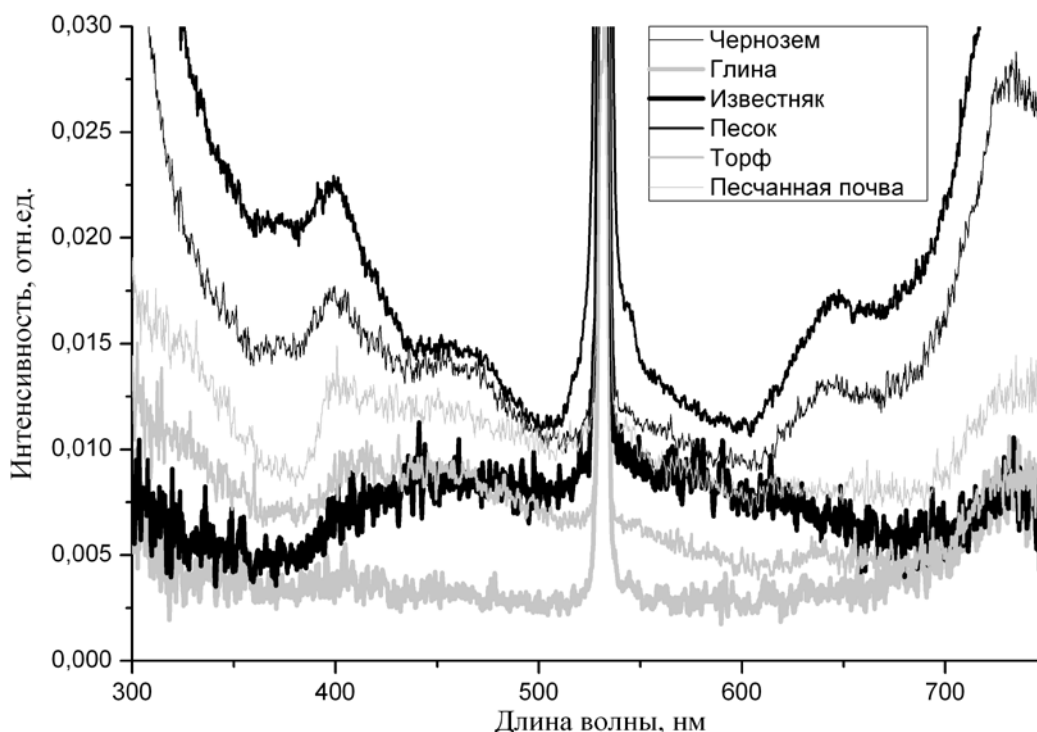


Рис. 4. Спектры флуоресценции чистых почв

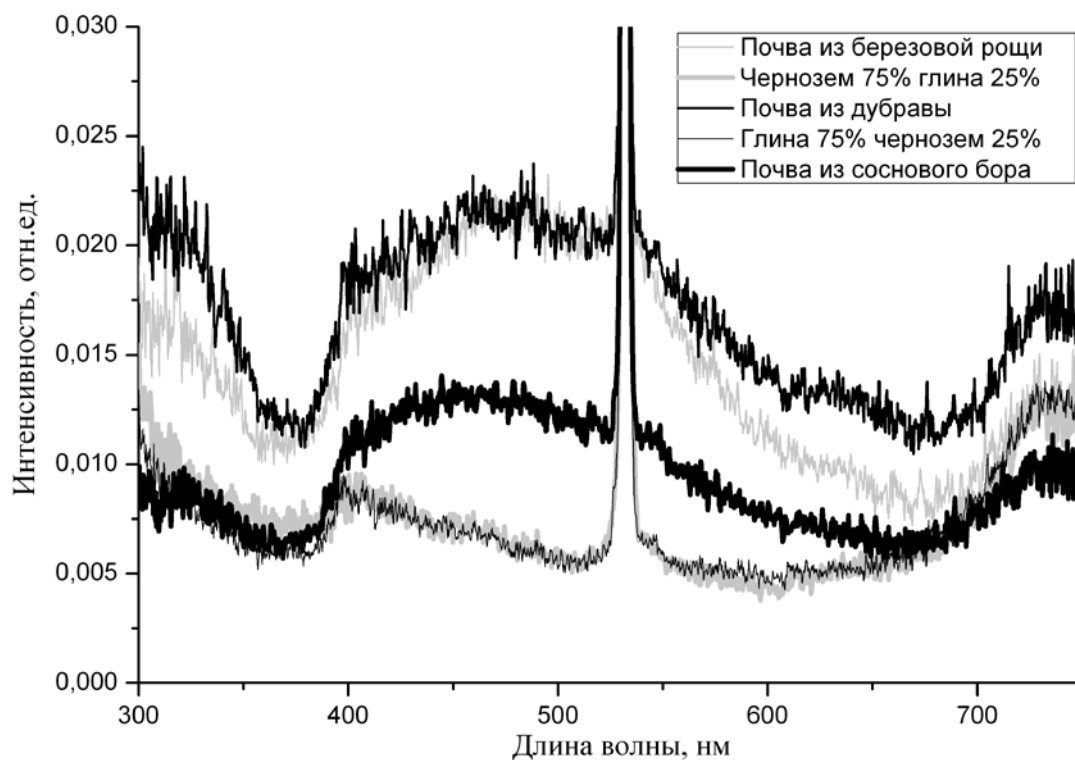


Рис. 5. Спектры флуоресценции чистых почв

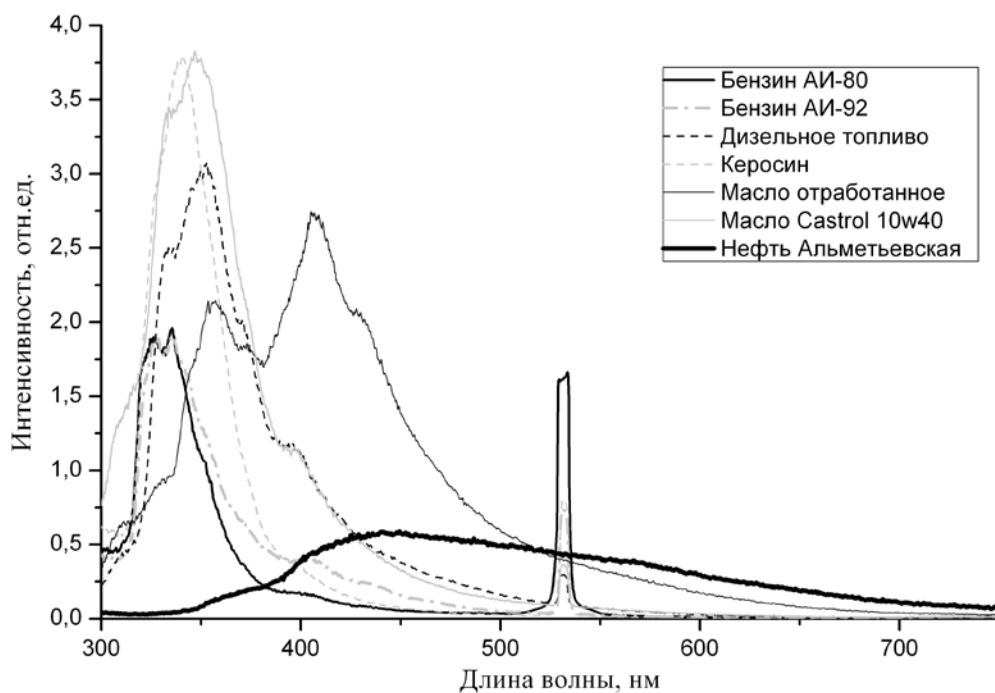


Рис. 6. Спектры флуоресценции чистых нефтепродуктов

На рисунках 7-10 представлены спектры флуоресценции различных нефтепродуктов (машинное масло, керосин, нефть, дизельное топливо) пролитых на разных почвах.

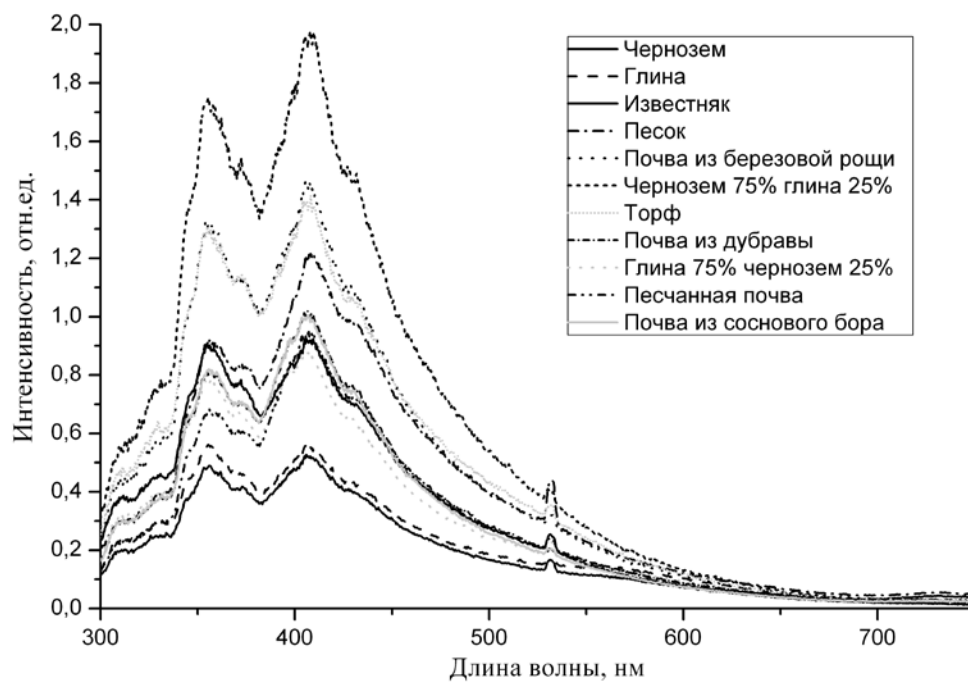


Рис. 7. Спектры флуоресценции машинного масла на разных почвах

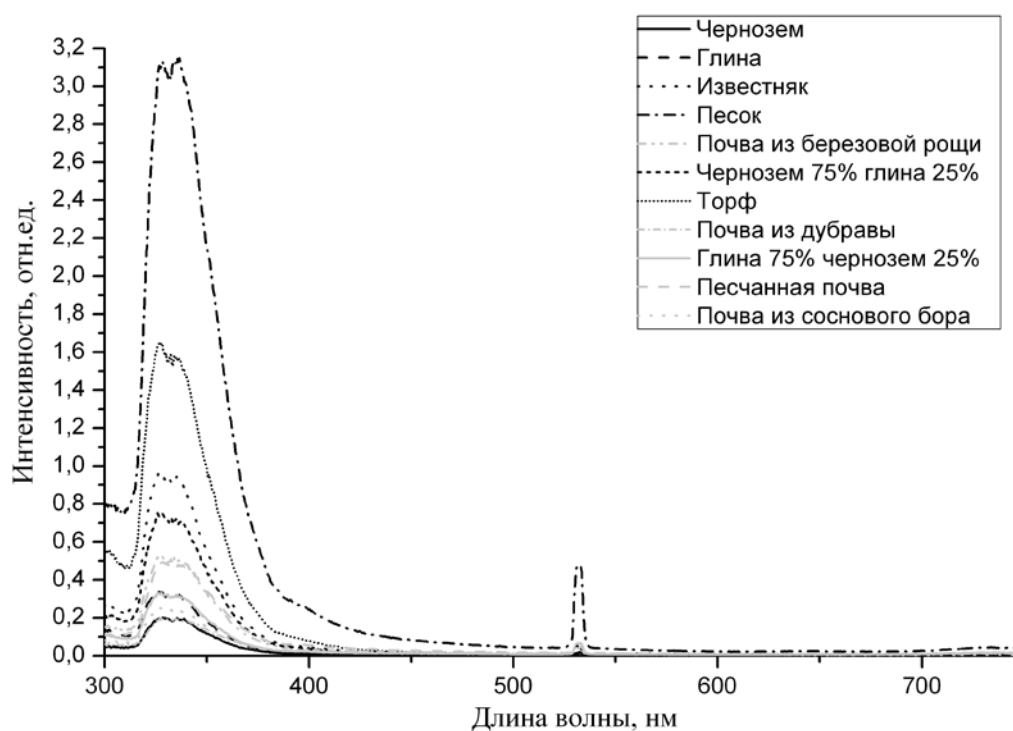


Рис. 8. Спектры флуоресценции керосина на разных почвах

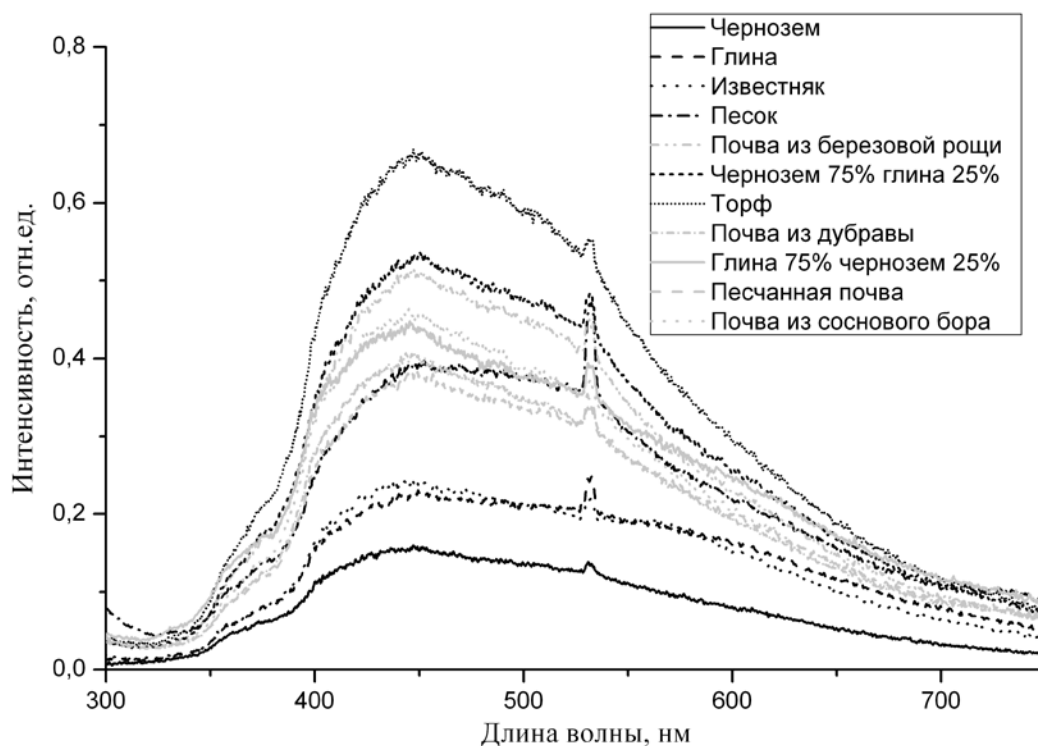


Рис. 9 – Спектры флуоресценции нефти на разных почвах

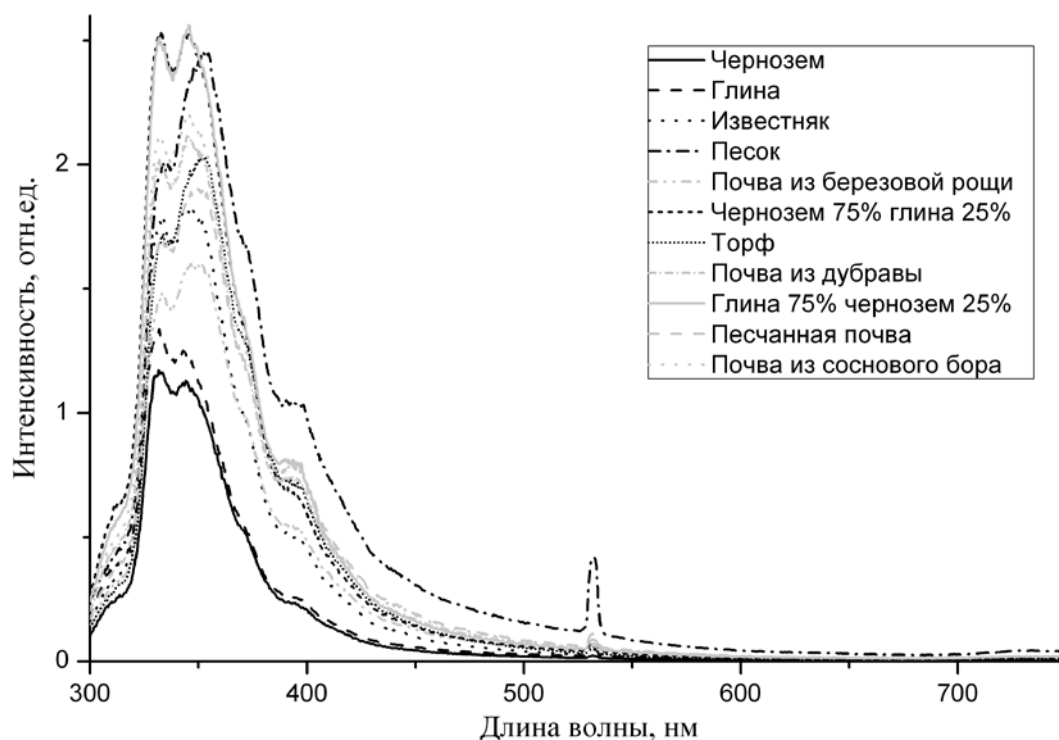


Рис. 10. Спектры флуоресценции дизельного топлива на разных почвах

Из рисунков 7-10 хорошо видно, что особенности спектров пролитых нефтепродуктов сохраняются на разных почвах.

Характер изменения спектров флуоресценции различных пролитых нефтепродуктов (машинное масло, нефть, дизельное топливо) с течением времени (сразу после разлива и через сутки после разлива) показан на рисунках 11-13.

Разные кривые на рисунках соответствуют разному времени после разлива нефтепродуктов и разным точкам измерения внутри пятна разлива на подстилающей земной поверхности. Подстилающими земными поверхностями при исследовании эффекта “старения” спектров флуоресценции служили чернозем, глина, известняк и песок.

На рисунках виден эффект “старения” – как спектры флуоресценции различных разлитых нефтепродуктов изменяются с течением времени.

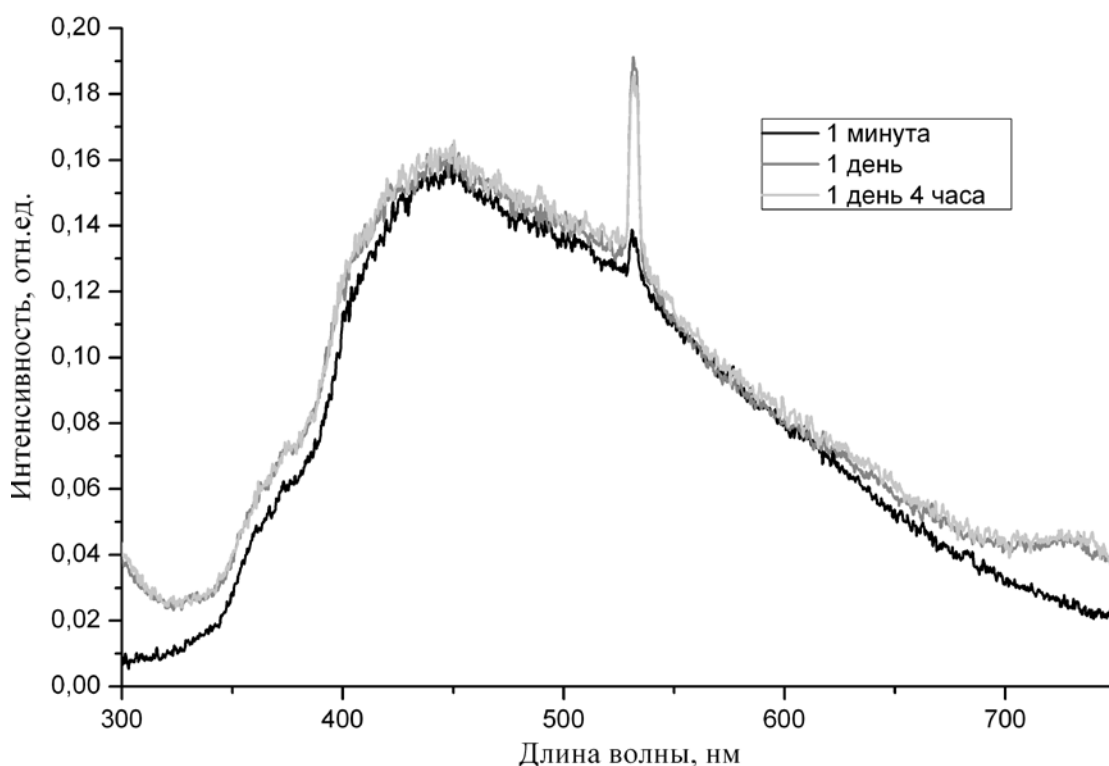


Рис. 11. Спектры флуоресценции нефти в разное время после разлива

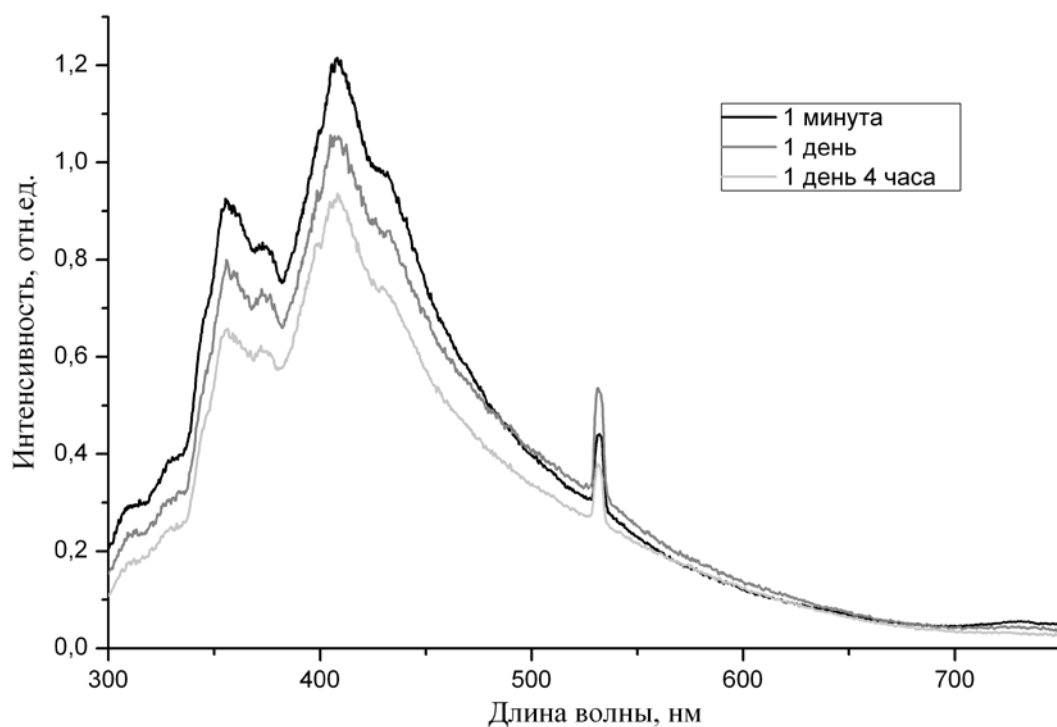


Рис. 12. Спектры флуоресценции машинного масла в разное время после разлива

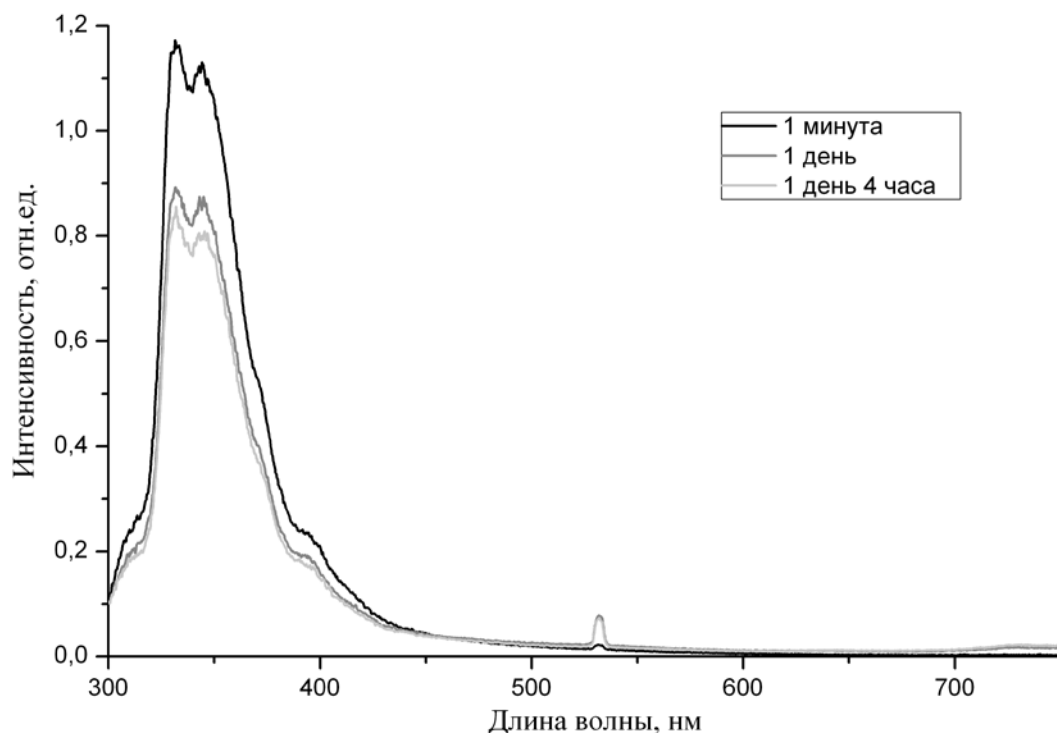


Рис. 13. Спектры флуоресценции дизельного топлива в разное время после разлива

Полученные в результате экспериментальных лабораторных исследований спектры флуоресценции для различных типов земных подстилающих поверхностей (чернозём; глина; торф; песок; известняк; лесные почвы) и для различных нефтепродуктов в разное

<http://www.technomag.edu.ru/doc/256187.html>

время после разлива были оцифрованы и внесены в созданный банк данных спектров флуоресценции.

В настоящее время в банк записаны экспериментально измеренные спектры флуоресценции различных типов вод, различных нефтепродуктов и нефтей, разных типов растений, почв и природных образований, полученные для различных длин волн возбуждения (200; 210; 220; 222; 225; 230; 248; 250; 266; 300; 308; 337; 350; 355; 390; 400; 405; 410; 510; 520; 532 нм). Наибольшее количество спектров соответствует длинам волн возбуждения 266; 308; 337 нм. Спектры флуоресценции для различных типов вод, разливов нефтепродуктов на водной поверхности и растений взяты из различных литературных источников. Спектры флуоресценции для различных почв и природных образований и разливов нефтепродуктов на этих почвах и природных образованиях получены из проведенных экспериментов.

Анализ спектров измеренных спектров флуоресценции показывает, что спектры флуоресценции природных образований (земных подстилающих поверхностей) и загрязнений различными нефтепродуктами имеют характерные свои особенности. Из приведенных спектров флуоресценции видна принципиальная возможность контроля (дистанционного и локального мониторинга) нефтяных загрязнений на земной поверхности как сразу после разлива, так и, по крайней мере, через сутки после разлива.

Предполагается использовать измеренные спектры флуоресценции природных образований и нефтяных загрязнений для разработки алгоритмов обнаружения и классификации нефтяных загрязнений на земной поверхности.

Литература

1. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. М.: Мир, 1987. 550 с.
2. Оптико-физические средства исследования океана / Под ред. Е.Г. Пащенко. Л.: Судостроение, 1984. 264 с.
3. Новые возможности дистанционного анализа нефтепродуктов на поверхности вод / В.М. Климкин [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6. № 2. С. 189 – 204.
4. Спектральные особенности флуоресценции нефтепродуктов в пленках и в объеме воды / Таер Абд Дейдан [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. № 4. С. 455 – 463.
5. Исследование возможности применения эксимерного Kr-F лазера в лидарных экспериментах по детектированию нефтяных пленок на поверхности воды / Д.В. Власов [и др.] // Оптика атмосферы. 1990. Т. 3. № 11. С. 1224 – 1225.

6. Дистанционный контроль верхнего слоя океана / В.М. Орлов [и др.] Новосибирск: Наука. Сибирское Отделение, 1991. 149 с.
7. Проблемы лазерной флуориметрии органических примесей в природных водах / С.М. Глушков [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. №4. С. 464 – 473.
8. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды / В.И. Козинцев [и др.]. М.: Изд-во МГТУ, 2002. 528 с.
9. Дистанционный лазерный метод измерения толщины пленок нефтепродуктов на водной поверхности, основанный на определении коэффициента пропускания пленки нефти / В.И. Козинцев [и др.] // Вестник МГТУ. Приборостроение. 2006. № 2. С. 56-64.
10. Raman Scattering and Fluorescence Spectra of Water from the Sea Surface Microlayer / V. V. Fadeev [et al.] // Oceanology. 2009. Vol. 49, No. 2. P. 205 – 210.
11. Метод обнаружения нефтяных загрязнений на водной поверхности, основанный на регистрации флуоресцентного излучения в двух узких спектральных диапазонах / Ю.В. Федотов [и др.] // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. Приборостроение. 2010. № 2. С. 39 – 47.
12. Gardecki J. A., Maroncelli M. Set of Secondary Emission Standards for Calibration of the Spectral Responsivity in Emission Spectroscopy // Applied Spectroscopy. 1998. V. 52. N 10. P. 1179-1189.
13. Detection of aromatic pollutants in the environment by using UV-laser-induced fluorescence / P. Karlitschek [et al.] // Applied Physics B. Lasers and Optics. 1998. N. 67. P. 497–504.

Experimental research of fluorescent spectrums of natural formations and oil pollution

77-30569/256187

11, November 2011

Fedotov Yu.V., Matrosova O.A., Belov M.L., Gorodnichev V.A.

Bauman Moscow State Technical University

belov@bmstu.ru

gorod@bmstu.ru

fed@bmstu.ru

ekomonit@bmstu.ru

Article is devoted to experimental research of laser induced fluorescent spectrums of oil pollution on the earth's surface. It was shown, that fluorescent spectrums of natural formations (earth's underlying surfaces) and oil pollution had their own features which can be used to control oil pollution on the earth's surface both right after spillage and at least a day after.

Publications with keywords: [laser](#), [fluorescence spectra](#), [oil pollution](#), [earth's surface](#)

Publications with words: [laser](#), [fluorescence spectra](#), [oil pollution](#), [earth's surface](#)

Reference

1. Mezheris R., Laser remote sensing, Moscow, Mir, 1987, 550 p.
2. In: E.G. Pashchenko (Ed.), Optiko-physical means of research of ocean, Leningrad, Sudostroenie, 1984, 264 p.
3. V.M. Klimkin, et al., Optika atmosfery i okeana 6 (2) (1993) 189-204.
4. Taer Abd Deidan, et al., Optika atmosfery i okeana 7 (4) (1994) 455 –463.
5. D.V. Vlasov, et al., Optika atmosfery 3 (11) (1990) 1224 –1225.
6. V.M. Orlov, et al., Remote control of the top layer of ocean, Novosibirsk, Nauka. SibirskoeOtdelenie, 1991, 149 p.
7. S.M. Glushkov, et al., Optika atmosfery i okeana 7 (4) (1994) 464 – 473.
8. V.I. Kozintsev, et al., Optiko-electronic systems of ecological monitoring of environment, Moscow, Izd-vo MGTU - BMSTU Press, 2002, 528 p.
9. V.I. Kozintsev, et al., Vestnik MGTU. Priborostroenie - Bulletin of BMSTU. Ser. Instrumentation 2 (2006) 56-64.

10. V. V. Fadeev, et al., *Oceanology* 49 (2) (2009) 205 – 210.
11. Iu.V. Fedotov, et al., *Vestnik MGTU im. Bauman. Ser. Priborostroenie - Bulletin of BMSTU. Ser. Instrumentation* 2 (2010) 39 – 47.
12. Gardecki J. A., Maroncelli M., Set of Secondary Emission Standards for Calibration of the Spectral Responsivity in Emission Spectroscopy, *Applied Spectroscopy*, 52 (10) (1998) 1179-1189.
13. Karlitschek, et al., Detection of aromatic pollutants in the environment by using UV-laser-induced fluorescence, *P. Applied Physics B. Lasers and Optics*, 67 (1998) 497–504.