**Краткий научный отчет по проекту РФФИ № 16-08-00731\_а «Улучшение эксплуатационных и экологических характеристик жидких органических котельных топлив добавками, включающими углеродные нанотрубки»**

**Руководитель проекта:**Зверева Эльвира Рафиковна, профессор кафедры «Технология воды и топлива» ФГБОУ ВПО КГЭУ, доктор технических наук.

**Исполнители:** Зуева Ольга Стефановна, профессор кафедры «Физика» ФГБОУ ВПО КГЭУ, канд. физ.-мат. наук; Дремичева Елена Сергеевна, доцент кафедры «Технология воды и топлива» ФГБОУ ВПО КГЭУ, канд. технических наук; Идиятуллин Булат Зямилович, ст. науч. сотр. КИББ КазНЦ РАН, канд. биол. наук; Хабибуллина Раиля Вагизовна, аспирантка кафедры «Технология воды и топлива» ФГБОУ ВПО КГЭУ; Ахметвалиева Гульнара Ренатовна студентка гр. ТВТм-1-11 ФГБОУ ВПО КГЭУ; Макарова Анастасия Олеговна, студентка гр. ПЭм-1-11 ФГБОУ ВПО КГЭУ; Гафиятова (Салихзянова) Динара Рустемовна, студентка гр. ТВТм-1-11 ФГБОУ ВПО КГЭУ; Хатмуллина Зульфия Фирдатовна студентка гр. ТВТм-1-10 ФГБОУ ВПО КГЭУ, Бурганова Фирюза Ильсуровна, студентка гр. ТВТ-1-14, Шайхутдинова Алена Рамилевна, студентка гр. ТВТ-1-14 .

**Аннотация:**Настоящий проект направлен на разработку научно-технических основ комплексного использования органического котельного топлива при наличии добавок наночастиц, в том числе углеродных нанотрубок в виде суспензий в водных и неводных растворах различных поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также на разработку и внедрение на их основе практических мероприятий, направленных на повышение эффективности процессов топливоподготовки и сжигания. В ходе выполнения работ по проекту проведены экспериментальные исследования реологических свойств нефтяного котельного топлива и показано улучшение (на 10-20 мас. %) вязкостных свойств мазута марки М100 с добавлениями наноструктурных образований (углеродных нанотрубок, диспергированных в водных и неводных средах; дипроксамина; обезвоженного карбонатного шлама водоочистки, а также их смесей). Обнаружены возможности значительного улучшения (в 1,5-2 раза) вязкостных свойств водоугольных суспензий – жидкого органического котельного топлива, приготовленного на основе мелкодисперсной фракции тощих углей Кузнецкого бассейна с добавлениями диспергированных в водном растворе ПАВ углеродных нанотрубок или при использовании карбонатного шлама.

Исследованы структурные особенности дисперсной фазы смесей котельного топлива с суспензией УНТ методами оптической спектроскопии и изучены диффузионные подвижности их компонент методом ядерного магнитного резонанса. На основании анализа литературных данных, описывающих вязкость растворов и расплавов гетерогенных систем различного состава в присутствии наночастиц, выявлены особенности механизма влияния внедряемых наноструктурных образований на эксплуатационные свойства котельного топлива. Для объяснения реологического поведения нефтяных и водоугольных гетерогенных систем предложено использовать модель гетеросфер – более упорядоченных областей, образующихся вокруг наночастиц, приводящих при некоторой их концентрации к послойному сдвиговому течению.

Изучена коррозионная активность тяжелого котельного топлива в смеси с нанодисперсными структурами на поверхностях парогенераторов. Показано, что применение присадок способствует образованию более рыхлой структуры отложений в зоне высокотемпературных поверхностей нагрева, что благоприятствует снижению коррозии этих поверхностей и способствует более легкой очистке поверхностей нагрева котельных агрегатов. Разработаны схемы дозирования и смешения твердых и жидких присадок с органическим топливом. При проведении промышленных испытаний мазута с присадкой обезвоженного карбонатного шлама на филиале ОАО «Генерирующая компания» «Казанская ТЭЦ-1» показано снижение выбрасываемых оксидов серы на 36,5 мас. %. Произведена экономическая оценка предотвращенного удельного ущерба от выбросов оксидов серы в атмосферный воздух при сжигании мазута марки М100 с использованием карбонатного шлама в количестве 0,1 мас. %, составляющая при сернистости топлива 3,5 мас.% при расходе 138 240 т/год порядка 6 млн. руб./год.

На основании полученных экспериментальных данных по эксплуатационным свойствам различных видов котельного топлива с добавлениями наноструктурных образований определен тип среды диспергирования и интервал оптимальных концентраций добавок, составляющий 0,005-0,015 мас. % для углеродных нанотрубок и 0,1 мас. % для обезвоженного карбонатного шлама. Выявлено, что совместное использование указанных присадок может давать синергетический эффект.

**Полное название Организации, предоставляющей условия для выполнения работ по Проекту физическим лицам:**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет"

**Важнейшие результаты, полученные в ходе реализации Проекта:**

--- Исследованы структурные особенности дисперсной фазы смесей котельного топлива с суспензией УНТ методами оптической спектроскопии и изучены диффузионные подвижности их компонент методом ядерного магнитного резонанса. Показано, что углеродные нанотрубки в водных дисперсиях ионных ПАВ равномерно диспергируются по объему дисперсной фазы за счет доминирования мицеллярной адсорбции молекул ПАВ на их поверхностях (функционализации поверхностей) и могут быть использованы для приготовления водотопливных эмульсий и водоугольного топлива. Установлено, что для улучшения свойств нефтяного топлива диспергирование УНТ с помощью неионогенного ПАВ – дипроксамина является более предпочтительным.

--- Проведены экспериментальные исследования реологических свойств нефтяного котельного топлива – мазута марки М100 с добавлениями наноструктурных образований (углеродных нанотрубок, диспергированных в водных и неводных средах; дипроксамина; обезвоженного карбонатного шлама водоочистки, а также их смесей). Показано улучшение (на 10-20 мас.%) вязкостных свойств 1) водотопливных эмульсий на основе мазута марки М100 при использовании диспергированных в водном растворе ПАВ-додецилсульфата натрия углеродных нанотрубок (0,82 мас.% УНТ); 2) мазута марки М100 с добавлением карбонатного шлама (0,1 - 0,5 мас.%) или суспензии углеродных нанотрубок в дипроксамине (0,0063 - 0,0125 мас. % УНТ), а также смесей тех же компонентов в указанных концентрациях.

--- Выполнены экспериментальные исследования реологических свойств водоугольной суспензии (ВУТ) – жидкого органического котельного топлива, приготовленного на основе мелкодисперсной фракции тощих углей Кузнецкого бассейна с добавлениями наноструктурных образований (углеродных нанотрубок, диспергированных в водных и неводных средах; дипроксамина; обезвоженного карбонатного шлама водоочистки, а также их смесей). Обнаружены возможности значительного улучшения (в 1,5-2 раза) вязкостных свойств водоугольных суспензий при использовании диспергированных в водном растворе додецилсульфата натрия углеродных нанотрубок (0,0125 мас. % УНТ), а также при их использовании совместно с 0,1 мас. % обезвоженного карбонатного шлама. Показано, что использование дипроксамина для диспергирования УНТ в качестве добавки к водоугольному топливу, наоборот, приводит к уменьшению его текучести.

--- На основании анализа литературных данных, описывающих вязкость растворов и расплавов гетерогенных систем различного состава в присутствии наночастиц, выявлены особенности механизма влияния внедряемых наноструктурных образований на эксплуатационные свойства котельного топлива. Для объяснения реологического поведения нефтяных и водоугольных гетерогенных систем предложено использовать модель гетеросфер – областей дополнительного структурообразования дисперсионной среды вокруг наночастиц в жидкости, приводящих при некоторой достаточно малой концентрации наночастиц к послойному сдвиговому течению.

--- Разработаны схемы дозирования и смешения твердых и жидких присадок с органическим топливом. Для обоснования целесообразности внедрения дозировочных комплексов в систему топливного хозяйства проведена оценка экономической эффективности использования жидкой присадки дипроксамин-157 и твердой присадки в виде обезвоженного карбонатного шлама. Определен КПД энергетических котлов при использовании присадок к котельному топливу.

--- Проведены промышленные испытания мазута с присадкой обезвоженного карбонатного шлама (0,1 мас.%) на филиале ОАО «Генерирующая компания» «Набережно-Челнинская ТЭЦ». В ходе добавления указанной присадки в воздуховоды котла показано снижение выбрасываемых в атмосферу оксидов серы на 36,5 мас. %. Произведена экономическая оценка предотвращенного удельного ущерба от выбросов оксидов серы в атмосферный воздух при сжигании мазута марки М100 с использованием карбонатного шлама в количестве 0,1 мас. %, составляющая при сернистости топлива 3,5 мас.% при расходе 138 240 т/год порядка 6 млн. руб./год.

--- Изучена зольность и коррозионная активность тяжелого котельного топлива с добавками наноструктурных образований. Показано, что применение присадок способствует образованию более рыхлой структуры отложений в зоне высокотемпературных поверхностей нагрева парогенераторов, что благоприятствует снижению коррозии этих поверхностей и способствует более легкой очистке поверхностей нагрева котельных агрегатов.

--- На основании полученных экспериментальных данных по эксплуатационным свойствам котельного топлива с добавлениями наноструктурных образований и дальнейшего развития теории, предложенной для описания процессов, происходящих в гетерогенных системах, выявлен механизм влияния нанодобавок на технологические свойства нефтяного и водоугольного топлива, определен тип среды диспергирования и интервал оптимальных концентраций добавок, составляющий 0,005-0,015 мас. % для углеродных нанотрубок и 0,1 мас. % для обезвоженного карбонатного шлама. Выявлено, что совместное использование указанных присадок может давать синергетический эффект.

--- Результаты экспериментальных исследований опубликованы в виде 14 научных статей, в том числе в журналах Web of Science и Scopus (8 + 1 отправленная в печать), ВАК (3 + 1 отправленная в печать), а также в сборниках трудов конференций (12) различного уровня (РИНЦ). Полученные результаты доложены на четырех международных и восьми всероссийских конференциях. Подготовлена и сдана в издательство монография (Э.Р. Зверева, Р.В. Хабибуллина. Использование присадок на предприятиях топливно-энергетического комплекса, объем 144 с.) Подготовлено и сдано в издательство учебное пособие (Э.Р. Зверева, Г.Г. Сафина. Г.Р. Ахметвалиева. Сборник задач по дисциплинам «Технология топлив и энергетических масел», «Переработка углеводородного топлива», объем 92 с.). Отправлен на регистрацию патент на полезную модель «Устройство для пневмотранспорта порошкообразной среды».

**Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем:**Улучшение технологических свойств топлива возможно при введении в них специальных веществ – присадок. В последнее время при создании нетрадиционных присадок к маслам и топливам используются методы и материалы нанотехнологий, в том числе функциональные наноразмерные структуры, дисперсии в маслах и топливах, нанокатализаторы горения, моющие нанокомпоненты и др. Имеющиеся в мировой литературе результаты по применению углеродных нанотрубок в качестве нанодобавок на сегодняшний день относятся исключительно к моторному топливу. В качестве добавки к тяжелым котельным топливам углеродные нанотрубки не применялись. Опыт применения углеродных нанотрубок в качестве добавок к моторным (дизельному и биодизельному) топливам оказался успешным. Проведенные промышленные испытания котельного топлива с присадкой показали устойчивое снижение вредных примесей, образующихся при сжигании мазута: оксидов серы на 36,5 %. Это дает основания для изучения возможностей использования аналогичных добавок с целью улучшения эксплуатационных и экологических свойств органического котельного топлива, в том числе совместно с другими наноструктурными добавками, уже доказавшими ранее свою эффективность. В связи с вышеперечисленными фактами, работа по проекту имеет несомненный практический интерес и находится в русле мировых научных тенденций. Она строится на использовании современной экспериментальной базы, включающей приборы мирового уровня. Соответственно, полученные результаты публикуются в журналах, индексируемых в системах Web of Science и Scopus.

**Библиографический список научных публикаций  по проекту:**

**Опубликовано:**

1. Э.Р. Зверева, О.С. Зуева, Р.В. Хабибуллина, Г. Р. Мингалеева, Г. Р. Ахметвалиева, Д. Р. Салихзянова, З. Ф. Хатмуллина. Влияние присадок на основе углеродных нанотрубок на реологические характеристики жидкого котельного топлива //Химия и технология топлив и масел. 2016. № 5 (597). С. 15–19. [E. R. Zvereva, O. S. Zueva, R. V. Khabibullina, G. R. Mingaleeva, G. R. Akhmetvalieva, D. R. Salikhzyanova, and Z. F. Khatmullina. Effect of Carbon-Nanotube-Based Additives on Rheological Properties of Liquid Boiler Fuel // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2016. Vol. 52 (5). P. 488–494] –DOI: 10.1007/s10553-016-0734-x – статья в журнале (Web of Science, Scopus, https://elibrary.ru/item.asp?id=27530802)

2. О.С. Зуева, О.Н. Макшакова, Б.З. Идиятуллин, Д.Ф. Файзуллин, Н.Н. Беневоленская, А.О. Боровская, Э.А. Шарипова, Ю.Н. Осин, В.В. Сальников, Ю.Ф. Зуев. Структура и свойства водных дисперсий додецилсульфата натрия с углеродными нанотрубками // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2016. – № 5. С. 1208-1215. [Zueva O.S., et al. Structure and properties of aqueous dispersions of sodium dodecyl sulfate with carbon nanotubes // Russian Chemical Bulletin 2016. Vol. 65. No. 5. P. 1208–1215] DOI: 10.1007/s11172-016-1437-5 – статья в журнале (Web of Science, Scopus, https://elibrary.ru/item.asp?id=25944030)

3. E.R. Zvereva, O.S. Zueva and R.V. Khabibullina. Improvement of Liquid Organic Fuel Oils Operational Characteristics with Additives //Materials Science Forum. 2016. Vol. 870, pp 666-670 DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.870.666 – статья в журнале (Scopus, https://www.scientific.net/MSF.870.666)

4. E.R. Zvereva, R.V. Khabibullina, O.S. Zueva. Nano Additives Influence on Fuel Oil Properties // Solid State Phenomena. 2017. Vol. 265, pp. 374-378. DOI: 10.4028/www.scientific.net/ssp.265.374 – статья в журнале (Scopus, https://www.scientific.net/SSP.265.374)

5. Зверева Э.Р., Дмитриев А.В., Шагеев М.Ф., Ахметвалиева Г.Р. Результаты промышленных испытаний карбонатной присадки к мазуту // Теплоэнергетика. 2017. № 8. С. 50-56. [E.R. Zvereva, A.V. Dmitriev, M.F. Shageev, and G.R. Akhmetvalieva. Results of industrial tests of carbonate additive to fuel oil // Thermal Engineering. 2017. Vol. 64 (8). P. 591-596.] DOI: 10.1134/s0040601517080110 – статья в журнале (Scopus, https://elibrary.ru/item.asp?id=29379150)

6. E.R. Zvereva, R.V. Khabibullina, G.R. Akhmetvalieva, A.O. Makarova, O.S. Zueva. Influence of Nanoadditives on Rheological Properties of Fuel Oil // Proceedings of the International Conference "Actual Issues of Mechanical Engineering" 2017 (AIME 2017) in Advances in Engineering Research. 2017. Vol. 133. P. 914-920. DOI: 10.2991/aime-17.2017.148 – статья в журнале по итогам конференции (Web of Science, https://www.atlantis-press.com/proceedings/aime-17/25885280)

7. E.R. Zvereva, O.S. Zueva, R.V. Khabibullina and A.O. Makarova. Nanomaterial Effect Study in the Viscosity Characteristics of Fuel Oil and Alternative Fuels Used at Fuel and Energy Complex Enterprises // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol. 11. Р. 2950-2954. DOI: 10.3923/jeasci.2016.2950.2954 – статья в журнале (Scopus, http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2016/2950-2954.pdf)

8. Zvereva E.R., Zueva O.S., Khabibullina R.V., Yermolaev D.V., Ahmetvalieva G.R., Salihzyanova D.R., Magdeeva A.M. Environmental safety improvement and composition (water-coal) fuel efficiency increase with various additives at fuel and energy complex enterprises // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8 (4). Р. 26744-26752. – статья в журнале (Scopus, https://www.researchgate.net/publication/316887184)

9. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В., Хатмуллина З.Ф., Дремичева Е.С. Повышение показателей качества котельного топлива при использовании присадок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 1-2. – С. 28–36. – статья в журнале (ВАК, https://elibrary.ru/item.asp?id=26021650)

10. Э.Р. Зверева, Р.В. Хабибуллина, Е.С. Дремичева, Г.Р. Ахметвалиева, Д.Р. Гафиятова. Изучение влияния деэмульгирующей присадки на свойства котельного топлива // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 9-10. С.144-148. – статья в журнале (ВАК, https://elibrary.ru/item.asp?id=28990326)

11. Э.Р. Зверева, Г.Р. Ахметвалиева, А.О. Макарова, Д.В. Ермолаев, Ю.К. Монгуш, А.Р.Шайхутдинова, О.С. Зуева. Изменение реологических свойств водоугольных суспензий в присутствии наноматериалов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 3 (35). С. 77-84. – статья в журнале (ВАК)

12. Зуева О.С., Зверева Э.Р., Макарова А.О., Хабибуллина Р.В., Ахметвалиева Г.Р., Салихзянова Д.Р., Хатмуллина Д.Ф. Возможности использования углеродных нанотрубок, диспергированных в растворах ПАВ, в новых энергосберегающих технологиях / В сборнике: Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан. Труды XVI Международного симпозиума "Энергоресурсоэффективность и энергосбережение". – Казань, 2016. С. 94-97 – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, http://cet.tatarstan.ru/arhive2.htm, https://elibrary.ru/item.asp?id=26357561)

13. Макарова А.О., Идиятуллин Б.З., Файзуллин Д.А., Зуева О.С. Агрегационное поведение молекул ПАВ на поверхности углеродных нанотрубок: / Сборник статей XXIII Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем» – Москва: ИФХЭ РАН, 2016. С. 369-377 – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=26804688)

14. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В. Влияние углеродных наноматериалов на реологические характеристики гетерогенных систем / Сборник статей XXIII Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем» – Москва: ИФХЭ РАН, 2016. С. 279-288 – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=26804665)

15. Zvereva E.R., Makarova A.O., Khabibullina R.V., Akhmetvalieva G.R., Salikhzyanova D.R., Zueva O.S. The use of carbon nanotubes in the surfactant solution for developing new energy saving technologies / Proceedings of International Conference on Science and Technology. – Hanoi, 2016. Р. 407-412 –статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=27357880).

16. А.О. Макарова, Д.А. Файзуллин, О.С. Зуева. Самоорганизация молекул ПАВ на поверхности углеродных нанотрубок по данным инфракрасной спектроскопии // В кн.: Когерентная оптика и оптическая спектроскопия. Казань: Изд-во Казанского университета, 2016. С. 114-117 – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=27416806)

17. Г.Р. Ахметвалиева, Р.В. Хабибуллина, Д.Р. Салихзянова, Ф.И. Бурганова, Д.В. Ермолаев, Э.Р. Зверева. Изменение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении обезвоженного карбонатного шлама / В сб.: V молодежная конференция «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем». М.: ИНХС, 2017. С. 39-43. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29868090)

18. Г.Р. Ахметвалиева, Э.Р. Зверева, А.О. Макарова, Д.В. Ермолаев, Ю.К. Монгуш, О.С. Зуева. Улучшение реологических свойств водоугольных суспензий при добавлении углеродных нанотрубок / В сб.: V молодежная конференция «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем». М.: ИНХС, 2017. С. 43-47. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29868089)

19. А.Р. Шайхутдинова, А.О. Макарова, Д.В. Ермолаев, О.С. Зуева, Ф.И. Бурганова, Д.Р. Салихзянова, Э.Р. Зверева. Изменение вязкостных свойств водоугольных суспензий при добавлении карбонатного шлама водоочистки / В сб.: V молодежная конференция «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем». М.: ИНХС, 2017. С. 220-224. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29868092)

20. А.Р. Шайхутдинова, Э.Р. Зверева, А.О. Макарова, Д.В. Ермолаев, Ю.К. Монгуш, О.С. Зуева. Улучшение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении углеродных нанотрубок шлама / В сб.: V молодежная конференция «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем». М.: ИНХС, 2017. С. 224-228. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29868095)

21. Зверева Э.Р., Ахметвалиева Г.Р., Макарова А.О., Гафиятова Д.Р., Бурганова Ф. И., Шайхутдинова А.Р., Монгуш Ю.К., Зуева О.С., Ермолаев Д.В. Изучение реологических свойств композиционного водоугольного топлива / Труды XVII Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, Издательство ИП Шайхутдинов А.И., 2017. С. 331–335 – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, http://cet.tatarstan.ru/arhive2.htm https://elibrary.ru/item.asp?id=29720988)

22. Ю.К. Монгуш, О.С. Зуева, Е.В. Газеева, В.С. Рухлов. Изменение мицеллярных образований ЦТАБ при диспергировании углеродных нанотрубок / В сб.: Фазовые переходы, критические и нелинейные явления в конденсированных средах. - Махачкала, 2017. С. 419-422. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29948161)

23. Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В., Зуева О.С. Влияние нанодобавок на свойства котельного топлива / В сб. Пром-Инжиниринг: труды III международной научно-технической конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. С. 139-142. – статья в сборнике трудов конференции (РИНЦ, http://icie-rus.org/issues/ICIE-2017RU.pdf)

24. Зуева О.С., Сальников В.В., Файзуллин Д.А., Деркач С.Р., Зуев Ю.Ф. Структура и свойства комплексов полисахаридов с углеродными нанотрубками. Материалы III Всероссийской конференции «Фундаментальная гликобиология». – Владивосток. Изд-во Морского гос. ун-та. 2016. С. 100 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=26615641)

25. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В. Влияние углеродных наноматериалов на реологические характеристики гетерогенных систем / Сборник тезисов докладов и сообщений на XXIII Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем» – Москва: ИФХЭ РАН, 2016. С. 50 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=26798184)

26. Макарова А.О., Идиятуллин Б.З., Файзуллин Д.А., Зуева О.С. Агрегационное поведение молекул ПАВ на поверхности углеродных нанотрубок: исследование методами спектроскопии / Сборник тезисов докладов и сообщений на XXIII Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем» – Москва: ИФХЭ РАН, 2016. С. 81 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=26798045)

27. Макарова А.О. Углеродные нанотрубки в растворах растительных полисахаридов. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2017» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\_2017/data/section\_35\_10317.htm — М.: МАКС Пресс, 2017. Секция «Фундаментальное материаловедение и наноматериалы». № 78. – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29838046)

28. Макарова А.О., Идиятуллин Б.З. ЯМР-самодиффузия мицелл ПАВ в простой и дейтерированной воде при наличии углеродных нанотрубок / Материалы докладов XX аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика. Казань, 2017. С. 134-136. – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=28897648)

29. Ахметвалиева Г.Р. Дозирование присадки в нефтепродукты / Материалы докладов XX аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика. Казань, 2017. С. 115-116. – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=28902052)

30. Гафиятова Д.Р. Улучшение характеристик мазута присадками, включающими нанодобавки / Материалы докладов XX аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика. Казань, 2017. С. 116-117 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=28902050)

31. Макарова А.О., Файзуллин Д.А. Углеродные нанотрубки в растворах природных полисахаридов / Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Изд-во КГЭУ, 2017. Т. 2. С. 272-274 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29122219)

32. Монгуш Ю.К. Особенности мицеллообразования катионных ПАВ в присутствии углеродных нанотрубок / Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Изд-во КГЭУ, 2017. Т. 1. С. 274-275 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29122256)

33. Ахметвалиева Г.Р., Бурганова Ф.И. Дозирование присадки в нефтепродукты / Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Изд-во КГЭУ, 2017. Т. 2. С. 140-142 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29122349)

34. Гафиятова Д.Р., Шайхутдинова А.Р. Улучшение характеристик мазута присадками, включающими нанодобавки / Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». – Казань: Изд-во КГЭУ, 2017. Т. 2. С. 144-145 – тезисы доклада (РИНЦ, https://elibrary.ru/item.asp?id=29122350)

**Отправлено в печать:**

1. Э.Р. Зверева, Р.В. Хабибуллина. Использование присадок на предприятиях топливно-энергетического комплекса. Монография. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017 - 144 с.

2. Э.Р. Зверева, Г.Г. Сафина. Г.Р. Ахметвалиева. Сборник задач по дисциплинам «Технология топлив и энергетических масел», «Переработка углеводородного топлива». Учебное пособие. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017 - 92 с.

3. Дмитриев А.В., Шагиев М.Ф., Ахметвалеева Г.Р., Хабибуллина Р.В., Зуева О.С. Патент на полезную модель «Устройство для пневмотранспорта порошкообразной среды».

4. Э. Р. Зверева, Р. В. Хабибуллина, А. О. Макарова,Г. Р. Ахметвалиева, Ф. И. Бурганова, Д. В. Ермолаев, О. С. Зуева. Изменение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении углеродных нанотрубок и обезвоженного карбонатного шлама. Нефтехимия. 2018.

5. Е.С. Дремичева, Э.Р. Зверева. Изучение коррозионных процессов нефтяного оборудования // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017.

**Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта**

Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

**Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта**

Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе

**Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта**

Эффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива

**Направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации**

Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии