

УДК 621.431.74.016

Б.И. Руднев, О.В. ПовалихинаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**НАНОСТРУКТУРЫ ЧАСТИЦ ДИЗЕЛЬНОЙ САЖИ**

Приведены данные электронно-микроскопических исследований наноструктуры частиц дизельной сажи. Установлено, что наноструктуры частиц дизельной сажи имеют различную форму и охватывают диапазон размеров от 20 до 300 нм.

Ключевые слова: *частицы дизельной сажи, диаметр частиц, наноструктуры частиц дизельной сажи.*

B.I. Rudnev, O.V. Povalikhina**DIESEL SOOT OF NANOSTRUCTURE PARTICLES**

Data of electronic microscope investigations of nanostructure diesel soot particles are given. It is stated that nanostructures of diesel soot particles have different shape and range from 20 – 300 nm.

Key words: *diesel soot particles, diameter of particles, nanostructure of diesel soot particles.*

Анализ физико-химических свойств частиц дизельной сажи выполнен авторами в работах [1, 2]. В них приведена информация, имеющаяся в научно-технической литературе, и показана важность достоверных данных, касающихся как геометрических размеров частиц дизельной сажи, так и состоящих из них наноструктур.

В настоящей работе представлена часть результатов экспериментального исследования наноструктуры частиц дизельной сажи. Пробы сажи отбирались непосредственно из камеры сгорания работающего судового дизельного двигателя типа 4Ч 18/24 контактным методом с помощью специального устройства, смонтированного на штатном индикаторном канале. Следует отметить, что для анализа процесса радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя необходимо располагать достоверными данными по оптическим характеристикам частиц сажи и их наноструктурам, взятым именно из камеры сгорания, а не из выхлопной трубы. Это обусловлено значительными отличиями по температуре и давлению, которые являются определяющими для процесса образования частиц сажи и их наноструктур в камере сгорания дизельных двигателей [3–6].

На рис. 1 представлена микрофотография частиц дизельной сажи, полученная на электронном микроскопе с большой разрешающей способностью.

Анализ рис. 1 показывает, что частицы дизельной сажи имеют в основном сферическую или близкую к ней форму. На рис. 2 представлен фрагмент микрофотографии (рис. 1) при большем увеличении.

Из рис. 2 видно, что одиночные частицы дизельной сажи охватывают диапазон размеров от 10 до 50 нм. Наноструктуры, в которые они объединяются, имеют значительно большие размеры: 150–200 нм и более. Рис. 3 демонстрирует наноструктуру частиц дизельной сажи, превышающую по размеру 1000 нм, на рис. 4 показан фрагмент этой микрофотографии.

Встречаются наноструктуры и больших размеров, это подтверждается экспериментальными данными, показанными на рис. 5, 6.

На рис. 7, а, б и 8, а, б представлены результаты спектрального анализа наноструктур частиц дизельной сажи. Их анализ показывает, что частицы в наноструктурах на 88–93 % по массе содержат углерод, т.е. сажу, содержание других элементов незначительно.

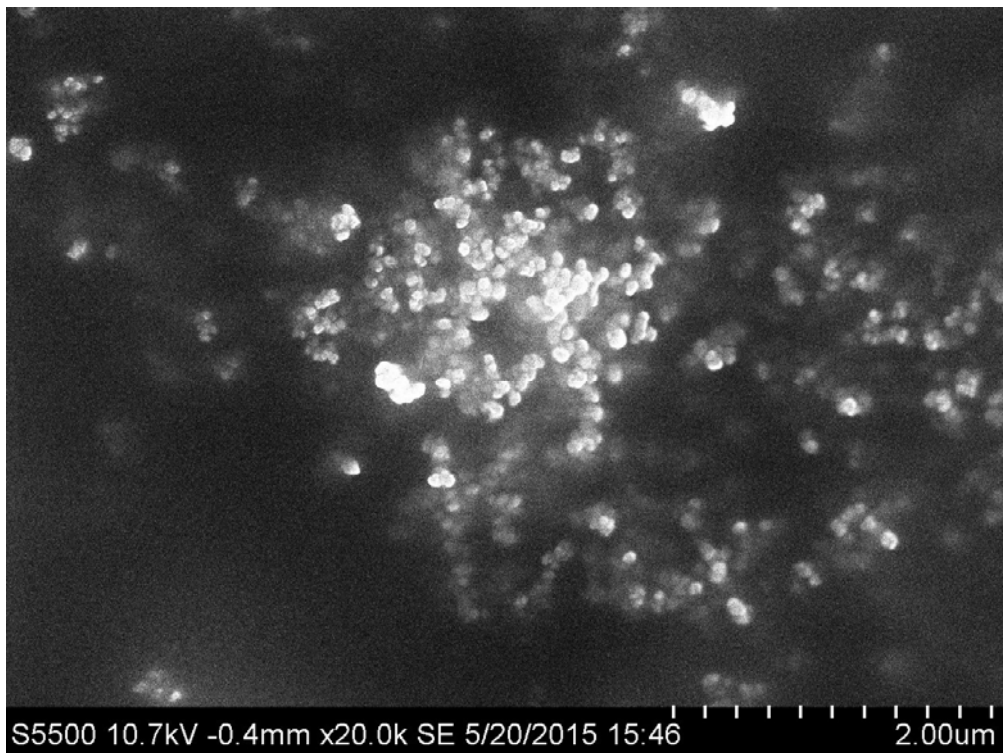


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок частиц дизельной сажи
(шкала размеров в микрометрах)

Fig. 1. Electronic microscope snapshot diesel soot particles (size of scale in μm)

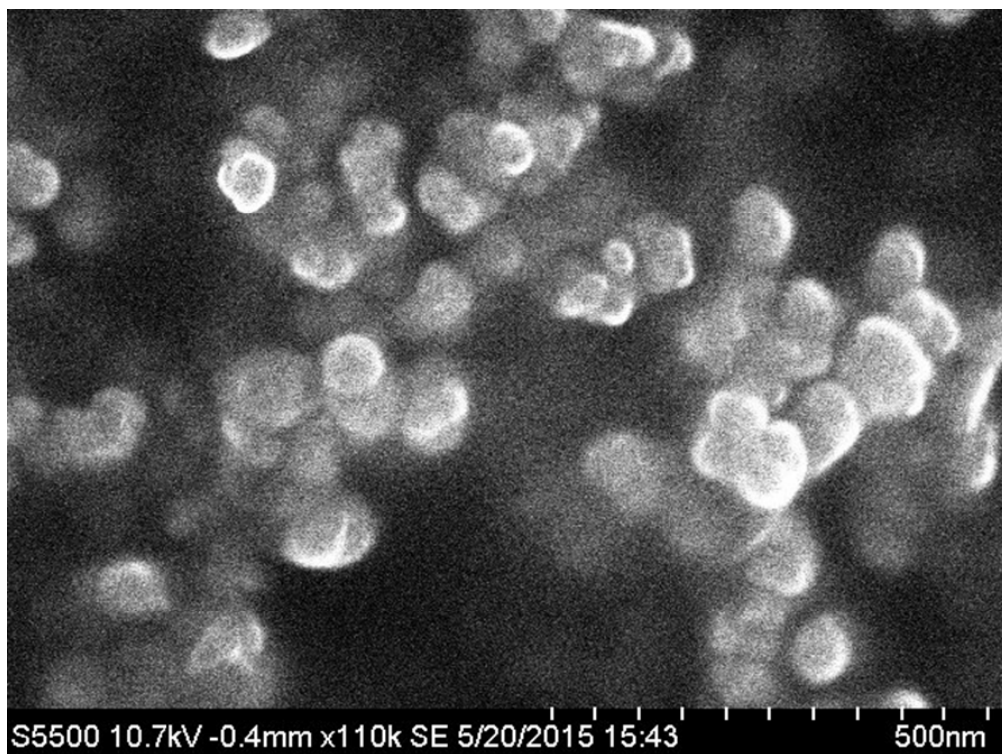


Рис. 2. Фрагмент микрофотографии, представленной на рис. 1 (шкала размеров в нанометрах)

Fig. 2. Fragment of microphoto data on fig.1 (size of scale in nm)

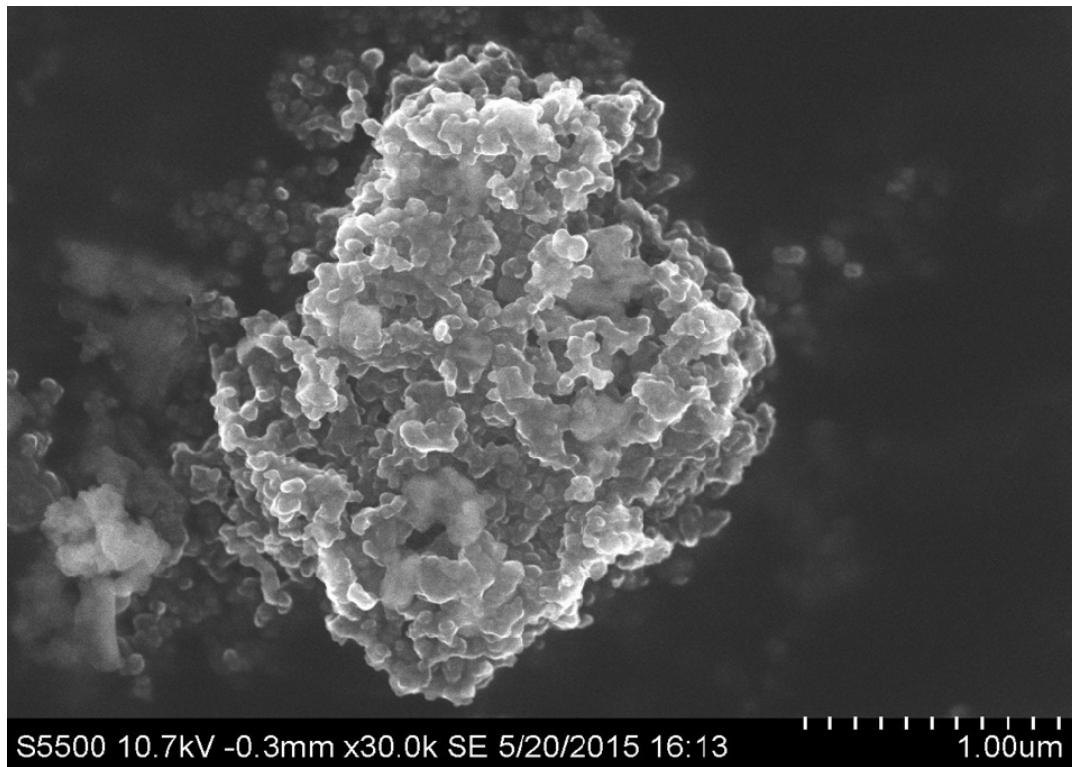


Рис. 3. Наноструктура частиц дизельной сажи (шкала размеров в микрометрах)
Fig. 3. Nanostructure diesel soot particles (size of scale in μm)

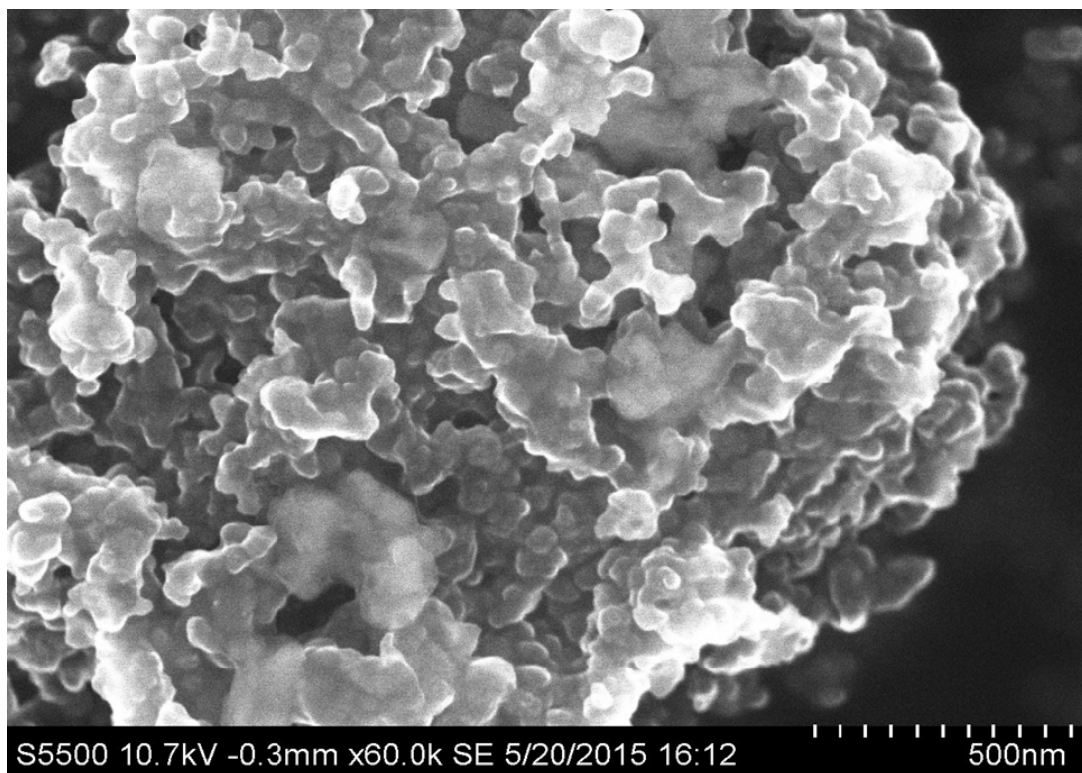


Рис. 4. Фрагмент микрофотографии, представленной на рис. 3 (шкала размеров в нанометрах)
Fig. 4. Fragment of microphoto data on fig. 3 (size of scale in nm)

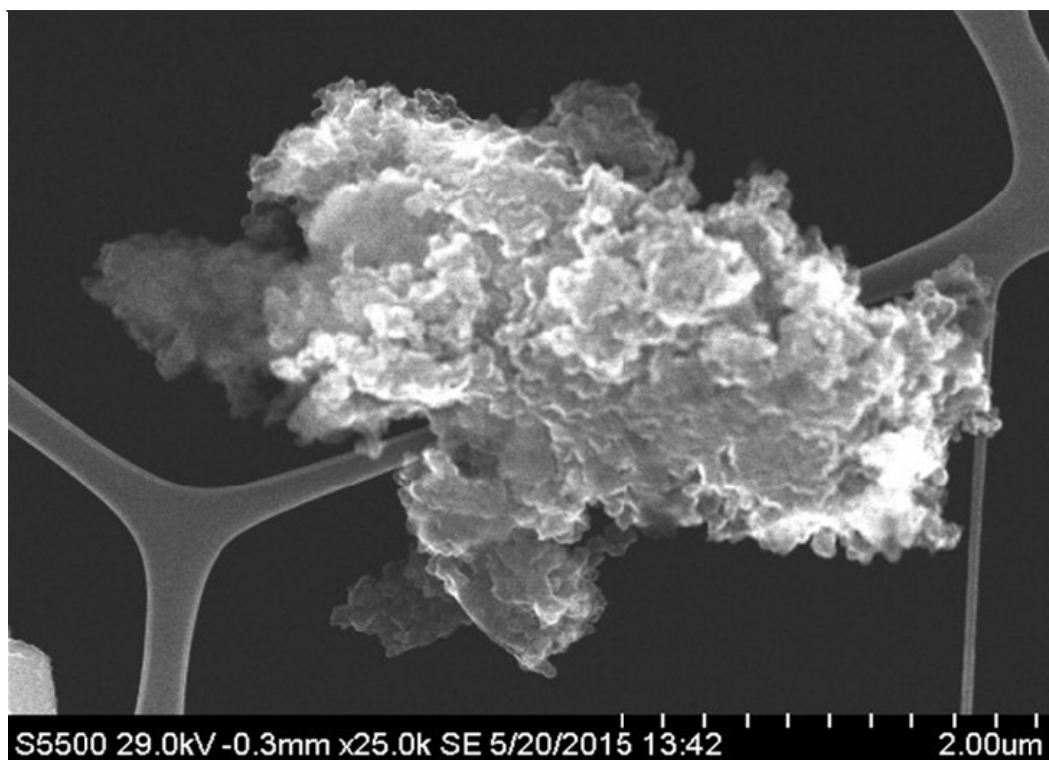


Рис. 5. Наноструктура частиц дизельной сажи (шкала размеров в микрометрах)
Fig. 5. Nanostructure diesel soot particles (size of scale in μm)

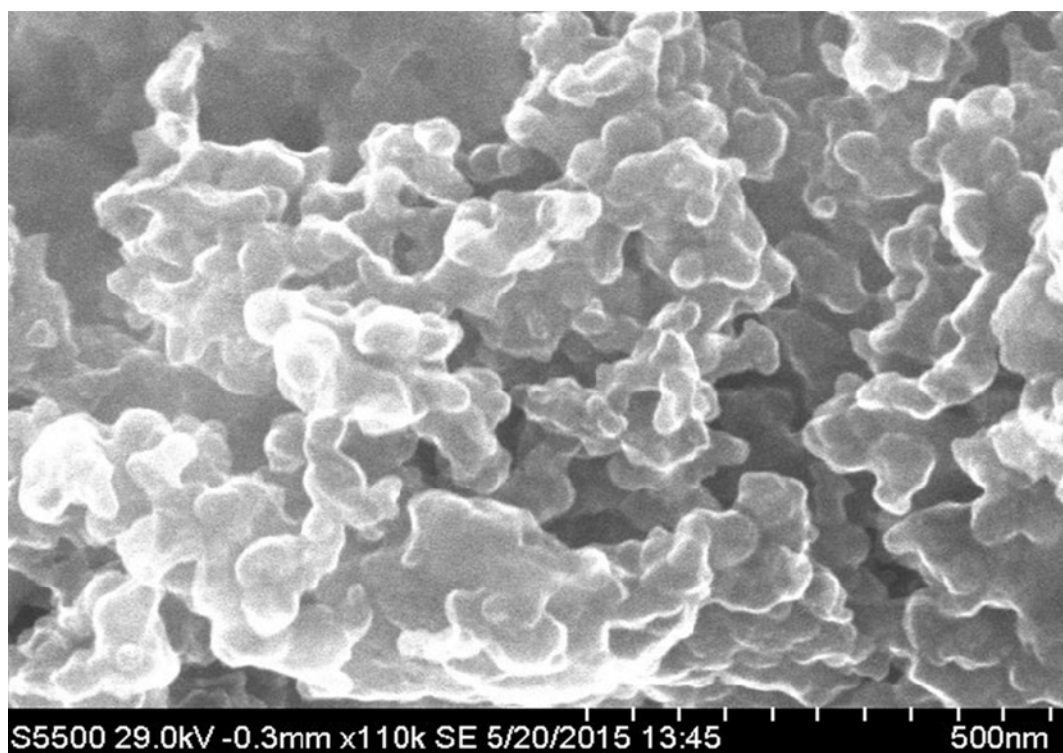


Рис. 6. Фрагмент микрофотографии, представленной на рис. 5 (шкала размеров в нанометрах)
Fig. 6. Fragment of microphoto data on fig. 5 (size of scale in nm)

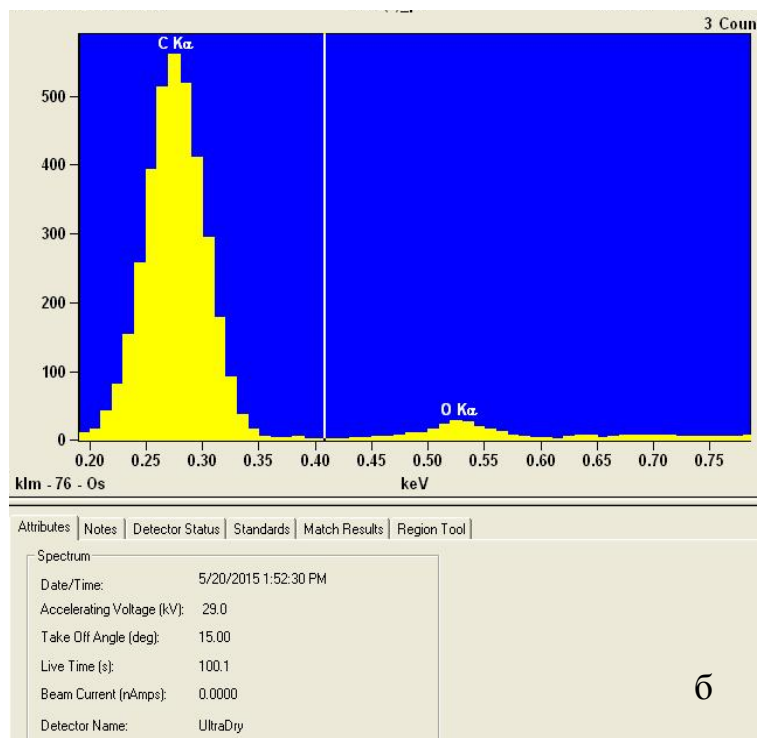
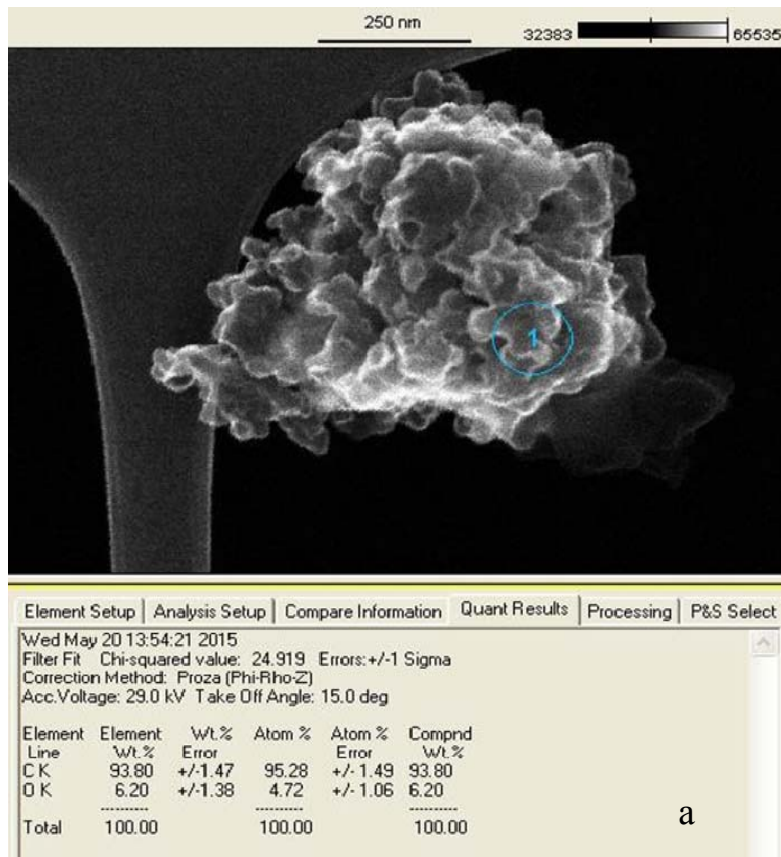


Рис. 7. Спектральный анализ наноструктуры частиц дизельной сажи (размер структуры порядка 750 нм), а, б
 Fig. 7. Spectral analysis nanostructure diesel soot particles (size of structure 750 nm), а, б

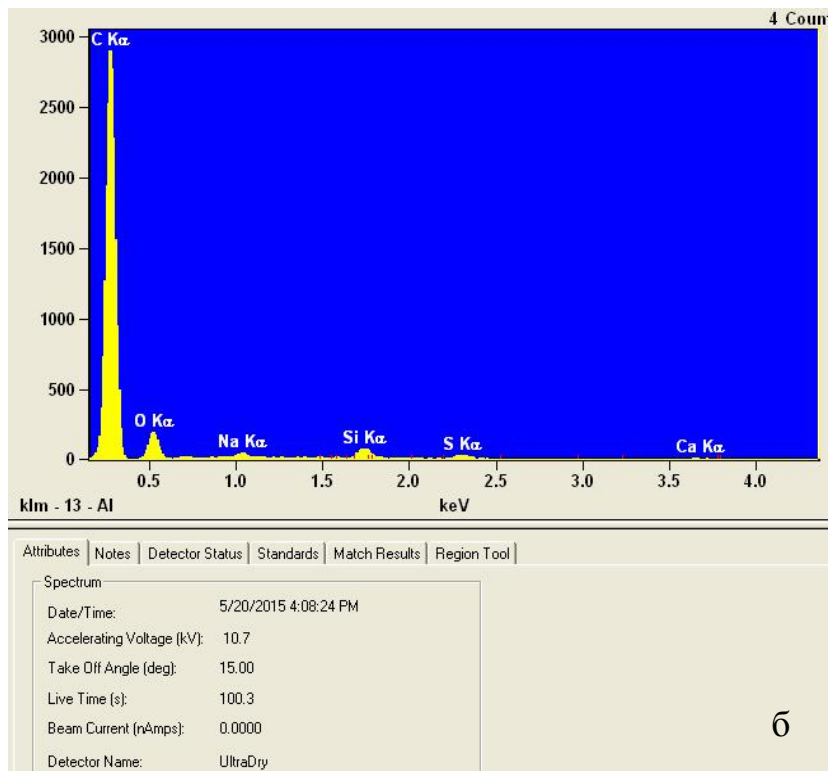
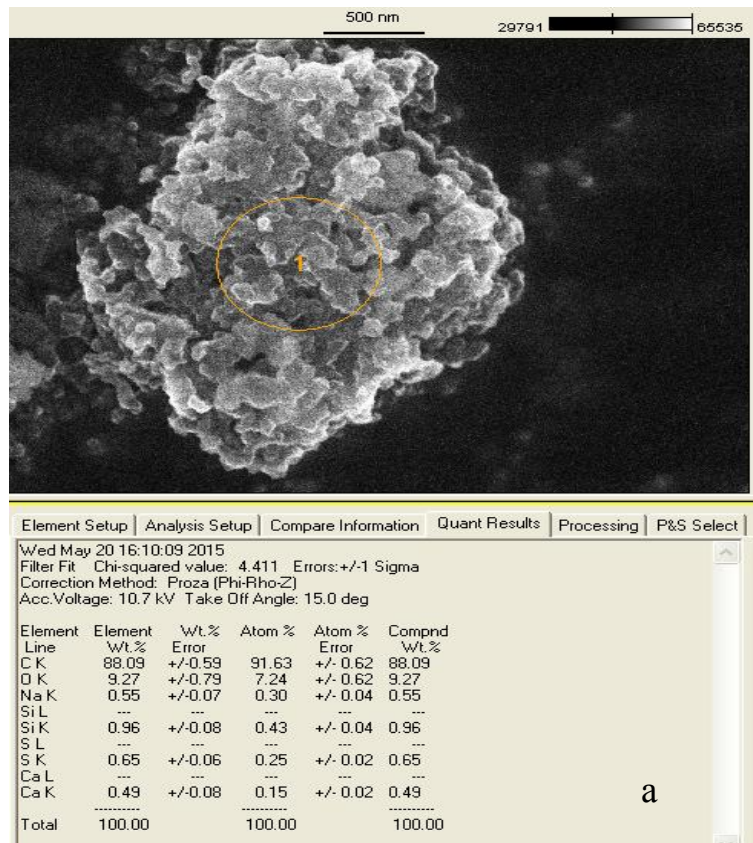


Рис. 8. Спектральный анализ наноструктуры частиц дизельной сажи (размер структуры порядка 2500 нм), а, б
 Fig. 8. Spectral analysis nanostructure diesel soot particles (size of structure 2500 nm), а, б

Полученные экспериментальные данные по оптическим характеристикам частиц дизельной сажи и их наноструктурам позволяет более обоснованно подходить к оценке таких важнейших параметров радиационного теплообмена, как параметр дифракции и коэффициент ослабления потока излучения [7–14].

Список литературы

1. Руднев, Б.И. Анализ физико-химических свойств частиц дизельной сажи / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Materials of the IX International research and practice conference «European Science and Technology». – Munich, Germany, 2014. – Vol. 2. – P. 428–432.
2. Руднев, Б.И. Основные физико-химические свойства частиц дизельной сажи / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – Т. 33. – С. 49–54.
3. Теснер, П.А. Образование сажи при горении / П.А. Теснер // Физика горения и взрыва. – 1979. – № 2. – С. 3–13.
4. Kamimoto, T. Particulate formation and flame structure in diesel engines / T. Kamimoto, M. Yagita // SAE Preprints. – 1989. – № 890436. – 9 p.
5. Бакиров, Ф.Г. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив / Ф.Г. Бакиров, В.М. Захаров, И.З. Полещук и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 128 с.
6. Haynes, B.S. Soot formation / B.S. Haynes, H.G. Wagner // Progress in energy and combustion science. – 1981. – Vol. 17, № 4. – P. 229–273.
7. Руднев, Б.И. Оптические параметры частиц сажи и энергетические характеристики радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 5, № 10. – С. 476–480.
8. Блох, А.Г. Теплообмен излучением: справочник / А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
9. Руднев, Б.И. Особенности расчета оптико-геометрических характеристик теплообмена излучением в камере сгорания дизельного двигателя / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Тепловые процессы в технике. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 87–91.
10. Дмитриев, А.С. Тепловые процессы в наноструктурах / А.С. Дмитриев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 303 с.
11. Zhang, Z. Nano / Micro scale Heat Transfer / Z. Zhang. – Mc Graw – Hill, New York, 2007. – 320 p.
12. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хафмен. – М.: Мир, 1996. – 660 с.
13. Елисеев, В.Н. Теплообмен и тепловые испытания материалов и конструкций аэрокосмической техники при радиационном нагреве / В.Н. Елисеев, В.А. Товстоног. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 396 с.
14. Руднев, Б.И. Экспериментальное исследование наноструктуры частиц дизельной сажи / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Materials of the X International research and practice conference «European Science and Technology». – Munich, Germany, 2015. – Vol. 2. – P. 343–349.

Сведения об авторах: Руднев Борис Иванович, доктор технических наук, профессор; Повалихина Ольга Владимировна, доцент, e-mail: povalichina@mail.ru.