

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

№ 2 (10) – 2014

Редакционный совет

Председатель – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники генерал-полковник внутренней службы **Артамонов Владимир Сергеевич**, статс-секретарь – заместитель министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, почетный президент Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор **Медведева Людмила Владимировна**, начальник кафедры физики и теплотехники, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физики и теплотехники;

кандидат педагогических наук **Давыдова Любовь Евгеньевна**, проректор университета по платной деятельности – ректор института безопасности жизнедеятельности;

доктор физико-математических наук, профессор **Овчинников Андрей Олегович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов;

доктор технических наук, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета;

доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности;

доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор **Сугак Владимир Петрович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов.

Секретарь совета:

кандидат педагогических наук капитан внутренней службы **Балабанов Марк Александрович**, ответственный секретарь редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

Председатель – майор внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Заместитель председателя – капитан внутренней службы **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Громов Виктор Николаевич**, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Военного инженерно-технического института;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Алексеик Евгений Борисович**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, технический редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

капитан внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



**Уважаемые читатели научно-аналитического журнала
«Природные и техногенные риски»
(физико-математические и прикладные аспекты)!**

В десятом, юбилейном для нас, выпуске научно-аналитического журнала было решено отступить от принятого распределения статей по научным рубрикам для того, чтобы опубликовать научно-практические результаты деятельности, полученные с использованием нанотехнологий.

Новое для Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России научное направление – использование нанотехнологий для решения актуальных научно-практических задач МЧС России в области пожарной безопасности и криминалистической экспертизы – возникло в 2011 г.

В 2011 г. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России отмечал юбилей – 105-летие со дня своего основания. К этой знаменательной дате, по инициативе Владимира Сергеевича Артамонова, было принято решение на базе кафедры физики и теплотехники создать учебно-научную лабораторию нанотехнологий и разработать перспективный план ее научного и технического развития.

Научно-технологический сектор учебно-научной лаборатории нанотехнологий в настоящее время оснащен специальной установкой для заточки (травления) зондов и тремя учебными сканирующими зондовыми микроскопами (NanoEducator-2), реактором роста углеродных наноструктурированных материалов с использованием технологии химического осаждения из газовой фазы, нанолaborаторией ИНТЕГРА-спектра – первой в мире автономной научной лабораторией, интегрирующей атомно-силовую, конфокальную, флуоресцентную спектроскопии.

28 февраля 2014 г. факультетом подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров совместно с кафедрой физики и теплотехники было инициировано проведение первого научно-практического семинара «Перспективные направления использования нанотехнологий для решения практических задач при предупреждении и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера».

Материалы наиболее значимых и перспективных докладов участников научно-практического семинара опубликованы в десятом номере научно-аналитического журнала.

Ответственный за выпуск журнала,
доктор педагогических наук, профессор
Л.В. Медведева

СОДЕРЖАНИЕ

Медведева Л.В. Нанотехнологии: от создания до глобальных изменений сфер жизнедеятельности человека (историологический аспект)	6
Просекин М.Ю., Просекина И.Г., Тихомиров А.А., Высоких Ю.Е. Инновации, нанотехнологии и образование	15
Медведева Л.В. Использование технических возможностей учебно-научной лаборатории нанотехнологий в решении актуальных научно-практических задач МЧС России	24
Ложкин В.Н., Морозов В.А., Веттегрень В.И., Пименов Ю.А., Мамалимов Р.И. ИК-спектроскопическое исследование строения водно-топливной микроэмульсии для транспорта	30
Веттегрень В.И., Ложкин В.Н. Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов	33
Москалёв Е.В., Ивахнюк Г.К. Применение наногرافита в средствах пожаротушения и системах очистки питьевой воды	42
Емельянова А.Н., Жданова А.А., Иванов А.В. Моделирование распределения концентрации горючих паров в свободном объеме технологических аппаратов	48
Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Симонова М.А. Исследование влияния переменного частотно-модулированного потенциала на скорость истечения углеводородных жидкостей ...	52
Мынзул Р.А., Иванов А.В., Скрипник И.Л. Применение метода КР-спектроскопии при исследовании свойств термопластичных смазок с регулируемыми наноструктурами	57
Башаричев А.В., Гаджиев Ш.Г., Есев Р.Ю. Применение водногелевых составов с регулируемыми наноразмерными огнетушащими компонентами для целей пожаротушения на примере лесобиржи	64
Казакова Н.Р., Кизунов И.А., Башаричев А.В. Идентификация следов автомобильных бензинов АИ-92 и АИ-95 методом спектроскопии комбинационного рассеивания	72
Бельшина Ю.Н., Галишев М.А. Разработка перколяционной модели протекания жидкостей через пористую почвенную структуру на основе наноструктурной организации почв	78
Иванов А.В., Кизунов И.А., Шмидт М.Ю. Идентификация взрывчатых веществ и материалов на местах криминальных взрывов и техногенных чрезвычайных ситуаций	84
Ивахнюк Г.К., Чащин А.С. Способы получения и применение порошковых составов с наноразмерными активными комплексами, используемых в целях пожаротушения	89
Сведения об авторах	94
Информационная справка	96
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)	102

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)», без письменного разрешения редакции не допускается. Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 388-19-74. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISBN 2307-7476

НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОТ СОЗДАНИЯ ДО ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СФЕР ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА (ИСТОРИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Раскрыта история создания термина и методов, которые называют нанотехнологией, выстроена мировая хронология ключевых этапов и достижений развития нанотехнологий.

Ключевые слова: нанотехнология, наночастицы, нанообъекты, микромир, фуллерены, графен, углеродная нанотрубка

NANOTECHNOLOGIES: FROM CREATION TO GLOBAL CHANGE OF HUMAN ACTIVITY SPHERES (HISTORICAL ASPECT)

L.V. Medvedeva.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article reveals the history of the term and the methods that are called nanotechnology built world chronology of key milestones and achievements of nanotechnology development.

Keywords: nanotechnology, nanoparticles, nano-objects, microcosm, fullerenes, graphene, carbon nanotube

Впервые термин «нанотехнология» употребил японский физик Норио Танигути в 1974 г. На международной конференции по промышленному производству в г. Токио Танигути использовал это слово для описания сверхтонкой обработки материалов с нанометровой точностью, предложил называть им механизмы размером менее одного микрона. При этом были рассмотрены не только механическая, но и ультразвуковая обработка, а также пучки различного рода (электронные, ионные и т.п.).

В 1980-х гг. этот термин использовал Эрик К. Дрекслер в своих книгах: «Машины создания: грядет эра нанотехнологии» («Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology») и «Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation» [1, 2].

Первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с известным выступлением Ричарда Фейнмана «Там внизу много места» (англ. «There's Plenty of Room at the Bottom»), сделанным им в 1959 г. в Калифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества. Ричард Фейнман предположил, что возможно механически перемещать одиночные атомы при помощи манипулятора соответствующего размера. По крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам.

Этот манипулятор он предложил делать следующим способом. Необходимо построить механизм, создававший свою копию, только на порядок меньшую. Созданный меньший механизм должен опять создать свою копию, опять на порядок меньшую, и так до тех пор, пока размеры механизма не будут соизмеримы с размерами порядка одного атома. При этом необходимо будет делать изменения в устройстве этого механизма, так как силы гравитации, действующие в макромире, будут оказывать все меньшее влияние, а силы межмолекулярных взаимодействий будут все больше влиять на работу механизма. Последний этап – полученный механизм соберет свою копию из отдельных атомов. Принципиально число таких копий неограниченно, можно будет за короткое время создать

произвольное число таких машин. Эти машины смогут таким же способом, поатомной сборкой, собирать макровещи. Это позволит сделать вещи на порядок дешевле – таким роботам (нанороботам) нужно будет дать только необходимое количество молекул и энергию и написать программу для сборки необходимых предметов. До сих пор никто не смог опровергнуть эту возможность, но и никому пока не удалось создать такие механизмы. Принципиальный недостаток такого робота – невозможность создания механизма из одного атома [3].

Фейнман Р. описал предполагаемый им манипулятор: «Я думаю о создании системы с электрическим управлением, в которой используются изготовленные обычным способом «обслуживающие роботы» в виде уменьшенных в четыре раза копий «рук» оператора. Такие микромеханизмы смогут легко выполнять операции в уменьшенном масштабе. Я говорю о крошечных роботах, снабженных серводвигателями и маленькими «руками», которые могут закручивать столь же маленькие болты и гайки, сверлить очень маленькие отверстия и т.д. Короче говоря, они смогут выполнять все работы в масштабе 1:4. Для этого, конечно, сначала следует изготовить необходимые механизмы, инструменты и руки-манипуляторы в одну четвертую обычной величины (на самом деле, ясно, что это означает уменьшение всех поверхностей контакта в 16 раз). На последнем этапе эти устройства будут оборудованы серводвигателями (с уменьшенной в 16 раз мощностью) и присоединены к обычной системе электрического управления. После этого можно будет пользоваться уменьшенными в 16 раз руками-манипуляторами! Сфера применения таких микророботов, а также микромашин может быть довольно широкой – от хирургических операций до транспортирования и переработки радиоактивных материалов. Я надеюсь, что принцип предлагаемой программы, а также связанные с ней неожиданные проблемы и блестящие возможности понятны. Более того, можно задуматься о возможности дальнейшего существенного уменьшения масштабов, что, естественно, потребует дальнейших конструктивных изменений и модификаций (кстати, на определенном этапе, возможно, придется отказаться от «рук» привычной формы), но позволит изготовить новые, значительно более совершенные устройства описанного типа. Ничто не мешает продолжить этот процесс и создать сколько угодно крошечных станков, поскольку не имеется ограничений, связанных с размещением станков или их материалоемкостью. Их объем будет всегда намного меньше объема прототипа. Легко рассчитать, что общий объем 1 млн уменьшенных в 4 000 раз станков (а следовательно, и масса используемых для изготовления материалов) будет составлять менее 2 % от объема и массы обычного станка нормальных размеров. Понятно, что это сразу снимает и проблему стоимости материалов. В принципе, можно было бы организовать миллионы одинаковых миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т.п. По мере уменьшения размеров мы будем постоянно сталкиваться с очень необычными физическими явлениями. Все, с чем приходится встречаться в жизни, зависит от масштабных факторов. Кроме того, существует еще и проблема «слипания» материалов под действием сил межмолекулярного взаимодействия (так называемые силы Ван-дер-Ваальса), которая может приводить к эффектам, необычным для макроскопических масштабов. Например, гайка не будет отделяться от болта после откручивания, а в некоторых случаях будет плотно «приклеиваться» к поверхности и т.д. Существует несколько физических проблем такого типа, о которых следует помнить при проектировании и создании микроскопических механизмов».

В микромире протекают все базовые физические процессы, определяющие макровзаимодействия. Разработки ученых все чаще имеют дело с объектами микромира, атомами, молекулами, молекулярными цепочками. Природа сама наталкивает человека на идею создания нанообъектов. Любая бактерия, по сути, представляет собой организм, состоящий из наномашин: ДНК и РНК копируют и передают информацию, рибосомы формируют белки из аминокислот, митохондрии вырабатывают энергию. Очевидно, что на данном этапе развития науки ученым приходит в голову копировать и совершенствовать эти явления.

Создание сканирующего туннельного микроскопа в 1982 г. позволило ученым не только различать отдельные атомы, но и двигать их и собирать из них конструкции, в частности компоненты будущих наномашин – двигатели, манипуляторы, источники питания, элементы управления. Создаются нанокапсулы для прямой доставки лекарств в организме, нанотрубки в 60 раз прочней стали, гибкие солнечные элементы и множество других удивительных устройств.

Одним из основных видов нанообъектов являются наночастицы. При разделении вещества на частицы размером в десятки нанометров общая суммарная поверхность частиц в веществе увеличивается в сотни раз, а вследствие этого усиливается взаимодействие атомов материала с внешней средой, ведь теперь они почти все на поверхности [4].

Это явление используется в современной технике. Например, в медицине применяется нанопорошок серебра, которое обладает антисептическими свойствами. Наночастицы диоксида титана отталкивают грязь и позволяют создать самоочищающиеся поверхности. Нанопорошок алюминия ускоряет сгорание твердого ракетного топлива. Новые литиево-ионные аккумуляторы, содержащие наночастицы, заряжаются буквально за пару минут. Подобных примеров сейчас уже много. Еще одним элементом, открытым в 80-х гг. стали фуллерены. Эти конструкции напоминают мячи, состоящие из атомов углерода.

Другим хорошо известным наноэлементом является углеродная нанотрубка. Это одноатомный слой углерода, свернутый в цилиндр диаметром в несколько нанометров. Впервые эти объекты были получены в 1952 г., но лишь в 1991 г. они привлекли внимание ученых. Прочность этих трубок превышает прочность стали в десятки раз, они выдерживают нагрев до 2500 °С и давление в тысячи атмосфер. Эта прочность свойственна и изготовленным на их основе материалам. В электронике нанотрубки могут применяться как хорошие проводники, а также как полупроводники.

Еще одним наноматериалом является графен – двумерный углеродный слой, плоскость, состоящая из атомов углерода. Этот материал был впервые получен русскими физиками, работающими в Англии. Многие ученые полагают, что этот материал, обладающий уникальными свойствами, в будущем станет основой микропроцессоров, вытеснив современные полупроводники. Кроме того, этот материал также невероятно прочен. Графен – основной конкурент нанотрубок в области нанoeлектроники. Это развернутая в двухмерный лист углеродная нанотрубка или наноматериал графен, на основе которого уже созданы графеновые полевые транзисторы. Благодаря уникальным свойствам углерода в пространственной решетке графена, последний характеризуется высокой мобильностью электронов, что делает графен очень перспективной основой нанoeлектронных устройств [5].

Все наноэлементы все чаще находят применение в различных областях технологии – от медицины до космических исследований (рис. 1).

По прогнозам американской ассоциации National Science Foundation объем рынка товаров и услуг, с использованием нанотехнологий может вырасти до 1 трлн долл. в ближайшие 10–15 лет:

- в промышленности – материалы с высокими заданными характеристиками, которые не могут быть созданы традиционным способом, могут занять рынок объемом 340 млрд долл. в ближайшие 10 лет;

- в полупроводниковой промышленности объем рынка нанотехнологичной продукции может достигнуть 300 млрд долл. в ближайшие 10–15 лет;

- в сфере здравоохранения использование нанотехнологий может позволить помочь увеличить продолжительность жизни, улучшить ее качество и расширить физические возможности человека;

- в фармацевтической отрасли около половины всей продукции будет зависеть от нанотехнологий. Объем продукции с использованием нанотехнологий составит более 180 млрд долл. в ближайшие 10–15 лет;

- в химической промышленности наноструктурные катализаторы имеют применение при производстве бензина и в других химических процессах, с приблизительным ростом рынка до 100 млрд долл. По прогнозам экспертов рынок таких товаров растет на 10 % в год;
- в транспорте применение нанотехнологий и наноматериалов позволит создавать более легкие, быстрые, надежные и безопасные автомобили. Рынок только авиакосмических продуктов может достичь 70 млрд долл. к 2015 г.;
- в сельском хозяйстве и в сфере защиты окружающей среды применение нанотехнологий может увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечить более экономичные пути фильтрации воды и позволит ускорить развитие возобновимых источников энергии, таких как высокоэффективная конверсия солнечной энергии. Это позволит снизить загрязнение окружающей среды и экономить значительные средства;
- в сфере использования энергии света через 10–15 лет может снизить потребление энергии в мире на 10 %, предоставить общую экономию 100 млрд долл. и, соответственно, сократить вредные выбросы углекислого газа в размере 200 млн т.



Рис. 1. Применение нанотехнологий

Рассмотрим мировой процесс создания фундамента, развития и практических достижений нанотехнологий в историко-логическом хронологическом порядке [6, 7, 8]:

1905 г. Швейцарский физик Альберт Эйнштейн опубликовал работу, в которой доказывал, что размер молекулы сахара составляет примерно один нанометр.

1931 г. Немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

1959 г. Американский физик Ричард Фейнман впервые прочел лекцию на годичном собрании Американского физического общества, которая называлась «Полно игрушек на полу комнаты». Он обратил внимание на проблемы миниатюризации, которая в то время была актуальна и в физической электронике, и в машиностроении, и в информатике. Эта работа считается основополагающей в нанотехнологии, но некоторые пункты этой лекции противоречат физическим законам.

1968 г. Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.

1974 г. Японский физик Норио Танигути впервые употребил термин «нанотехнология».

1982 г. Германские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер создали специальный микроскоп для изучения объектов наномира. Ему дали обозначение СЗМ (Сканирующий зондовый микроскоп). Это открытие имело огромное значение для развития нанотехнологий, так как это был первый микроскоп, способный показывать отдельные атомы.

1985 г. Американские физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смэйли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр (нм).

1986 г. Нанотехнология стала известна широкой публике. Американский футуролог Эрк Дрекслер, пионер молекулярной нанотехнологии, опубликовал книгу «Двигатели созидания», в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться, постулировал возможность использовать наноразмерные молекулы для синтеза больших молекул, но при этом глубоко отразил все технические проблемы, стоящие сейчас перед нанотехнологией. Чтение этой работы необходимо для ясного понимания того, что могут делать наномашинны, как они будут работать и как их построить [1].

1989 г. Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM (США), выложил название своей фирмы атомами ксенона.

1998 г. Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.

1999 г. Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя так же, как молекулярные цепочки.

2000 г. Администрация США поддержала создание Национальной Инициативы в Области Нанотехнологии. Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование. Тогда из федерального бюджета было выделено 500 млн долл.

2001 г. Марк Ратнер считает, что нанотехнологии стали частью жизни человечества именно в 2001 г. Тогда произошли два знаковых события: влиятельный научный журнал «Science» назвал нанотехнологии «прорывом года», а влиятельный бизнес-журнал «Forbes» – «новой многообещающей идеей». Сейчас по отношению к нанотехнологиям периодически употребляют выражение «новая промышленная революция» [1].

2002 г. На Кубке Дэвиса (Davis Cup) были впервые использованы теннисные мячи, созданные с использованием нанотехнологий. Производители уже получают первые заказы на наноустройства. К примеру, армия США заказала компании Friction Free Technologies разработку военной формы будущего. Компания должна изготовить носки с использованием нанотехнологий, которые должны будут выводить за пределы носков пот, но сохранять ноги в тепле, а носки в сухости. Неизвестно, будут ли такие носки нуждаться в стирке.

2004 г. В Манчестерском университете было создано небольшое количество материала, названного графен. Роберт Фрейтас предполагает, что этот материал может служить подложкой для создания алмазных механосинтетических устройств.

2005 г. В лаборатории Бостонского университета была получена антенна-осциллятор размерами порядка 1 мкм. Это устройство насчитывает 5 млрд атомов и способно осциллировать с частотой 1,49 ГГц. Это позволит передавать с ее помощью большие объемы информации.

2005–2006 гг. Наноаккумулятор. В начале 2005 г. компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Аккумуляторы с особыми электродами имеют время зарядки 10–15 мин. В феврале 2006 г. компания начала производство аккумуляторов на своем заводе в Индиане.

2006 г.:

– Водородный топливный элемент «Casio». Топливный элемент вдвое легче литиевого аккумулятора. Время автономной работы больше в 3 раза. Уже появились первые образцы данного устройства;

– Нано-багги (молекулярная машина). Джеймсом Туром из университета Райса разработана молекулярная машина, которая ездит по атомам золотой подложки с помощью световой энергии. Правда, у молекулярного автомобиля пока что нет заднего хода и рулевого управления и колеса из фуллеренов (C₆₀ молекулы углерода, напоминающие футбольный мяч), но зато он состоит всего из 300 атомов золота и имеет собственный автономный мотор. Наномашин настолько малы (их размер составляет 3–4 нм), что 20 тыс. устройств можно поместить на торце человеческого волоса. Научный мир высоко оценивает работы Джеймса, так как до сих пор никому не удавалось создать движущуюся наносистему такой сложности;

– Молекулярный автомобиль обзавелся мотором. Особенно важным в области наномеханики можно считать Двигатель внутреннего сгорания из двух молекул. Японским же ученым удалось синтезировать новый тип наномотора, который приводится в движение светом. В работе двух молекул используется принцип работы кривошипно-шатунного механизма совместно с поршнем, только на атомарном уровне. Решение проблемы передачи и превращения разных видов энергии одна в другую в наноразмерном диапазоне – один из открытых вопросов наномеханики, поэтому достижения японских ученых могут пригодиться при разработке наноробототехники;

– ДНК-машины открывают путь нанороботам. Периодические структуры на основе молекул ДНК появились еще десять лет назад. Теперь же ученые перешли к конструированию наномеханических ДНК-машин. Недавно ученые-нанотехнологи под руководством известного ДНК-конструктора Нэда Симэна создали руку робота на основе молекулы ДНК и прикрепили ее к двумерной кристаллической ДНК-матрице. По мнению исследователей, это открытие – первый серьезный шаг к развитию наноробототехники. Универсальность молекулы ДНК позволяет тиражировать это устройство с помощью генной инженерии, и тогда ученые смогут создавать сложные наномашин с множеством манипуляторов, способные выполнять сложные запрограммированные движения;

– Первая рабочая микросхема на нанотрубке. Американским ученым из компании IBM удалось впервые в мире создать полнофункциональную интегральную микросхему на основе углеродной нанотрубки, способную работать на терагерцевых частотах. Наноустройство работает на частоте, которая в 100 тыс. раз больше, нежели у предыдущих нанотрубочных чипов;

– Флэш-память на основе нанотрубок. Нанотрубочная электроника становится «теплой» и это позволит ей скорее выйти на потребительский рынок. Группе исследователей удалось создать флэш-память на основе нанотрубок. Устройство пока еще не является полноценным коммерческим продуктом, но ученые надеются, что их исследования приведут к разработке новых типов архитектуры молекулярной памяти и позволят наладить массовый выпуск таких электронных устройств. Новая флэш-ячейка – это своеобразный «бутерброд», состоящий из нанотрубок, композита и кремниевой подложки. Его толщина всего несколько нанометров. Естественно, память, изготовленная на основе «нанобутерброда», будет гораздо более миниатюрной, чем современные аналоги;

– Полевой нанотранзистор. Это уникальное устройство, созданное учеными из Гарварда, состоит из германиево-кремниевого ядра и кремниевых нанострун. По мнению экспертов, это самый совершенный полевой транзистор, который когда-либо был создан. Ge-Si-нанострунный полевой транзистор быстрее в 3–4 раза, чем любые современные кремниевые;

– Транзистор из одной молекулы. Наименьший размер транзисторов, изготавливаемых современной микроэлектронной промышленностью, составляет 45 нм. Новый нанотранзистор QuIET имеет длину всего один нанометр. Нанотранзистор меньшего размера до сих пор изготовить не удавалось. По словам ученых, переход на сверхмалые транзисторы будет проходить постепенно – после окончания естественной эволюции обычных кремниевых микрочипов;

– Дисплеи-невидимки. Исследования по созданию «невидимой» электроники ведутся давно, но до сих пор ученым не удавалось создать материал для транзисторов, который был бы «невидимым» и в то же время обеспечивал высокую скорость работы. Теперь же учеными созданы прозрачные транзисторы, которые могут совмещаться с такими технологиями, как органические светодиоды, жидкокристаллические панели и электролюминесцентные дисплеи, которые широко используются для изготовления телевизоров, мониторов, ноутбуков и сотовых телефонов;

– «Святой Грааль» от электроники. Новый класс полупроводниковых устройств, в которые можно интегрировать нано-магниты методом точного размещения атомов металла на материал, из которого формируется подложка чипа. Таким образом ученые надеются получить контроль на атомном уровне за архитектурой чипа и произвести объединение нескольких ключевых компонентов компьютеров (процессор, память, жесткий диск) в одно устройство. Объединение этих устройств компьютеров в одно позволит уменьшить энергопотребление и увеличит скорость обработки информации. В перспективе данная технология может привести к появлению на рынке мультимедийных устройств с одним чипом, в котором будет «вся» вычислительная электроника и память. Это и «одноразовые» электронные книги, и различные мобильные мультимедийные игры, и просто «умная пыль». О массовом производстве подобных чипов пока речи нет – ученые разместили несколько атомов с помощью зонда сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), «вынув» предварительно атомы материала подложки;

– «Жидкая броня» защитит лучше кевлара? На вооружении США вскоре может появиться обмундирование нового типа, которое по своим защитным свойствам и эргономическим характеристикам превосходит современные кевларовые аналоги. Эффект сверхзащиты достигается благодаря специальному пакету из кевлара, наполненному раствором сверхтвердых наночастиц в неиспаряющейся жидкости. Как только происходит механическое давление высокой энергии на кевларовую оболочку, наночастицы собираются в кластеры, изменяя при этом структуру раствора жидкости, который превращается в твердый композит. Этот фазовый переход происходит менее чем за миллисекунду, что и позволяет защитить солдат не только от ножевого удара, но и от пули или осколка. Американский холдинг-производитель солдатского обмундирования и бронежилетов U.S. Armor Holdings лицензировал технологию «жидкого бронежилета» и планирует начать его массовое производство;

– Бронежилет. Австралийские ученые предложили изготавливать жилеты из материалов на основе углеродных нанотрубок. Последние обладают пулеотгаливающим свойством – под воздействием пули тоненькие трубки прогибаются, а затем восстанавливают форму с отдачей энергии;

– Лаборатория-на-чипе: экспресс-анализатор крови. Исследователи из Калифорнийского технологического института разработали портативный анализатор крови, который будет выполнять точный анализ всего за 2 мин. Они миниатюризировали счетную машину-анализатор, которая используется в обычных лабораториях, и получили устройство, не превышающее размерами мобильный телефон. В результате получилась настоящая портативная лаборатория, способная проводить анализ по капле крови;

– Нанотрубки в регенерации тканей мозга и сердечной мышцы. Одним из наиболее интересных достижений ученых в области наномедицины оказалась технология восстановления поврежденной нервной ткани с помощью углеродных нанотрубок. Как показали эксперименты, после имплантирования в поврежденные участки мозга специальных матриц из нанотрубок в растворе стволовых клеток уже через восемь недель ученые обнаружили восстановление нервной ткани. Однако при использовании нанотрубок либо стволовых клеток отдельно аналогичного результата не было. По мнению ученых, это открытие позволит помочь людям, страдающим болезнью Альцгеймера и Паркинсона.

Наноструктуры также могут помочь в восстановительной терапии после острых сердечных заболеваний. Так, наночастицы, введенные в кровеносные сосуды мышей, помогли восстановить сердечно-сосудистую деятельность после инфаркта миокарда. Принцип метода состоит в том, что самособирающиеся полимерные наночастицы помогают «запустить» естественные механизмы восстановления сосудов;

– Нано-Гуттенберг: первый «печатный станок» для наноструктур. Фундамент для будущего массового применения наносистем заложили исследователи из Северо-Западного университета США, которые разработали установку, позволяющую производить в наноразмерном диапазоне одновременно до 55 тыс. наноструктур с атомарной точностью и одинаковым молекулярным шаблоном на поверхности. Установка использует технологию нанолитографии глубокого пера, которая и позволяет делать «массовые» оттиски, как если бы наносистемы печатались на типографском станке. Однако для типографских технологий одного пера недостаточно, поэтому ученые скомбинировали около тысячи независимо управляемых перьев. Благодаря такому подходу, нанолитография глубокого пера стала универсальным инструментом для производства полупроводниковых компонентов со сложной структурой.

2007 г.:

Компания Intel (США) начала выпускать обычные и многоядерные процессоры, содержащие наименьший структурный элемент размерами примерно 45 нм. В дальнейшем компания намерена достичь размеров структурных элементов до 5 нм и перейти на новые материалы, такие как квантовые точки, полимерные пленки и нанотрубки. Основным конкурент Intel – компания AMD (США), во второй половине 2008 г. запустит процессоры, выполненные по 45-нанометровому техпроцессу.

В Новосибирске начали производить лекарство-тромболитик (совместная разработка фармацевтиков и физиков-ядерщиков), которое не имеет аналогов в мире по эффективности, а цена во много раз меньше.

Развитие нанотехнологий невозможно без самого современного научного оборудования (самая скромная нанолaborатория стоит не менее 10 млн долл.). По мнению экспертов, чтобы нанотехнологии стали реальностью, ежегодно необходимо тратить не менее 1 трлн долл. Именно финансирование данной отрасли является первостепенным фактором развития. Нанотехнология является высокотехнологической отраслью науки, а развитие таких областей невозможно без серьезных капиталовложений (рис. 2, рис. 3).

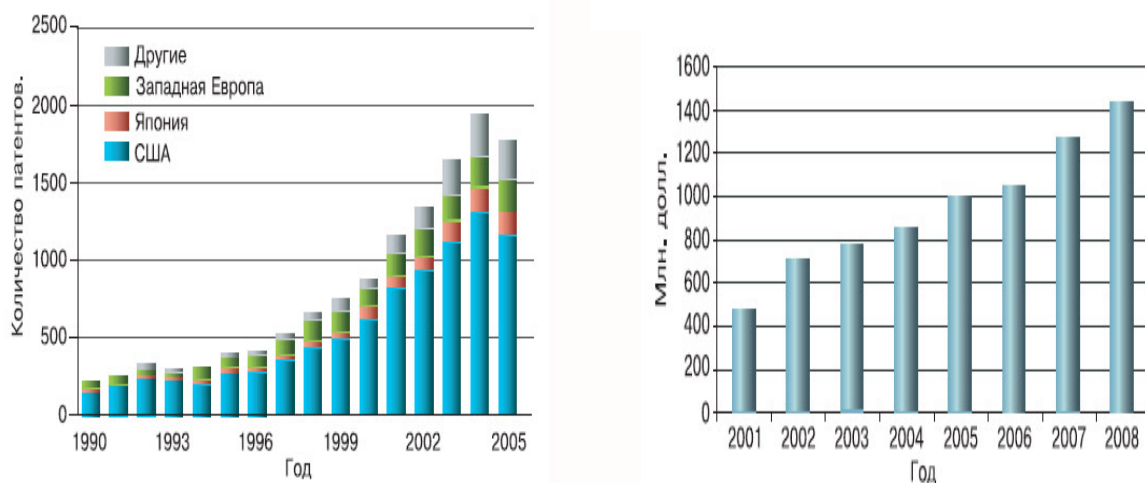


Рис. 2. Объемы инвестиций правительства США в разработки в области нанотехнологий

В 2000 г. в США принята долгосрочная президентская комплексная программа финансирования нанотехнологий (в 2001 г. – 460 млн долл., в 2004 г. – 1 млрд долл., 2005–2007 гг. – 1,2 млрд долл. в год.). В 2001–2002 гг. подобные программы приняты в Евросоюзе, Японии, Китае, Южной Корее и других странах.

Государственный бюджет Национальной нанотехнологической инициативы США на 2006 – 2008 г. (млн. долларов)			
	2006	2007	2008
Национальный научный фонд	359,7	373,2	389,9
Министерство обороны	423,9	417,2	374,7
Министерство энергетики	231,0	235,2	331,5
Национальные институты здоровья (Министерство здравоохранения)	191,6	193,8	202,9
Национальный институт стандартов и технологий (Министерство торговли)	77,9	84,2	96,6
НАСА	50,0	25,0	24,0
Агентство по защите окружающей среды	4,5	8,5	10,2
Объединенная государственная служба исследований, образования и развития (Министерство сельского хозяйства)	3,9	3,4	3,0
Национальный институт профессиональных заболеваний и безопасности (Министерство здравоохранения)	3,8	6,6	4,6
Лесная служба (Министерство сельского хозяйства)	2,3	2,6	4,6
Министерство внутренней безопасности	1,5	2,0	1,0
Министерство юстиции	0,3	1,4	0,9
Министерство транспорта	0,9	0,9	0,9
Всего	1351,2	1353,9	1444,8



Рис. 3. Распределение патентов США, связанных с нанотехнологиями

В России финансирование нанотехнологий в 2001–2004 гг. не превышало 20 млн долл. в год по всем научным программам. Но в 2005–2006 гг. с утверждением новой редакции Федеральная целевая научно-техническая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы» финансирование возросло на 70 млн долл. в год в рамках приоритетного направления «Индустрия наносистем и материалы».

С начала 2007 г. в России действует Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» с бюджетным финансированием в размере 134 млрд руб. (5 млрд долл.), из которых на долю нанотехнологий приходится менее 50 млрд руб. Этими средствами управляет госкорпорация (ГК) «Роснано». Контроль над ней осуществляется правительством. При этом прибыль от деятельности ГК «Роснано» не подлежит изъятию и распределению правительством. Кроме того, «Роснано» выведен из-под действия закона о банкротстве. Корпорации разрешено расходовать любые средства на покупку ценных бумаг (в рамках поддержки нанотехнологических проектов). Также она имеет право инвестировать свободные средства в любые финансовые инструменты.

Размер инвестиций утверждает наблюдательный совет «Роснано» раз в год. Наблюдательный совет корпорации (15 человек: 5 депутатов или сенаторов, 5 членов правительства или администрации президента, 5 представителей науки, бизнеса или Общественной палаты) назначается правительством.

Перспективы нанотехнологической отрасли поистине грандиозны. Нанотехнологии кардинальным образом изменят все сферы жизни человека. На их основе могут быть созданы

товары и продукты, применение которых позволит революционизировать целые отрасли экономики. Джош Волфе (Josh Wolfe), редактор аналитического отчета Forbes (Wolfe Nanotech Report), пишет: «Мир будет просто построен заново. Нанотехнология потрясет все на планете».

Литература

1. Drexler K. Eric. Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology. New York: Anchor Books, 1986.
2. Mckeown P. Nanotechnology: Step into the Future (Нанотехнологии: Шаг в Будущее). М.: Вильямс, 1999. С. 27.
3. Гладких Н.Т., Крышталъ А.П., Богатыренко С.И. Особенности структурного состояния и диффузионной активности малых частиц: материалы Воронеж. конф. по нанотехнологиям. Воронеж, 2007. 14–20 окт.
4. Кабаченко Л.А. Тонкопленочные неорганические материалы: материалы Воронеж. конф. по нанотехнологиям. Воронеж, 2007. 14–20 окт.
5. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи (Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea). М.: Вильямс, 2006. С. 240.
6. Науки и разработки R@D.CNews: новостной сайт. URL: <http://www.rnd.cnews.ru> (дата обращения: 21.02.2014).
7. Соловьев М. Нанотехнология – ключ к бессмертию и свободе // Компьютерра. 1997. № 41 (218).
8. Хасслахер Б., Тилден М. Живые машины // Природа. 1995. № 4.

ИННОВАЦИИ, НАНОТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

М.Ю. Просекин; И.Г. Просекина.

компания Полиус-НТ, г. Москва.

А.А. Тихомиров; Ю.Е. Высоких.

компания ЗАО «НТ-МДТ», г. Москва

Проанализированы основные современные условия развития инновационной экономики и предложены конкретные пути решения актуальных проблем в области проектной междисциплинарной деятельности с помощью научно-образовательных комплексов Наноэдукатор (Нанолаб).

Ключевые слова: нанотехнологии, интеллектуальный потенциал, инновационное развитие, междисциплинарная подготовка

INNOVATION, NANOTECHNOLOGY AND EDUCATION

M.Yu. Prosekin; I.G. Prosekina.

Polyus-HT.

A.A. Tikhomirov; Yu.E. Vysokikh.

ZAO «NT-MDT»

The article analyzes the main modern conditions of development of innovative economy and offered concrete solutions to current issues in the field of project activities through interdisciplinary research and educational complexes Nanoedyukator (Nanolab).

Keywords: nanotechnology, intellectual potential, innovative development, interdisciplinary training

Скорость изменения жизненного пространства человека в наше время стремительно меняется, и большинство положительных тенденций связаны с высокотехнологичными

инновациями, которые плавно вливаются в жизнь и без которых она в дальнейшем мало представима. Однако самих по себе инноваций и наукоемких разработок далеко не достаточно, чтобы справиться с экономическими или экологическими проблемами. Здоровое общество с точки зрения культуры, нравственности и образованности, с глубоким интересом к науке и ее результатам – фундамент будущего. Особенность данного момента в развитии России в том, что приходится строить и новое общество, и новые технологии одновременно [1–5].

Нанотехнологии и инновации

Эффективность инновационной экономики и удержание лидирующих позиций по ведущим направлениям и развитие новых давно уже стало общепринятой стратегией всех мировых держав. В стране восходящего солнца «Базовый закон о науке, технике и технологиях», вступивший в силу 15 ноября 1995 г., констатировал, что наука, техника и технологии формируют основы развития как японского общества, так и человечества в целом, поэтому главная задача состоит в том, чтобы обеспечить сбалансированное взаимодействие между различными направлениями науки и техники и тесное сотрудничество между участниками исследовательского процесса. Закон требовал, чтобы и государственные органы, и общество в целом постоянно проводили эту идею в жизнь. Он предписывал обеспечивать тесную кооперацию между государственными НИИ, вузами и частным сектором, а также указал на обязательность поддержки и поощрения инициатив частного сектора при организации и проведении научных исследований. Отметим выделенную деталь о том, что без обеспечения сотрудничества между всеми участниками доведение научно-исследовательской разработки до внедрения технологии или производства продукции может растянуться на столь длительное время, что оно потеряет всякий смысл.

Для удержания лидирующих позиций в области инновационного развития в 2000 г. в США была создана Национальная Нанотехнологическая Инициатива (NNI), целью которой является определение дорожной карты развития нанотехнологий и построение стратегического плана развития. В «Базовых планах научного и технического развития», утвержденных Советом по научно-технической политике правительства Японии в 2001 г., утверждены следующие разделы: науки о жизни, информатика и телекоммуникации, нанотехнологии и материалы, экология. К этому времени большинство мировых держав уже оценило перспективу развития высокотехнологичного сектора экономики, особенно построенного на разработках в области нанотехнологий. Уже к 2006 г. Китай опередил Японию по расходам на исследования и разработки, направив в эту сферу 144 млрд долл. (Япония – 131 млрд долл.), а по ряду научно-технических направлений (в области освоения космоса, атомной энергетики, биотехнологий и др.) приблизился к группе мировых лидеров. Если же проводить сравнение с США, то отставание японцев от американцев составило всего 213 млрд долл.). Сравнительные показатели затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) на одного исследователя того времени приведены на рис. 1.

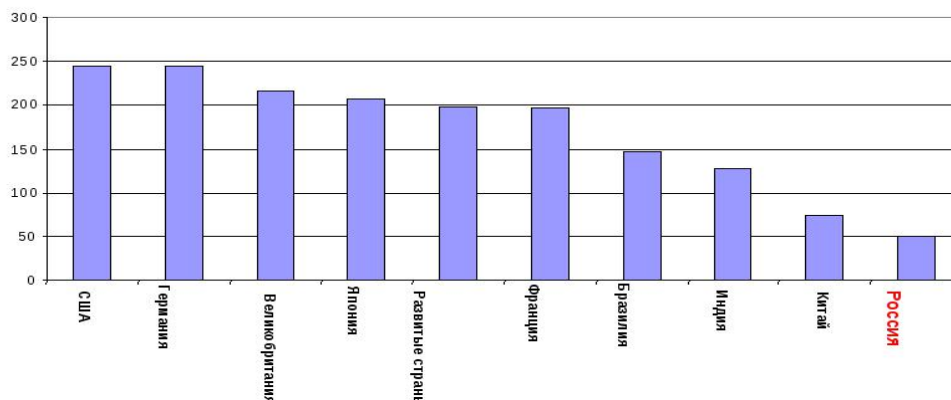


Рис. 1. Затраты на НИОКР на одного исследователя, (тыс. долл. США)

На территории Российской Федерации первые инициативы были озвучены официально 26 апреля 2007 г., когда Президент России В.В. Путин в послании Федеральному Собранию назвал нанотехнологии «наиболее приоритетным направлением развития науки и техники». К этому времени Россия на следующей схеме выглядела одиноким красным кружком (рис. 2).

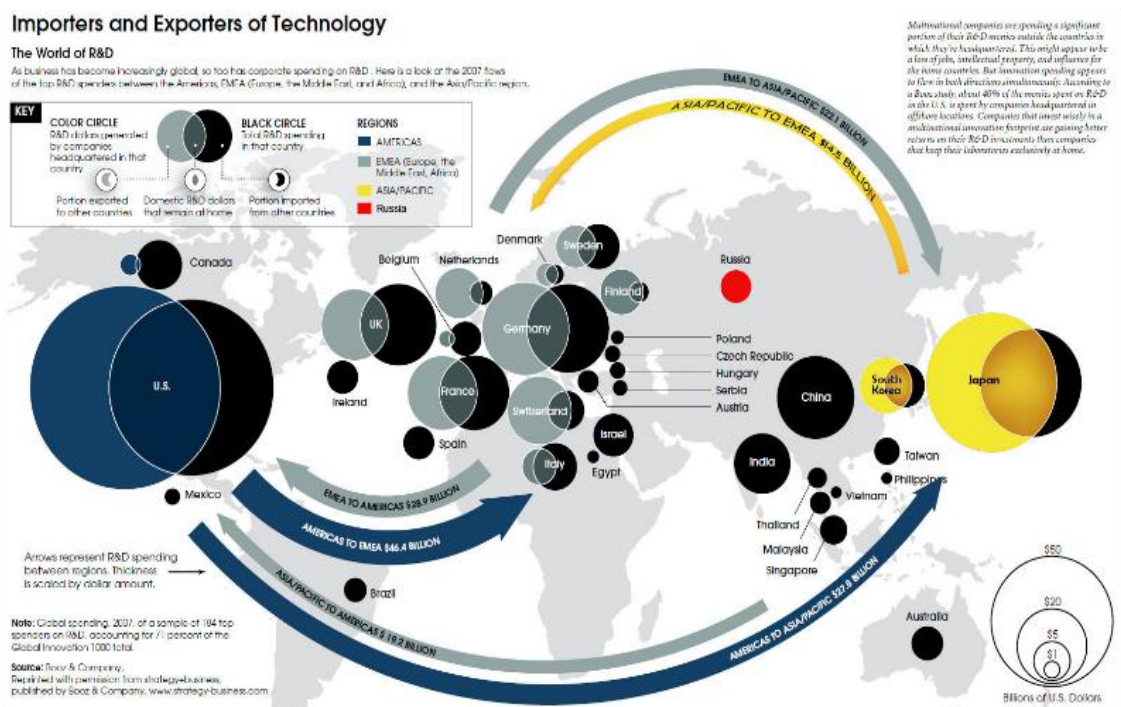


Рис. 2. Мировой экспорт и импорт технологий в 2007 г.

Выйти из такой глубочайшей потенциальной ямы, как говорят физики, конечно возможно, но для этого нужны большие усилия и воля. Объем инвестиций в науку медленно, но растет (к 2020 г. объем инвестиций только в нанотехнологическую отрасль на территории РФ достигнет 150 млрд руб.). И, тем не менее, то, что Россия просто должна стать научной сверхдержавой, становится все более понятно и соответствует менталитету русского человека. А не стремится ли вероятность такого благоприятного результата к бесконечно малой величине? Ведущие российские высокотехнологичные компании, которые успешно работают как на внутреннем, так и на внешнем рынке, увеличивают эту малую величину каждым своим успехом и достижением.

В 2011 г. в Аналитическом отчете NNI о формировании инфраструктуры Нанообразования в числе успешных примеров государственно-частного партнерства авторы называют два проекта частных компаний, один из которых – Наноэдукатор компании НТ-МДТ.

Российская компания НТ-МДТ, основанная в 1989 г., является мировым лидером по производству аналитических систем для Нанотехнологий. С 2002 г. компания запустила образовательный проект Наноэдукатор. Инициатором проекта является российский ученый и Нобелевский лауреат Жорес Иванович Алферов, выпускник ЛЭТИ. Комплекс Наноэдукатор использует в своей основе современный аналитический комплекс на базе Сканирующего зондового микроскопа (СЗМ). Генеральным директором НТ-МДТ является доктор технических наук В.А. Быков [6].

Наноэдукатор – это небольшой проект компании, который предназначен для проведения исследований материалов на микро- и наноуровне методами сканирующей зондовой микроскопии. Он является примером связующего звена между научным исследованием и разработкой технологии или внедрением продукции, и, кроме того,

успешно решает образовательные задачи, без решения которых вероятность того, что Россия станет научной сверхдержавой, по-прежнему будет стремиться к нулю. В непростых условиях остается делать главную ставку на развитие и приумножение интеллектуального капитала и на его основе еще более энергично форсировать инновационное развитие.

Комплекс Нанозедукатор предназначен для преподавания основ нанотехнологии в рамках дисциплин естественнонаучного блока знаний (физика, химия, биология и информатика, естествознание) с использованием СЗМ, адаптированных под школьное и высшее образование (рис. 3).



Рис. 3. Учебно-научный комплекс Нанозедукатор второго поколения

Сканирующая зондовая микроскопия

Сканирующая зондовая микроскопия – один из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением. За последние 10 лет СЗМ превратилась из экзотической методики, доступной лишь ограниченному числу исследовательских групп, в широко распространенный и успешно применяемый инструмент для исследования свойств поверхности. В настоящее время практически ни одно исследование в области физики поверхности и тонкопленочных технологий не обходится без применения методов СЗМ. Процесс построения изображения основан на сканировании поверхности объектов зондом и в общем случае позволяет получать трехмерное изображение поверхности (топографию (рельеф) с высоким пространственным разрешением (до 0,01 нм), поэтому СЗМ является основным инструментом для исследований в области нанотехнологий. В качестве объектов могут быть использованы практически любые объекты, нас окружающие (натуральные: биологические, геологические, кристаллы и т.д. и синтезированные (обработанные): металлы, полупроводники, кристаллы, композитные материалы и полимеры) (рис. 4, 5) [7].

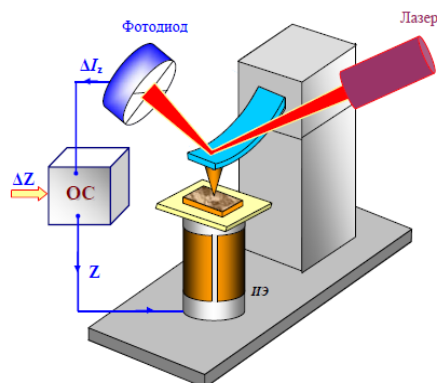


Рис. 4. Упрощенная схема регистрации отклонений зонда (кантилевера) и организации схемы обратной связи

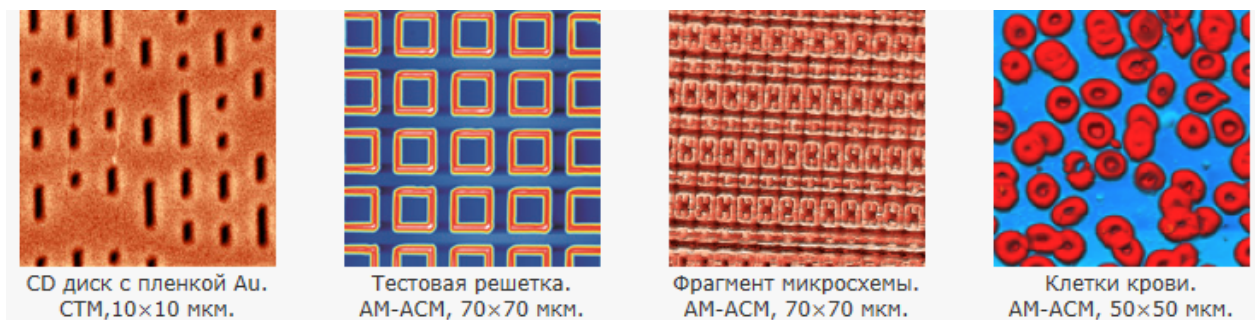


Рис. 5. Примеры изображений, получаемых на Сканирующем зондовом микроскопе Наноздуюкатор

Развитие СЗМ послужило также основой для развития новых методов в нанотехнологии – технологии создания структур с нанометровыми масштабами.

Нанотехнология, по определению, – междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путем контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Междисциплинарность обусловлена переходом к критическим размерам (менее 100 нм), где уже не существует таких отдельных дисциплин как физика, химия, биология, и все процессы описываются, как процессы на молекулярном уровне (рис. 6).



Рис. 6. Нанотехнологии объединяют физику, химию, биологию, математику, информатику для описания процессов и структур величиной менее 100 нм

Учитывая, что между исследователем–учащимся–технологом и объектом обязательно присутствует интерфейс, который позволяет производить все манипуляции с высоким пространственным разрешением, то к списку обязательных для понимания классических дисциплин добавляется и информатика (программирование, обработка изображения, распознавание образов и т.д.). Нанотехнология уже давно вокруг нас: простым примером продукта, изготовленного с использованием нанотехнологий, может являться любой современный телефон, компьютер или ноутбук, телевизор или акустическая система.

Нанотехнологии и образование

В системе Российского образования только начинается переориентация на подготовку специалистов инновационной сферы, и это принципиально не может быть решено путем введения нескольких новых курсов и краткосрочных программ. Для этого должна эволюционно трансформироваться система высшего и общего среднего образования. Дефицит высококвалифицированных кадров на сегодняшний день стал системной проблемой, решение которой нетривиально с учетом времени, необходимого на подготовку

такого специалиста. Федеральные целевые программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. и на 2014–2020 гг. ставят целью развитие системы эффективного производства высокопрофессиональных кадров научной и научно-образовательной сферы и повышение их конкурентоспособности на мировом уровне [8, 9].

Уровень и перспективность естественно-научного и инженерного образования, интегрированность в научную, технологическую и предпринимательскую среду определяют качество и активность абитуриентов, что, в свою очередь, определяет эффективность модернизации высшего образования и развитие инновационной сферы экономики. Изменение уровня подготовки абитуриентов и студентов может быть достигнуто только планомерной долгосрочной квалифицированной работой, решаемой поддержкой наиболее удачных начинаний в образовании. Сегодня реальный инструмент, который отвечает необходимым критериям улучшения качества подготовки абитуриентов, студентов, их информированности – это развитие проектной деятельности и работа под руководством тьюторов. Результаты деятельности в этом направлении приводят к повышению мотивации к образованию, науке, технологиям, инновациям и возможности полностью развить и сохранить образовательный, научный и профессиональный потенциал молодых специалистов.

Такая деятельность является частью создания системы всесторонней подготовки будущих специалистов в области инноваций в широком спектре: от инженеров и научных сотрудников до специалистов в области управления и информационных технологий путем эффективного внедрения проектного обучения и командной работы в систему школьного образования.

Проекты и командная работа позволяют освоить межпредметные связи, развить междисциплинарный подход, сформировать системно-научное мышление и узнать больше о современных задачах в области естествознания, нанотехнологий и экономики. Параллельно с этим командная работа ведется в области связей с общественностью: продвижения научных и инженерных идей, создания рекламного продукта. Опыт практической работы показал, что это приводит к осознанному выбору будущей специальности, деятельностной профориентации. Также существенным является знакомство с предприятиями, конкретными лабораториями НИИ и вузов, которые могут рассматриваться обучающимися как потенциальные места будущей работы.

Инновационная деятельность в современных условиях требует комплексного подхода к организации. В инновационных проектах и программах принимают участие не только специалисты узкого профиля, нужна команда, способная эффективно ориентироваться и действовать в различных сферах деятельности. При этом важнейшими составляющими являются:

- высокая скорость адаптации к быстро изменяющимся условиям;
- оценка скорости развития, усложнения и устаревания технологий;
- смешивание разнообразных сфер деятельности;
- работа с большим количеством информации и динамикой информационных потоков;
- внедрение инноваций как конкурентоспособного преимущества.

В настоящий момент учебные комплексы на основе наноэдукатора функционируют в более чем 350 учебных заведениях на территории РФ, Казахстана и стран Евросоюза. Наиболее эффективной формой использования комплекса «Наноэдукатор» в образовательной деятельности среднего школьного образования является:

- проведение исследовательских и проектных работ;
- факультативы, элективные курсы;
- проведение лабораторных работ;
- подготовка к конкурсам и олимпиадам.

Во Дворцах детского творчества наибольший интерес при использовании наноэдукатора возник в кружках по направлениям естествознания (физика, химия, биология, медицина, геология и т.д.), в высших учебных заведениях – на технических специальностях

для обучения студентов и для работы вузов с региональными школами. Вуз решает задачу раннего профессионального ориентирования школьников, повышения имиджа технического специалиста, что сказывается на уровне подготовленности абитуриентов. Комплекс показывает высочайшие результаты эффективности своего использования. Работы, выполненные на наноэдукаторе, вошли в призы на всероссийских и зарубежных конкурсах (BalSEF, Intel, Юниор, Гранты Президента РФ и др.). Наличие специализированного аналитического оборудования в школах позволит повысить свой статус и войти в различные школьные Лиги (Школьная Лига РОСНАНО, Школьная Лига РосАТОМ и др.). В рамках проекта в ведомственных учреждениях Министерства Образования и Науки Российской Федерации эта тематика показала отличные результаты и рекомендована к внедрению в другие ведомства, в том числе и МЧС России.

Опыт такой работы способствовал созданию расширенного комплекса для проведения исследований Нанолаб и апробации наиболее эффективных технологий естественнонаучного образования и технопредпринимательства для учащихся старших классов общеобразовательных школ и студентов средних и высших учебных заведений, способных к исследовательской, технологической и предпринимательской творческой деятельности. Программа партнерства с компанией Полюс-НТ позволит запустить или наладить работу образовательного кластера по нанотехнологиям с учетом возможностей и интересов обучающихся. Предлагаемые форматы работы в настоящий момент наиболее востребованы и подготовлены к реализации, они ни в коем случае не подменяют и не отменяют традиционное образование. Предлагаемые методики междисциплинарной подготовки направлены, в первую очередь, на обучение практическому применению знаний и навыков в современных условиях и обучению:

- в комплексе анализировать задачи, проблемы и решения, рассматривая их с различных точек зрения;

- искать информацию в различных предметных областях;
- быстро осваивать новые технологии в смежных областях знаний;
- работать с экспертами и тьюторами в предметных областях;
- искать решения на стыках дисциплин;
- транслировать решения из одной области в другие предметные области;
- анализировать взаимное влияние различных сфер деятельности;
- использовать разные типы мышления (логические, естественнонаучные, образные);
- формировать, развивать и трансформировать команды;
- лично развиваться с поддержкой команды;
- эффективно распределять задачи, ставить и достигать цели и т.п.;
- уметь работать с современным высокотехнологичным оборудованием, проводить измерения и обработку данных.

Участники программы партнерства не только осваивают новые компетенции, востребованные в современном обществе, но и формируют рабочие связи в рамках содружества, объединяющего школьников, педагогов, ученых, экспертов и бизнесменов. В программе уделяется много внимания разнообразию «входов» в мир естественных наук и технологий – через участие в научных исследованиях и дискуссиях, лабораторных работах и проектных группах, в процессах моделирования и конструирования.

Нанолаб – комплексная учебно-исследовательская лаборатория, предназначенная для проведения междисциплинарных практикумов и ведения проектной деятельности [10]. Компания Полюс-НТ молодая, но быстро развивающаяся структура, сотрудники которой имеют большой опыт научной, педагогической и проектной деятельности. Разработаны различные комплектации Нанолаб: НАНОЛАБ-ПРО, НАНОЛАБ-СТАРТ, учитывающий различный уровень подготовки учащихся и НАНОЛАБ-СТАТЕЛЛИТ, являющейся проектом поддержки уже работающих образовательных классов «Наноэдукатор». Актуальные задачи современного естествознания требуют новых методов исследования и комплексного подхода, объединяющего возможности многих измерительных методик. Комплектация

Нанолаб-Про включает в себя, в дополнение к СЗМ, оптический микроскоп и приборы для синтеза и анализа материалов, а также реактивы и ряд сравнительно простого оборудования (рН-метры, весы, диспергатор, фотоаппарат, лазеры, спектрофотометр и т.п.), качество и функциональность которых напрямую влияют на разнообразие и сложность доступных для исследования систем и явлений. Взаимодействие и взаимодополняемость приборов позволяет решать учебные и научные задачи в области физики, химии, биологии, математики, экологии и их пересечений (рис. 7).

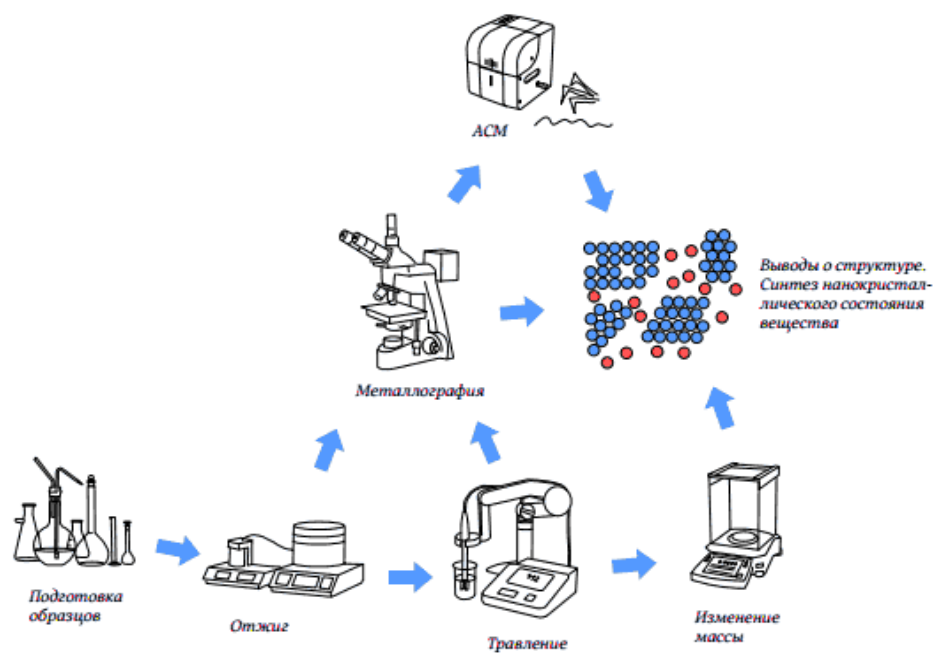


Рис. 7. Нанолаб объединяет в единый учебно-методический комплекс учебные аналитические и технологические установки для выполнения комплексных проектно исследовательских работ

Нанолаб применяется в научно-исследовательском и учебном процессе, формирует системно-научное мышление, дает навыки работы с современными технологиями и основы научно-исследовательской деятельности, значительно расширяет представления учащихся о современной науке и нанотехнологиях, позволяя изучать явления и процессы на уровне микро- и наноструктур. Методическая поддержка темы учебно-исследовательских и научно-исследовательских работ охватывает актуальные вопросы современной науки и проработана с целью дальнейшего расширения отдельных вопросов до собственных исследовательских проектов. Нанолаб рассчитан на старших школьников общеобразовательных школ (8–11 классы) и студентов высших учебных заведений, а также на специалистов учебных и научно-исследовательских учреждений, проходящих переподготовку.

Мощная методическая поддержка и подписка составляют существенную особенность Нанолаб. Основой методики обучения является комплекс лабораторных работ, которые, с одной стороны, требуют применения знаний школьного уровня, с другой, освоения и создания новых знаний. Предлагаются следующие виды деятельности обучающихся: тематические лекции, в том числе дистанционные, изучение учебно-демонстрационных материалов, выполнение учебно-исследовательских и научно-исследовательских работ. Предусмотрена различная глубина погружения и сложность рассматриваемых вопросов. Все работы практикума могут быть выполнены под руководством хорошего школьного учителя, хотя тематика работ относится к актуальным научным направлениям. Это достигается

за счет методической проработанности учебного курса и своевременной онлайн- и офлайн-поддержки пользователей, включая консультирование по работе приборов и организации проектной деятельности.

Методическое обеспечение содержит теоретическую часть по каждой теме исследования, вводные и образовательные лекции по используемым приборам, описание и инструкции выполнения работ. Теоретическая часть вводит в область исследования и излагает необходимую теорию для выполнения работы, знакомит с исследуемыми системами и их применением, затрагивает актуальность и смежные области науки, содержит ссылки на литературу. В лекциях о приборах рассказывается о принципах действия, устройстве и правилах использования. Практическая часть содержит инструкции по выполнению работы, задачи исследования, порядок проведения, описание методов исследования и интерпретации результатов, контрольные вопросы и направления расширения и углубления работ [11].

Темы учебно-исследовательских и научно-исследовательских работ охватывают различные области физики, химии, биологии и проработаны с целью дальнейшего расширения отдельных вопросов до собственных исследовательских проектов. Учащиеся в ходе выполнения практикума осваивают этапы научного исследования: постановку задачи, формулировку гипотезы, методику измерений, доказательство выводов и статистической обработку данных. Для педагогов это новый спектр возможностей: эффективно освоить сканирующую зондовую микроскопию, оптическую микроскопию, получить научные и технические консультации, значительно расширить тематику проектной работы. Подготовка ведется по широкому кругу направлений и будет полезна не только будущим физикам, химикам, биологам и математикам, но и будущим управленцам, экономистам, инженерам.

Развитие инновационной экономики неразрывно связано с внедрением новых стандартов образования в школы и высшие учебные заведения, направленных на межпредметную проектную деятельность обучающихся. Формирование инновационной среды в обществе неразрывно связано с новыми подходами к обучению и пониманию окружающего мира. Работа на стыке наук превращается из экзотических экспериментов в обязательное условие прорывной инновационной деятельности во всех областях жизнедеятельности человека, начиная от пищевых технологий, биотехнологий, микроэлектроники, машиностроения, безопасности, экологии и др. Разработанные в России и признанные мировым научным сообществом, научно-образовательные комплексы Нанозедукатор (Нанолаб) успешно внедрены в более чем 350 учебных образовательных учреждений. Комплекс показывает высочайшие результаты эффективности своего использования и рекомендован к внедрению в общеобразовательные учебные заведения для выполнения проектной междисциплинарной деятельности. Широкое использование таких комплексов как Нанозедукатор (Нанолаб) позволяет существенно увеличить вовлеченность учащихся в учебный процесс, мотивировать их на дальнейшее обучение и выполнение проектно-исследовательских работ, что в конечном итоге приводит к повышению общего уровня учащихся, формированию инновационного подхода к решению практических задач. Будущее начинается сегодня, инновационный подход в сфере подготовки специалистов сейчас позволит завтра перейти к высокотехнологичной экономике и даст толчок к развитию страны и общества.

Литература

1. Об образовании в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ // Рос. газ. 2012. 31 дек. Федер. выпуск № 5976.

2. О Федеральной целевой программе развития образования на 2011–2015 годы: Постановление Правительства Рос. Федерации от 7 февр. 2011 г. № 61 // Рос. газ. Интернет-портал. 2011. 9 марта.
3. О федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры на 2014–2020 годы» и внесении изменений в целевую программу «Научные и научно-педагогические кадры на 2009 – 2013 годы»: Постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2013 г. № 424 // Рос. газ. Интернет-портал. 2013. 3 июня.
4. О Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 г.: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 8 дек. 2011 г. № 2227-р. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. О государственной программе Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 29 марта 2013 г. № 467-р. // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2013. № 14. Ст. 1714.
6. NT-MDT. URL: <http://ntmdt.ru> (дата обращения 01.03.2014).
7. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Н/Новгород: Институт физики микроструктур РАН, 2004. 114 с
8. Россия должна стать научной сверхдержавой: доклад С.М. Рогова // Поиск. 2010. № 12.
9. России нужна суверенная научно-техническая промышленная политика: интервью А.Е. Варшавского // S@TRF наука и технологии РФ. URL: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=17062 (дата обращения: 10.01.2014).
10. Полюс НТ. URL: <http://polyus-nt.ru/index.html> (дата обращения 01.03.2014).
11. Состояние научной инфраструктуры в РФ: анализ. докл. по итогам общественных слушаний Рос. ассоциации содействия науке. 2013. 15 апр.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЧС РОССИИ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведено описание технических возможностей учебно-научной лаборатории нанотехнологий и основных существующих и перспективных направлений научно-практических исследований с использованием нанотехнологий.

Ключевые слова: микромир, СЗМ-микроскопия, АСМ-микроскопия, конфокальная и флуоресцентная спектроскопии, рамановская спектроскопия

USE OF TECHNICAL CAPABILITIES EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC LABORATORY NANOTECHNOLOGY IN SOLVING ACTUAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL TASK OF EMERCOM OF RUSSIA

L.V. Medvedeva.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article describes the technical capabilities of teaching and research laboratory of nanotechnology and the main existing and emerging areas of scientific and practical research using nanotechnology.

Keywords: microcosm, SPM-microscopy, AFM-microscopy, confocal and fluorescence spectroscopy, Raman spectroscopy

Основой методологии постановки научно-исследовательских работ является системный подход, предусматривающий различные этапы работ, среди которых дипломные работы слушателей, диссертационные исследования соискателей и адъюнктов, плановые научно-исследовательские работы профессорско-преподавательского состава кафедр Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. На каждом этапе ставятся и решаются различные по сложности и результативности задачи, комплексное обобщение которых позволяет разрабатывать и внедрять в практику экспертных организаций новые методики и вовлекать в эту сферу новейшие достижения аналитического приборостроения и современную компьютерную и программную базу, в том числе и методики сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) в учебно-научной лаборатории нанотехнологий кафедры физики и теплотехники, введенной в эксплуатацию к 105-летию Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Учебно-научная лаборатория нанотехнологий включает в себя три основных участка:

- учебно-экспериментальный;
- контрольно-измерительный (экспертный);
- технологический.

Каждый участок выполняет специфические функции и имеет собственное техническое оснащение.

Задачей учебно-экспериментального участка является проведение экспериментальных и виртуальных исследований физических процессов микромира.

Учебно-экспериментальный участок оснащен модульными учебными комплексами (МУК-ОК), каждый из которых позволяет проводить комплекс лабораторных исследований различных явлений микромира. Для проведения виртуальных исследований автономно установлено специальное программное обеспечение. Информационной поддержкой и модульными учебными комплексами оборудованы шесть рабочих мест.

Задачей контрольно-измерительного (экспертного) участка является освоение основ работы в режимах СЗМ, приобретение навыков исследования нанообъектов и наноструктур, проведение зондовой нанолитографии и наноманипуляций.

Контрольно-измерительный (экспертный) участок оснащен специальной установкой для заточки (травления) зондов и тремя учебными сканирующими зондовыми микроскопами (NanoEducator-2).

Измерительная система учебного сканирующего зондового микроскопа (NanoEducator-2) имеет встроенную цифровую видеокамеру с размером изображения 12,1 мегапиксель для выбора исследуемого участка на поверхности образца и контроля состояния зонда и процесса его подвода к поверхности.

Проведение зондовой нанолитографии и наноманипуляций осуществляется по измерительным методикам атомно-силовой микроскопии (АСМ): «полуконтактный» метод, отображение рельефа, отображение фазы, отображение силы, а также динамической силовой литографии туннельной микроскопии: отображение рельефа, отображение тока (метод постоянной высоты), измерения работы выхода (Z модуляция), туннельная спектроскопия (dI/dV измерения).

Задачей технологического участка является выращивание углеродных нанотрубок.

Технологический участок оснащен реактором роста углеродных наноструктурированных материалов с использованием технологии химического осаждения из газовой фазы, что позволяет получать углеродные нанотрубки как в виде материала, так и в составе структур микро- и наносистемной техники.

Контрольно-измерительный (экспертный) и технологический участки совместно могут сформировать полный научно-исследовательский цикл.

В перспективном плане научной деятельности учебно-научной лаборатории нанотехнологий предполагается активное развитие следующих, инновационных для системы МЧС России, направлений научных работ:

- исследование эксплуатационных характеристик строительных материалов, произведенных с применением нанотехнологий (научный руководитель направления – доктор химических наук, профессор Г.К. Ивахнюк);

- разработка методов пожарно-технической экспертизы с использованием СЗМ-микроскопии (научный руководитель направления – доктор технических наук, профессор А.С. Поляков, кандидат технических наук Ю.Н. Бельшина);

- теоретическая и практическая разработка направлений использования углеродных нанотрубок (научный руководитель направления – кандидат технических наук, доцент А.В. Иванов).

Исследования эксплуатационных характеристик строительных материалов, произведенных с применением нанотехнологий, ориентированы на оценку:

- показателей пожарной опасности;
- качества нанопокрытия на поверхности материала;
- качества покрытия тканей и технологических элементов оборудования при воздействии высокой температуры и агрессивных сред;
- качества поверхности сеток огнепреградителей с депонированными защитными материалами;
- возможности использования материалов, произведенных с применением нанотехнологий, в строительстве потенциально опасных объектов;
- эффективности электрофизических методов защиты от коррозии;
- влияния ремонтно-восстановительных смесей на процессы износа конструктивных элементов двигателей внутреннего сгорания при работе в условиях низких температур.

Разработка методов пожарно-технической экспертизы с использованием СЗМ-микроскопии осуществляется по следующим научным направлениям:

- исследование структуры органических и неорганических материалов спасательного оборудования и снаряжения в условиях воздействия агрессивных сред нефтепродуктов в целях разработки метода раннего обнаружения процессов деструкции материалов спасательного оборудования и снаряжения, находящихся в агрессивной среде;

- исследование поверхностной структуры органических материалов, подвергшихся термическому воздействию, в целях разработки метода определения температуры в зоне горения посредством исследования поверхностной структуры углеродного остатка.

Теоретическая и практическая разработка направлений использования углеродных нанотрубок осуществляется в целях решения актуальных научно-технических задач системы МЧС России:

- повышение эффективности процесса тушения пожаров (депонированные порошковые наноразмерные комплексы);

- обеспечение тепловой защиты на объектах нефтегазового комплекса (модифицированные водногелиевые составы);

- повышение эксплуатационных характеристик аккумуляторов для пожарной и спасательной техники;

- снижение пожарной опасности легковоспламеняющихся жидкостей (модификация горючих жидкостей углеродными нанотрубками для повышения температуры вспышки);
- повышение качественных показателей дизельных топлив путем их модификации углеродными нанотрубками;
- повышение электростатической безопасности при транспортировке легковоспламеняющихся жидкостей;
- создание огнетушащих веществ с увеличенным коэффициентом смачиваемости.

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России в учебно-научной лаборатории нанотехнологий введена в эксплуатацию нанолаборатория ИНТЕГРА-спектра – первая в мире автономная научная лаборатория, интегрирующая атомно-силовую, конфокальную, флуоресцентную спектроскопии. В настоящее время проводятся исследования по оценке эффективности применения комплекса методов атомно-силовой и рамановской микроскопии при идентификации наноразмерных комплексов взрывчатых веществ и продуктов взрыва. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является одной из видов сканирующей зондовой микроскопии, основанной на взаимодействии зонда микроскопа с поверхностью образца при ван-дер-ваальсовских взаимодействиях. Рамановская спектроскопия представляет собой спектроскопический метод изучения исследуемого вещества, основанный на явлении неупругого рассеяния монохроматического света в видимом, ближнем ультрафиолетовом или инфракрасном диапазонах. Отработка методики исследования компонентов взрывопожарных веществ и материалов проводилась на кафедре физики и теплотехники университета на установке «ИНТЕГРА-спектра», в состав которой входят модули для конфокальной и флуоресцентной микроскопии, интегрированные в установку АСМ.

В ходе исследования объектов с внедренными компонентами пиротехнических соединений были получены 3D-модели рельефа поверхностей по результатам АСМ (рис. 1) и распределения компонентов смесей на основе рамановской спектроскопии (рис. 2).

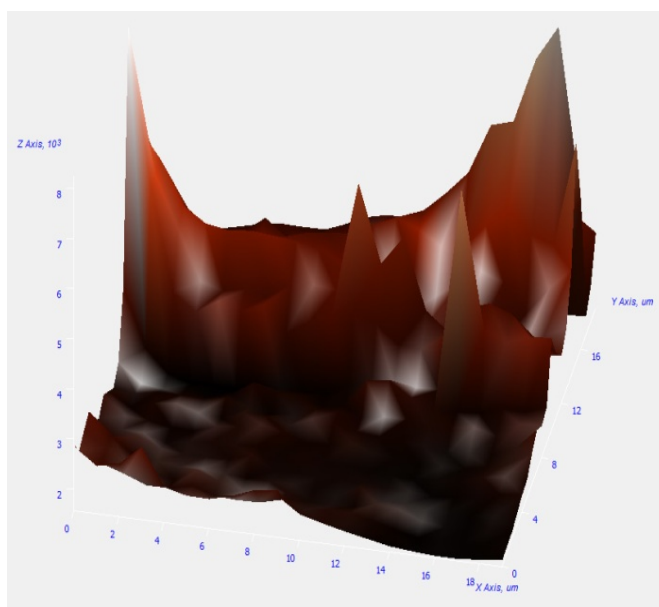


Рис. 1. Морфологическая структура поверхности стекла с вкраплениями пиротехнических соединений (результаты атомно-силовой микроскопии)

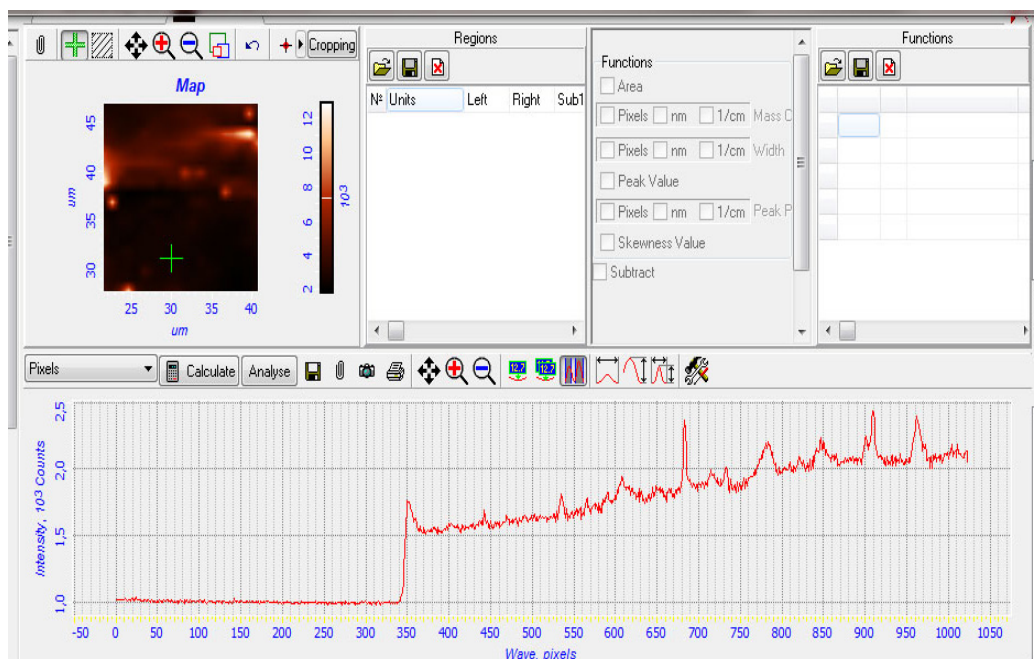


Рис. 2. Распределение компонентов пиротехнического средства на исследуемой поверхности, полученное с помощью рамановской спектроскопии

Сопоставление полученных данных с библиотекой рамановских спектров позволяет идентифицировать компоненты по уникальной картине распределения пиков рассеивания (рис. 3).

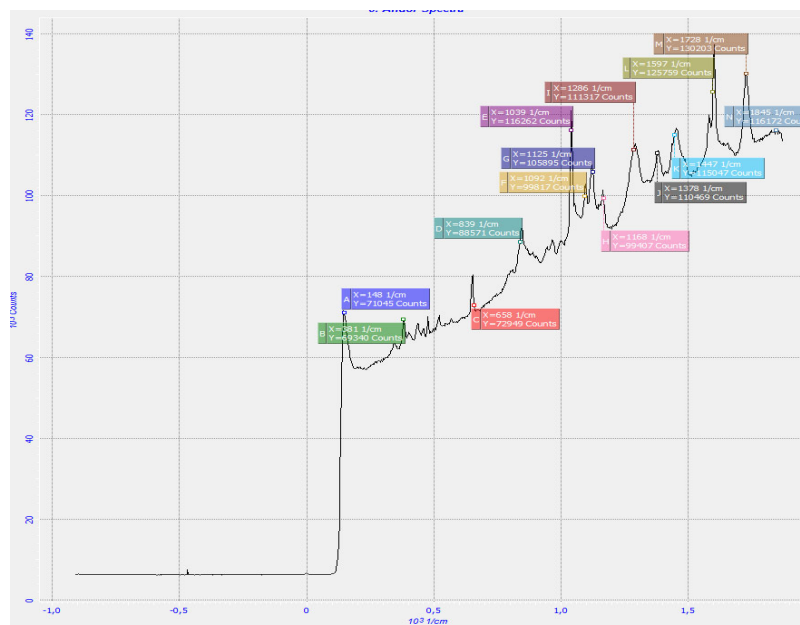


Рис. 3. Анализ рамановского спектра при качественной оценке исследуемого образца

Методы атомно-силовой и рамановской спектроскопии могут быть применены при одновременном анализе структуры исследуемой поверхности и идентификации взрывчатых веществ либо компонентов, из которых они изготовлены. В перспективе данный метод может дополнить существующие методы криминалистической экспертизы и взрывотехнических исследований.

Внедрение нанолaborатории ИНТЕГРА-спектра позволит не только существенно расширить технические возможности экспертной методологии, но и организовать научные исследования в области нанобезопасности – исследования безопасности высокотехнологичной продукции для окружающей среды и здоровья человека. Наноматериалы характеризуются высокой проникающей способностью, химической активностью, что делает их потенциально опасными веществами. Поэтому как потребителям, так и производителям нанопродукции необходимы научные заключения об ее безопасности, что обуславливает выбор сфер внедрения наноматериалов и выход на новые рынки сбыта.

Предполагаемыми результатами исследований в области нанобезопасности могут стать:

- экспериментальное биотестирование наноматериалов;
- разработка методик оценки безопасности наноматериалов;
- разработка и внедрение образовательных программ в области нанобезопасности.

Активное развитие указанных направлений научной деятельности учебно-научной лаборатории нанотехнологий, ее техническое дооснащение позволит создать в университете Экспертный центр СЗМ-микроскопии, в котором в рамках внутренней и внешней научной деятельности будут выполняться экспертные оценки и тестирование эксплуатационных характеристик материалов в твердой и жидкой фазах по заявкам заказчиков.

Вместе с тем для расширения сферы внешней научной деятельности планируется работа в составе Центра коллективного пользования при Администрации Санкт-Петербурга на основе соглашения между Университетом и Центром коллективного пользования для проведения экспериментальных исследований молодых ученых Санкт-Петербурга на уникальном оборудовании с учетом общих интересов.

Одним из приоритетных направлений учебно-научной деятельности лаборатории нанотехнологий является программа подготовки молодых ученых по результатам обучения слушателей старших курсов в рамках научного кружка, а также индивидуальной работы с адъюнктами университета.

В рамках программы подготовки (до 20 ч) по специальности 05.26.02 – «Безопасность в ЧС» (химические науки) с адъюнктами и аспирантами проводятся практические занятия с целью проведения исследований по изучению поведения материалов при воздействии факторов ЧС.

Таким образом, широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, постоянный поиск оптимальных путей решения современных проблем позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса.

Литература

1. Жоаким К., Плевер Л. Нанонауки. Невидимая революция. М.: КоЛибри, 2009. 240 с.
2. Яфаров Р.К. Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий. М.: Физматлит, 2009. 216 с.
3. Третьякова Ю.Д. Нанотехнологии. Азбука для всех. 2-е изд. М.: Физматлит, 2010. 368 с.
4. Бахтизин Р.З., Галлямов Р.Р. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии. Уфа: Башк. гос. ун-т, 2003.
5. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: Техносфера, 2007.
6. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). 2-е изд. СПб.: С.-Петерб. ин-т пож. безопасн. МВД России, 1997. 562 с.
7. Центр Коллективного пользования. URL: <http://ckpspb.ru> (дата обращения: 10.02.2014).

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ВОДНО-ТОПЛИВНОЙ МИКРОЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТА

В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

В.А. Морозов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.И. Веттегрень, доктор физико-математических наук, профессор.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Ю.А. Пименов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Р.И. Мамалимов, кандидат технических наук, научный сотрудник.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

При помощи инфракрасной спектроскопии исследовано строение микроэмульсии из поверхностно активного вещества (олеата натрия) и капель воды с линейными размерами 1–3 мкм. Она используется в качестве стабилизатора для балластированных водой топлив, предназначенных для транспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Установлено, что в микроэмульсии олеат натрия диссоциирован на положительно заряженный ион Na^+ и отрицательно заряженный ион остальной части молекулы. Последний ион вступает в водородную связь с молекулой воды. Это способствует уменьшению энергии диссоциации водородных связей между остальными молекулами воды и уменьшению энергии ее испарения в камерах сгорания ДВС.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, водно-топливная эмульсия, поверхностно активное вещество, инфракрасная спектроскопия

IR SPECTROSCOPIC STUDY OF THE STRUCTURE WATER FUEL MICROEMULSION FOR TRANSPORT

V.N. Logkin, V.A. Morozov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.I. Vettegren.

Ioffe physical technical institute of Russian academy of sciences.

Y.F. Pimenov.

Saint-Petersburg state technologycal institute (technical university).

R.I. Mamalimov.

Ioffe physical technical institute of Russian academy of sciences

Using infrared spectroscopy, the structure of the microemulsion was investigated of surfactant (sodium oleate) and water drops with the linear dimensions of 1–3 microns . It is used as a stabilizer for a vehicle internal combustion engines (ICE). Found that odeat sodium in microemulsions dissociates into positively charged Na^+ ions and negatively charged ion of the rest of surfactants molecule. Last ion forms hydrogen bond with water molecule. This reduces the dissociation energy of hydrogen bonds between water molecules and energy of evaporation in internal combustion engines.

Keywords: the internal combustion engine, water-fuel emulsion, surface active substances, infrared spectroscopy, free molecules of water

Ужесточение требований к экологическим свойствам транспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в связи с проблемами оздоровления среды обитания человека

и обеспечения устойчивости климата [1] (Tier-3 – международный стандарт – для судовых и промышленных, а также Euro-6 – экологический стандарт – для автомобильных двигателей [2]), актуализировали (по свидетельствам Конгресса CIMAK [2]) технологии увлажнения моторных топлив, в частности с помощью водно-топливных микроэмульсий (ВТМЭ). Стабилизация осуществляется поверхностно активными веществами (ПАВ). Исследование строения ВТМЭ с использованием инфракрасной (ИК) спектроскопии было начато в работе В.Н. Ложкина, Б.В. Гавкалюка, В.И. Веттергень «О связи молекулярной структуры водно-топливных эмульсий с экологической безопасностью транспортных двигателей» [3]. В данной работе приводятся результаты более детального исследования строения ВТМЭ.

В разработанной нами технологии приготовления балластированного водой топлива использован способ формирования микроэмульсии путем дробления воды на капли размером 1–3 мкм с одновременной стабилизацией размера капель с помощью ПАВ. В качестве ПАВ использовали олеат натрия – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$. ВТМЭ готовили, растворяя 5 % вес. олеата в воде и последующего пропускания раствора через механический виброкавитационный гомогенизатор, общий вид которого показан на рис. 1.

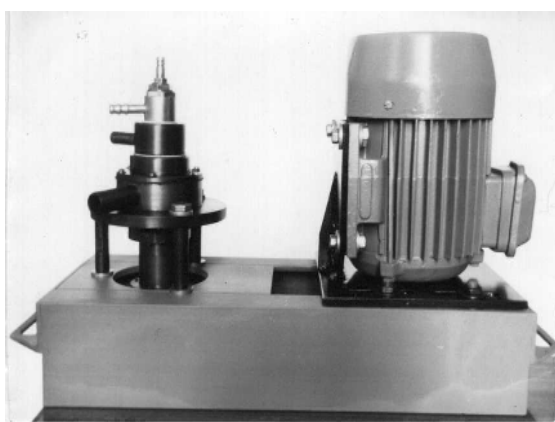


Рис. 1. Общий вид устройства для приготовления топлива, балластированного водой

Инфракрасные (ИК) спектры воды и ВТМЭ записывали на ИК-спектрофотометре Specord 75 IR.

На рис. 2 представлены фрагменты ИК-спектров воды и ВТМЭ в области 900–1800 см^{-1} .

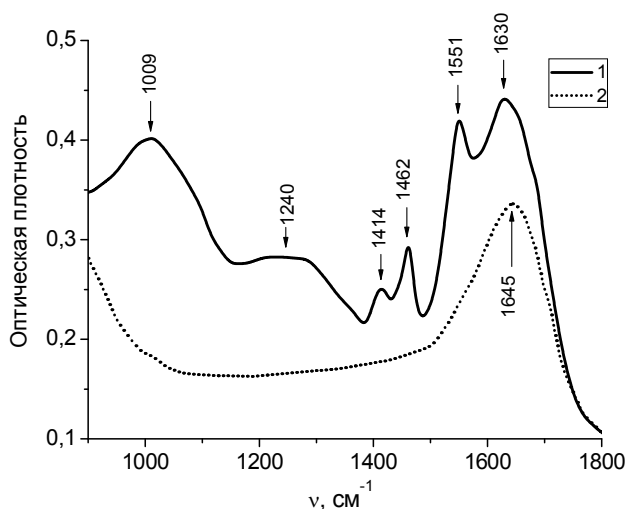


Рис. 2. Фрагменты ИК-спектров водно-топливных микроэмульсий (1) и воды (2) в области 900–1800 см^{-1}

В спектре воды в этой области наблюдается только одна полоса поглощения – 1645 см^{-1} . Ее полуширина (ширина на середине максимальной оптической плотности) составляет $\sim 100\text{ см}^{-1}$. Она приписана деформационным колебаниям молекул воды. В спектре ВТМЭ максимум этой полосы расположен на частоте 1630 см^{-1} , ее полуширина $\sim 60\text{ см}^{-1}$. В этой же области наблюдаются полосы 1551 (колебания молекул воды, образующих водородную связь с ионом $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$), 1642 , 1414 , 1240 и 1009 см^{-1} (колебания иона $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$) [4, 5].

Из анализа данного спектра следует, что в воде молекула ПАВ диссоциирует на два иона – отрицательно заряженный ион $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ и положительно заряженный ион Na^+ . Отрицательно заряженный ион образует водородную связь с молекулой воды. Это ведет к уменьшению средней частоты колебаний остальных молекул на 15 см^{-1} – от 1645 до 1630 см^{-1} . В свою очередь, уменьшение частоты колебаний означает, что длина водородных связей между молекулами воды увеличивается, а энергия их диссоциации (испарения) уменьшается. Обращает на себя внимание, что полоса 1630 см^{-1} асимметрична в сторону высоких частот. Асимметрия обусловлена тем, что по мере удаления от отрицательно заряженного иона энергия диссоциации водородных связей увеличивается.

На рис. 3 показан дифференциальный спектр (полученный путем вычитания спектра ВТМЭ из спектра воды). В нем существует полоса 3754 см^{-1} , приписанная колебаниям молекул воды, не участвующих в образовании водородных связей друг с другом. Такие молекулы располагаются, по-видимому, между молекулами олеата натрия, покрывающего пленкой микрокапли воды в эмульсии. Можно предположить, что существование таких молекул играет важную роль в условиях камеры сгорания двигателя. При нагревании они испаряются в первую очередь, тем самым способствуя разрушению оболочки из ионов олеата натрия.

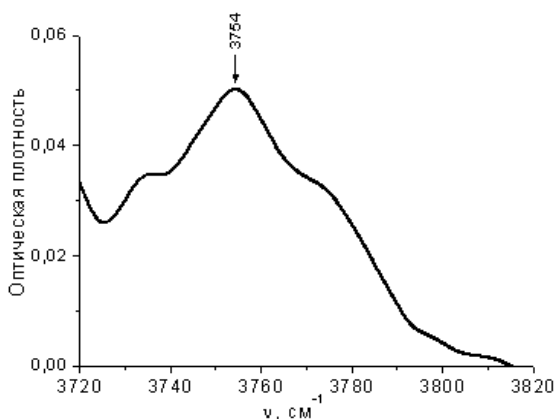


Рис. 3. Дифференциальный спектр водно-топливных микроэмульсий и воды

Таким образом, проведен анализ инфракрасных спектров ВТМЭ, стабилизированной олеатом натрия. Оказалось, что при взаимодействии с водой молекула олеата диссоциирует на ионы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ и Na^+ . Отрицательно заряженный ион вступает в водородную связь с молекулами воды, что ведет к уменьшению энергии диссоциации водородных связей между молекулами воды и способствует их испарению в двигателе внутреннего сгорания.

Литература

1. Commission regulation (EU) № 582/2011 of 25 May 2011 implementing and amending Regulation (EC) № 595/2009 of the European Parliament and of the Council with respect

to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and amending Annexes I and III to Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council // Official Journal of the European Union. 2011. June 25. L 167/1.

2. Мельник Г.В. Технологии снижения вредных выбросов дизелей. Состояние и перспективы развития (по материалам конгресса СИМАК 2010) // Двигателестроение. 2011. № 4 (246). С. 48–56.

3. Ложкин В.Н., Гавкалюк Б.В., Веттегрень В.И. О связи молекулярной структуры водно-топливных эмульсий с экологической безопасностью транспортных двигателей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 2 (26). С. 43–50.

4. Couzist A., Gulari E. Adsorption of Sodium Laurate from Its Aqueous Solution onto an Alumina Surface. A Dynamic Study of the Surface-Surfactant Interaction Using Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy // Langmuir. 1993. Vol. 9. P. 3414–3421.

5. Varma R.P., Kumar U., Sangal P. Characterization of Sodium Soap and their Refractive Index Studies in Metanol // Chemistry: an Asian Journal. 2000. Vol. 12. N. 3. P. 659–662.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Веттегрень, доктор физико-математических наук, профессор.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Кратко описаны основные положения современного подхода к прогнозированию долговечности конструкционных материалов, основанной на кинетической концепции прочности твердых тел. Особое внимание уделено прогнозированию долговечности полимерных композиционных материалов, перспективных для использования в изделиях, предназначенных для пожаротушения.

Ключевые слова: прогнозирование долговечности, температурная и временная зависимость прочности, связь прочности с теплофизическими характеристиками материалов, полимерные композиты

PHYSICAL BASIS OF EVALUATION TIME TO FRACTURE OF CONSTRUCTION MATERIALS

V.I. Vettegren.

Ioffe physical technical institute Russian academy of sciences.

V.N. Logkin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Briefly describes the main provisions of the modern approach to forecasting time to fracture of construction materials based on the concept of kinetic strength of solids. Particular attention is paid to the prediction of time to fracture of polymer composite materials promising for use in devices intended for fire.

Keywords: forecasting time to fracture, temperature and time dependence of strength, connection between the strength and the thermal characteristics of materials and polymer composites

Прогнозирование времени разрушения материалов призвано решить две задачи. Первая из них заключается в оценке долговечности используемых материалов при

задаваемых условиях эксплуатации (долгосрочный прогноз) на стадии конструирования машин и механизмов. Вторая задача связана с необходимостью предотвращения аварий на АЭС, в авиационной и космической технике, магистральных трубопроводах, предсказания горных ударов и землетрясений и т.д. Она требует установления момента времени разрушения объекта (ресурса долговечности в заданном интервале времени в отсутствии информации о предыстории его нагружения (краткосрочный прогноз)). В обоих случаях прогнозируется время.

Очевидно, что традиционная механическая концепция, рассматривающая разрушение как мгновенное нарушение сплошности материала, наступающее при достижении критического напряжения – «предела прочности», поставленные задачи решить не может.

Решение проблемы прогнозирования базируется на кинетической концепции, согласно которой разрушение есть процесс, подготавливаемый во времени и начинающийся с момента приложения нагрузки. Принципиальной является связь разрушения с закономерностями готовящей его термоактивированной генерации нано- и микротрещин.

Среди этих закономерностей в прогностическом аспекте важными являются две стадии, различающиеся по длительности, характеру корреляций и выделению энергии при образовании трещин. Такая двустадийность позволяет выявить две группы признаков, направленных на долгосрочный и краткосрочный прогноз, то есть на оценку долговечности и ее ресурса в предразрушающем состоянии объекта.

Физические основы прогнозирования долговечности

Систематические исследования разрушения материалов под воздействием постоянной нагрузки были начаты в 50-х гг. прошлого столетия в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук под руководством академика С.Н. Журкова [1–3]. Они привели к установлению эмпирического выражения, связывающего величину прочности σ при одноосном растяжении со временем до разрушения (долговечностью) τ :

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT}\right), \quad (1)$$

где τ_0 , U_0 , γ – эмпирические параметры, а k – константа Больцмана.

Это уравнение Журкова оказалось справедливым для металлов, сплавов, кристаллов, полимеров, композитов и т.д. Оно выполняется в широком диапазоне температур и времен нагружения в вакууме, воздухе, инертной и коррозионной средах. Оказалось, что параметр τ_0 имеет значение, близкое к периоду межатомных колебаний – $\approx (10^{-12} \div 10^{-14})$ с. Параметр U_0 равен энергии активации разрыва межатомных связей в ненагруженном теле [1–4]. Единственной характеристикой прочности, зависящей от структуры материала, оказался параметр γ .

Перепишем уравнение (1) в следующем виде:

$$\sigma = \frac{U_0}{\gamma} - \frac{k_B T}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0}. \quad (2)$$

Видно, что предел прочности как константа материала отсутствует, так как ее величина зависит от температуры и времени действия нагрузки. Константами материала являются энергия активации разрыва связей U_0 и параметр γ .

Детальные исследования с использованием современных физических методов [2–4] показали, что в основе явления разрушения лежит процесс образования термических

флуктуаций, растягивающих и разрывающих межатомные связи. Энергия их образования равна $U = U_0 - \gamma\sigma$. Роль внешней нагрузки сводится лишь к тому, что она снижает величину энергии образования разрушающих флуктуаций в ненагруженном теле – U_0 на величину $\gamma\sigma$. Среднее время образования разрушающих флуктуаций определяет скорость развития разрушения, то есть его долговечность τ . Мерой теплового движения (вероятности возникновения разрушающих флуктуаций) является температура. Следовательно, зависимость разрушающего напряжения от времени неотделима от его зависимости от температуры. Такая механическая характеристика как прочность тесно связана с теплофизическими параметрами – теплоемкостью, теплопроводностью и коэффициентом теплового расширения [5, 6].

Коррозия, старение, деформация и другие изменения структуры и строения материала играют роль внешних по отношению к процессу разрушения факторов, которые изменяют значение параметров, управляющих вероятностью образования тепловых флуктуаций (U_0 , γ и τ_0).

Установление термофлуктуационной природы разрушения открывает возможность оценки ресурса долговечности нагруженных конструкций в заданных условиях эксплуатации. Уравнение Журкова позволяет рассчитать при заданных температурах и нагрузках долговечность любого конструкционного материала.

На практике часто используют режим постоянной скорости растяжения. Если напряжение изменяется приблизительно пропорционально деформации, то выражение (2) можно переписать в следующем виде [2, 3]:

$$\sigma(T) \approx \frac{U_0}{\gamma} - 32 \frac{k}{\gamma} T. \quad (3)$$

Отсюда следует, что прочность при постоянной скорости нагружения должна уменьшаться линейно от температуры. Для примера на рис. 1 показаны температурные зависимости прочности волокон полиэтилентерефталата и полиакрилонитрила при постоянной скорости растяжения. Видно, что прочность действительно уменьшается линейно от температуры. Продолжение прямых линий к $\sigma = 0$ отсекает от оси температур отрезок T^* .

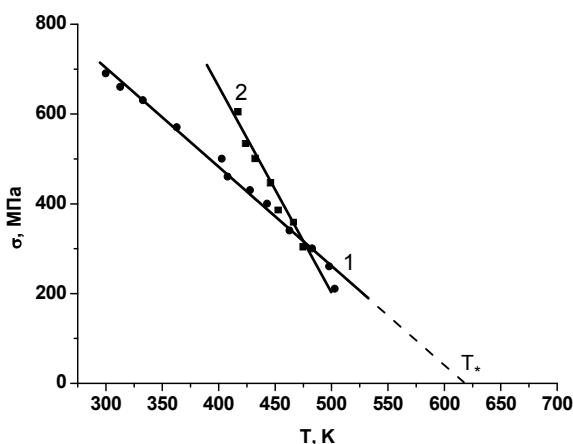


Рис. 1. Температурные зависимости прочности ориентированных волокон полимеров при скорости растяжения 0,2 %/мин.:
1 – полиэтилентерефталат; 2 – полиакрилонитрил

Из уравнения (3) следует, что

$$U_0 \approx 32 \text{ kT}.$$

Тангенс угла наклона прямых линий – $d\sigma/dT \approx 32(k/\gamma)$. Откуда

$$\gamma \approx 32k/(d\sigma/dT).$$

Используя эти формулы и результаты измерения прочности при разных температурах, можно определить параметры U_0 и γ , а затем, подставив их в уравнение Журкова (1), вычислить долговечность.

Экспериментальные исследования механизма разрушения

Упомянем о прямых экспериментальных доказательствах вышеизложенных представлений о механизме разрушения. Она исходит из предположения, что при термических флуктуациях в теле образуются межатомные связи, деформированные до величины, близкой к разрывному удлинению. В 70-х гг. прошлого столетия в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук была создана методика обнаружения и исследования таких связей в полимерах и полимерных композитах [7–10]. Она использует результаты анализа смещения частоты и формы полос в инфракрасных (ИК) и рамановских спектрах. Смещение частоты $\Delta\nu$ прямо пропорционально локальному напряжению Σ , действующему на молекулу:

$$\Delta\nu = \alpha\Sigma \quad .$$

Величина коэффициента пропорциональности α может быть определена экспериментально [7–10]. Поэтому, выполнив такой анализ, можно определить величину локальных механических напряжений Σ на межатомных связях. Для примера, на рис. 2 показано распределение напряжений по межатомным связям в пленке полипропилена, находящейся под нагрузкой 0,7 ГПа. Видно, что основная масса молекул этого полимера находится под напряжением, близким к приложенному – 0,7 ГПа. Однако существует небольшое число молекул (несколько процентов от общего числа), напряжение на которых на порядок больше и достигает прочности молекул – 1,6 ГПа. Столь же неравномерные распределения локальных напряжений были обнаружены для большого числа полимеров и композитов [2, 3, 7–11].

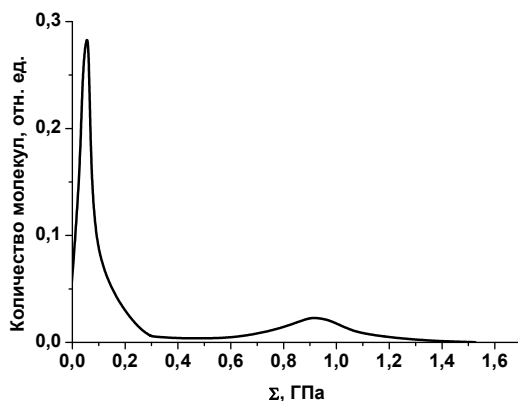


Рис. 2. Распределение растягивающего напряжения 700 МПа по молекулам полипропилена

Межатомные связи, напряжение на которых достигает их прочности, разрываются и вместо них образуются свободные радикалы и ионы. Они могут быть зарегистрированы методом электронного парамагнитного резонанса [2, 3, 12] или фрактолюминесценции (ФЛ) [13–15]. Например, на рис. 3 показан спектр ФЛ композита с матрицей из полифениленоксида, армированной углеродными нитями. Полосы 2,13, 2,32 и 2,73 эВ в этом спектре соответствуют свободным радикалам R-C*, образовавшимся при разрыве химических связей в углеродных волокнах, а 3,03 эВ – радикалам R-S*. Здесь R – часть молекулы, примыкающая к разорванной связи, звездочка показывает, что радикал находится в возбужденном состоянии.

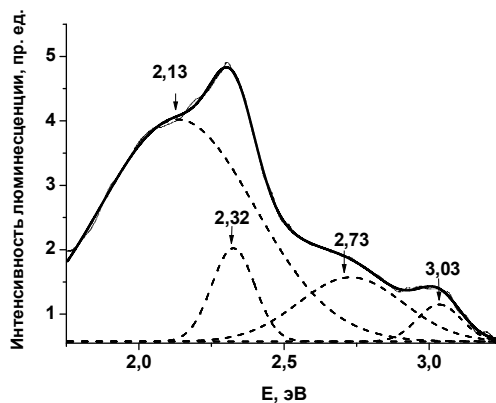


Рис. 3. Спектр фрактолюминесценции композита с матрицей из полифениленоксида, армированной углеродными волокнами, при трении о стальной валик

Радикалы, как правило, находятся на берегах нано- и микротрещин, линейные размеры которых варьируют от нескольких десятков нанометров до микрометров. Динамику их образования можно контролировать, измеряя временные зависимости интенсивности ФЛ с наносекундным разрешением по времени [13–15]. При разрыве межатомной связи запасенная в ней энергия выделяется в виде вспышки света. Поэтому появление микротрещины ведет к вспышке света, интенсивность которой пропорциональна площади микротрещины. Для примера, на рис. 4 показан фрагмент временной зависимости интенсивности ФЛ при трении композита с матрицей из полифениленоксида, армированной углеродными нитями, о стальной валик. В этом случае трещины с линейными размерами ~ 30 мкм образуются после разрыва нитей. Острые максимумы на рис. 4 соответствуют последовательному образованию микротрещин. Каждая вспышка состоит из сильно перекрывающихся максимумов (рис. 5), появляющихся через ~ 20 нс при разрыве отдельных волокон толщиной 8 мкм, из которых состоят нити.

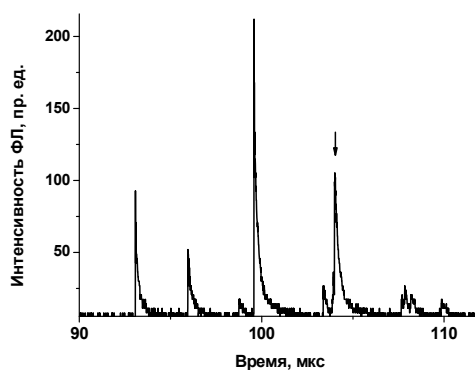


Рис. 4. Серия вспышек света, возникающих при разрывах нитей углерода в композите, матрица которого состоит из полифениленсульфида, а армирующий наполнитель – угольные волокна

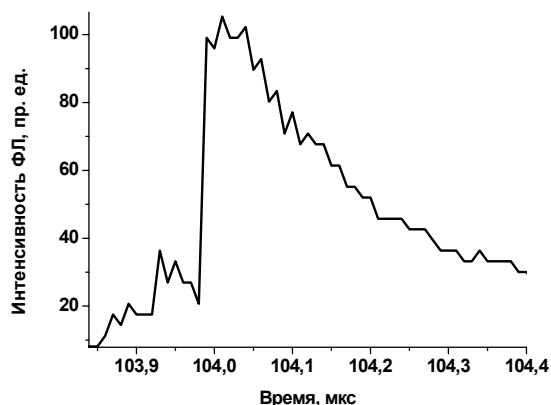


Рис. 5. Вспышка света, отмеченная на рис. 4 стрелкой

При комнатных температурах свободные радикалы и ионы обычно нестабильны (время их жизни лежит в диапазоне от нескольких наносекунд до нескольких микросекунд) и «гибнут», вступая в различные химические реакции. В результате образуются новые химические группировки, которые могут быть зарегистрированы при помощи ИК-спектроскопии [2, 3, 16–18].

В полимерах зародышевые трещины наблюдали, используя электронную микроскопию и рассеяние рентгеновских лучей [2, 3, 19].

При увеличении концентрации нано- и микротрещин наступает такой момент, когда они начинают объединяться и образуются более крупные трещины. Этот процесс имеет многоуровневый иерархический характер [19, 20]: при объединении «зародышевых» трещин образуются новые трещины, размер которых в три раза крупнее, чем первых, при их объединении создаются трещины еще в три раза крупнее и т.д., вплоть до разрушения образца.

Связь кинетики разрушения с тепловым движением в полимерных композитах

Начнем с анализа температурных зависимостей прочности высокоориентированных волокон, которые используют для создания композитов. На рис. 6 показаны типичные температурные зависимости прочности высокоориентированных волокон ПА 6 и угольного волокна, полученные при измерениях прочности на разрывной машине. На этих зависимостях наблюдаются отклонения от формулы Журкова (в виде (3)) при температурах T_i и T_b : до T_i прочность не зависит от температуры, между T_i и T_b она уменьшается линейно от температуры, а выше T_b наклон температурной зависимости прочности увеличивается. Причины отклонений, как было установлено [5, 6, 21, 22], связаны с изменением характера теплового движения атомов. Оказалось, что ниже T_i энергия теплового движения недостаточна, чтобы создать термические флуктуации. Поэтому прочность не зависит от температуры. При $T = T_i$ создаются так называемые торсионные колебания вокруг оси молекул. Возникает резервуар энергии, из которого термические флуктуации могут черпать энергию. В результате прочность начинает уменьшаться линейно по температуре. При $T = T_b$ в полимере возникают изгибные колебания молекул. Появляется новый резервуар энергии для создания термических флуктуаций и наклон температурной зависимости прочности возрастает. Изменение наклона температурных зависимостей прочности ясно показывает, что механические и тепловые свойства тесно связаны друг с другом: любое появление нового вида колебаний не только ведет к изменению наклона температурных зависимостей прочности, но и к изменению теплоемкости, теплопроводности и коэффициента теплового расширения.

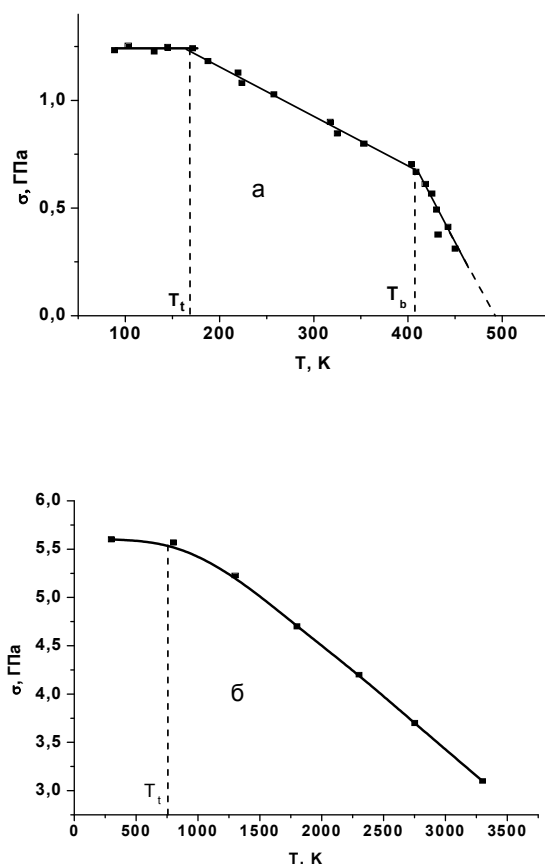


Рис. 6. Температурные зависимости прочности волокон: полиамидное (а); углеродное (б)

Для учета возникновения новых резервуаров энергии в уравнение (2) вместо температуры вводят квантовую функцию F_q [3–6, 21, 22]. Тогда оно приобретает вид:

$$\sigma = \frac{U_0}{\gamma} - \frac{k_B F_q}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0},$$

или при испытаниях на разрывной машине –

$$\sigma(T) \approx \frac{U_0}{\gamma} - 32 \frac{k_B}{\gamma} F_q.$$

Величина F_q определяется из независимых измерений [3–6, 21, 22].

Рассмотрим теперь, как зависит прочность полимерного композита от температуры. Сделаем это на примере композита из углеродной матрицы, армированной углеродными волокнами. Такие композиты применяются для создания негорючих изделий, работающих при температурах до 3300 К в вакууме или 2500 К в атмосфере воздуха. Из рис. 7 видно, что прочность композита в согласии с уравнением (2) уменьшается до ≈ 1800 К, а затем увеличивается приблизительно линейно с температурой. Увеличение связано с размягчением матрицы при 1800 К. Волокна уложены в нитях недостаточно регулярно, и механическое напряжение распределяется по ним неравномерно. При комнатной температуре матрица находится в стеклообразном состоянии, и «прочные» адгезионные связи между ней и волокнами препятствуют их проскальзыванию относительно друг друга и «выравниванию»

напряжений. Поэтому прочность композита мала. Однако при повышении температуры до 1800 К прочность адгезионных связей между волокном и матрицей уменьшается настолько, что они становятся неспособными воспрепятствовать перемещению волокон относительно друг друга и «выравниванию» напряжений на них. Это вызывает увеличение прочности композита. Таким образом, температурная зависимость прочности армированного углерод-углеродного композита определяется главным образом температурной зависимостью прочности углеродных волокон и их взаимной укладкой в нитях.

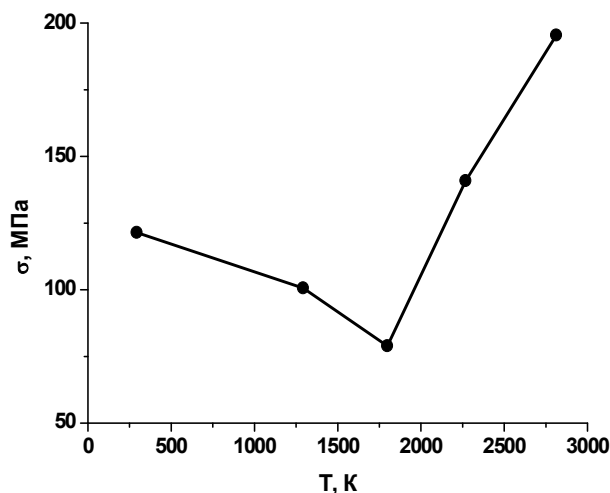


Рис. 7. Температурная зависимость прочности композита с углеродной матрицей, армированной углеродными волокнами

Кинетика изнашивания полимерных композитов

Известно, что рукава и канаты часто разрушаются из-за трения об окружающие предметы. Поэтому целесообразно рассмотреть подходы, позволяющие прогнозировать долговечность полимерных композитов в условиях трения. Изнашивание представляет собой процесс разрушения под действием нормальных и касательных напряжений, но прямое использование уравнения Журкова для его описания его кинетики затруднено, так как в процессе трения температура в зоне трения растет.

Нами был разработан метод [23], основанный на использовании уравнения Пуассона и сопоставлении значений температур, измеренных с помощью термопары на некотором расстоянии от зоны трения. Это позволило контролировать температуру в зоне трения, используя показания термопар.

Детальные исследования показали, что пока локальная температура ниже температуры стеклования, кинетика нагрева при изнашивании подчиняется уравнению Журкова [23]. Были проведены исследования скорости изнашивания полимерных композитов и найдены аналитические выражения, описывающие этот процесс со временем. Это позволило развить метод прогнозирования срока службы полимерных композитов при различных видах изнашивания в атмосфере воздуха, углекислом газе, воде и вакууме.

Проведены детальные исследования механизма изнашивания полимерных композитов на молекулярном уровне с временным разрешением 10 нс [13–15]. Они показали, что в зоне трения молекулы полимеров разрываются и из их «обрывков» образуются новые вещества, имеющие такой же модуль сдвига, как жидкие смазки [24]. Это ведет к резкому уменьшению силы трения, что позволило создать полимерные подшипники, не требующие смазки во время эксплуатации.

Достоверность прогнозирования долговечности

Разброс прочности и долговечности ограничивает возможности точного прогнозирования наступления момента катастрофического события (разрушения). Существуют две причины разброса – технологическая и фундаментальная – термофлуктуационная, обусловленная вероятностной природой возникновения тепловых разрушающих флуктуаций [3]. Если величину технологического разброса можно уменьшить за счет совершенствования технологии, термофлуктуационный разброс неустраним. Исследования показали, что технология полимерных материалов и композитов достигла такого уровня, что на первый план выходит термофлуктуационный разброс. Соответствующие аналитические выражения, позволяющие оценить величину разброса, приведены в книге В.А. Петрова, А.Я. Башкарева, В.И. Веттегрена «Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов» [3].

Изложены современные положения решения задачи прогнозирования разрушения конструкционных материалов, базирующиеся на результатах фундаментальных исследований механизма разрушения в областях с нанометровыми размерами с наносекундным разрешением во времени.

Разрушение представляет собой конечный результат процесса накопления нано- и микротрещин, образующихся под действием термических флуктуаций, а потому долговечность и прочность определяются как действующими напряжениями так и температурой.

Поскольку нано- и микротрещины образуются под действием термических флуктуаций, долговечность и прочность связаны с теплофизическими свойствами материалов – теплоемкостью, теплопроводностью и коэффициентом теплового расширения.

Литература

1. Журков С.Н. Кинетическая концепция прочности твердых тел // Вестник АН СССР. 1957. № 11. С. 78–85.
2. Регель В.Р., Слущер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.
3. Петров В.А., Башкарев А.Я., Веттегрень В.И. Физические основы прогнозирования долговечности конструкционных материалов. СПб.: Политехника, 1993. 475 с.
4. Kausch H.H. Polymer Fracture. Berlin Heidelberg: Springer, 1987. 456 p.
5. Bronnikov S.V., Vettegren V.I., Frenkel S.Y. Kinetics of Deformation and Relaxation in Highly Oriented Polymers // Adv. Polymer Sci. 1996. Vol. 125. P. 103–148.
6. Bronnikov S.V., Vettegren V.I., Frenkel S.Ja. Description of Thermal and Mechanical Properties of Drawn Polymers Over Wide Temperature Range // Polymer Engineering and Science. 1992. Vol. 32. N. 17. P. 1204–1208.
7. Zhurkov S.N., Vettegren V.I., Novak I.I. Infrared Spectroscopic study in chemical bonds in stressed polymers // Fracture 1969. Proc. Int. Conf. Fracture. L.: Chapman and Hall, 1969. P. 545–569.
8. Vettegren V.I., Novak I.I. Determination of Atomic Stress Distribution in Stressed Polymers by Infrared Spectroscopy // Journal Polymer Science. Polymer Physic. 1973. Vol. 11. P. 2135–2142.
9. Vettegren V.I., Novak I.I., Friedland K.J. Overstressed interatomic bonds in stressed polymer // International Journal Fracture. 1975. Vol. 11. N. 5. P. 789–801.
10. Веттегрень В.И., Новак И.И. Определение истинных напряжений на межатомных связях в нагруженных полимерах методом инфракрасной спектроскопии // Физика твердого тела. 1973. Т. 15. Вып. 5. С. 1417–1422.
11. Прочность макромолекул полигетероариленов, содержащих имидный цикл в основной цепи / В.И. Веттегрень [и др.] // Доклады АН СССР. 1976. Т. 230. № 6. С. 1343–1346.
12. Бутягин П.Ю., Дубинская А.М., Радциг В.А. Спектры ЭПР, конформация и химические свойства свободных радикалов в твердых полимерах // Успехи химии. 1969. Т. 38. С. 593–623.

13. Динамика микротрещин в полимерном композите при трении / В.И. Веттегрень [и др.] // Журнал технической физики. 2012. Т. 82. Вып. 10. С. 124–127.
14. Веттегрень В.И., Ляшков А.И., Щербаков И.П. Влияние ориентации волокон на образование микротрещин в волокнистом полимерном композите при трении // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. Вып. 12. С. 115–117.
15. Исследование образования микротрещин в волокнистом композите при ударе и трении / В.И. Веттегрень [и др.] // Проблемы материаловедения. 2012. Т. 57. № 10. С. 1445–1448.
16. Журков С.Н., Новак И.И., Веттегрень В.И. Изучение механохимических превращений в полиэтилене методом инфракрасной спектроскопии // Доклады АН СССР. 1964. Т. 157. № 6. С. 1431–1433.
17. Механохимические превращения в полимерах при ориентационной вытяжке / С.И. Велиев [и др.] // Механика полимеров. 1971. № 3. С. 387–390.
18. Кинетика деструкции полимеров в механически напряженном состоянии / В.Е. Корсуков [и др.] // Высокомолекулярные соединения (А). 1974. Т. 16. № 7. С. 1538–1542.
19. Тамуж В.П., Куксенко В.С. Микромеханика разрушения полимерных материалов. Рига: Зинатне, 1978. 274 с.
20. Kilian H.G., Koepe M., Vettegren V.I. Model of reversible aggregation: universal feature of fluctuation ensembles // Progress Colloid and Polymer Science. 2001. Vol. 117. P. 172–181.
21. Веттегрень В.И., Бронников С.В., Иброгимов И.И. Влияние статистики фундаментальных колебаний на кинетику разрушения ориентированных полимеров // Высокомолекулярные соединения. 1994. Т. 36. С. 1294–1300.
22. Температурная зависимость прочности углеродного волокна и трехмерно армированного углерод-углеродного композита / В.И. Веттегрень [и др.] // Журнал технической физики. 2008. Т. 78. № 2. С. 63–67.
23. Веттегрень В.И., Башкарев А.Я., Суслов М.А. Кинетика трения и износа полимерных композиционных материалов // Физика твердого тела. 2005. Т. 47. № 9. С. 1619–1624.
24. Веттегрень В.И., Савицкий А.В., Щербаков И.П. Фотолюминесценция продуктов деструкции полимеров при трении // Письма в Журнал технической физики. 2008. Т. 34. Вып. 14. С. 88–94.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОГРАФИТА В СРЕДСТВАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ И СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Е.В. Москалёв, кандидат технических наук.

**Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет).**

Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Установлено, что введение графена в полистирол меняет его свойства, при этом поперечная теплопроводность образца снижается

Ключевые слова: вспененный графит, графен, интеркалированный графит, полистирол

CHANGING THE PROPERTIES NANOGRAFITE FOR FIRE FIGHTING EQUIPMENT AND DRINKING WATER CLEAN SYSTEM

E.V. Moskalev.

Saint-Petersburg state technological institute (technical university).

G.K. Ivakhnyuk.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Found that the introduction of graphene in polystyrene, changes its properties, and the transverse thermal conductivity of the sample decreases.

Keywords: expanded graphite, graphite-intercalated graphite, polystyrene

Кристаллическая решетка графита сформирована из шестиугольных колец, образующих сетку. Сетки располагаются друг над другом и образуют плоские слои, которые слабо связаны между собой. Большое расстояние между слоями (0,335 нм) позволяет графиту легко расслаиваться. Между слоями решетки могут быть внедрены различные атомы и молекулы (H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O_2), такие соединения называются интеркалированными. При нагревании таких продуктов в результате взрыва происходит расслаивание графита на отдельные слои, называемые графенами. Первый графен был получен в 2004 г. в Манчестерском университете [1, 2] путем отслаивания липкой ленты от куска графита.

Интенсивное исследование графенов в последнее время обусловлено тем, что их структура лежит в основе формирования нанотрубок и фуллеренов. Технология получения графена из интеркалированных состоит в обработке графита кислотами и специальными органическими растворителями [3].

Графены для исследования готовились в 2 этапа. На первой стадии порошок графита пропитывался смесью органических окислителей и быстро нагревался при температуре 600 °C или в СВЧ печи [4]. В результате взрыва проходило вспенивание графита с образованием слоистой структуры.

На рис. 1 представлена электронная фотография вспененного таким способом графита. При общей длине вспененной чешуйки графита около 1000 мкм видно, что толщина отдельных слоев вспененного графита с торца составляет от 10 до 20 нм. В результате выгорания органических окислителей вспененный графит не имеет посторонних включений и примесей, содержит только до 99,9 % углерода.

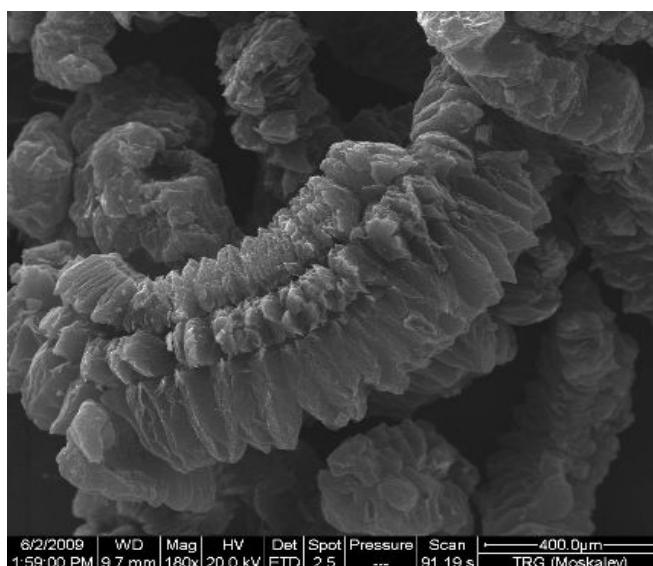


Рис. 1. Электронная фотография вспененного графита, увеличение в 1 см – 160 мкм

На втором этапе проводили обработку суспензии вспененного графита в среде органического окислителя с помощью ультразвука. Полученная таким образом суспензия содержала как графит, так и графеновые листы. После этого методом седиментации проводили отделение графена от не расслоившихся частиц. Фото листов графена

представлено на рис. 2 (а, б). Как видно на фото (рис. 2), листы графена при большом увеличении абсолютно прозрачные, то есть их толщина не превышает 10–20 нм.

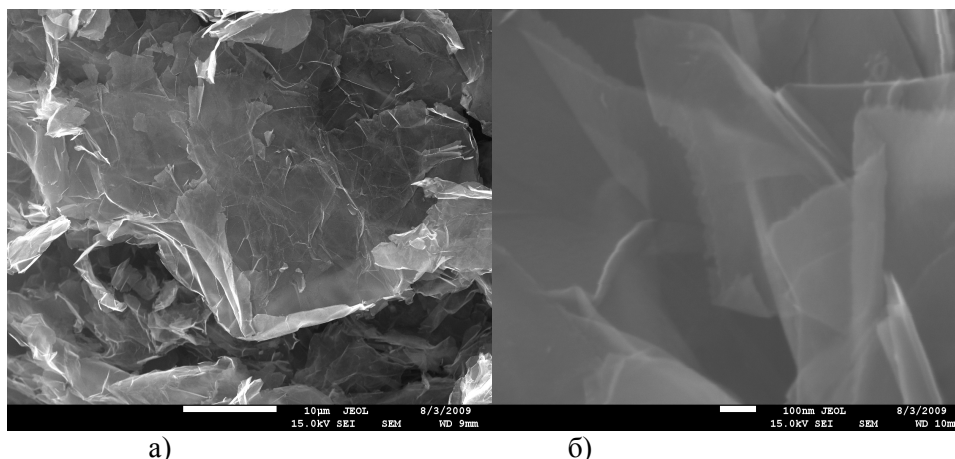


Рис. 2. Электронная фотография графена:
а) увеличение в 1 см – 8 мкм; б) увеличение в 1 см – 200 нм

Для механического воздействия использовался ультразвуковой генератор марки ИЛ10–0,63 с частотой 21 КГц, мощность излучателя составила до 500 Вт.

Состояние материала на всех стадиях эксперимента контролировалось по спектрам комбинационного рассеяния света. Для этих экспериментов использовался микрорамановский спектрометр HoribaJobin-Yvon, MRS320. Для возбуждения спектров использовался He-Ne лазер с длиной волны 632,8 нм. Свет лазера предварительно селектировался интерференционным фильтром. Исследование проводилось при комнатной температуре. Спектры различных образцов были идентичны друг другу, что позволяет сделать заключение о воспроизводимости технологии получения материала. Результаты рамановского исследования показывают, что стадия комбинированного механохимического воздействия приводит к появлению дисперсной фракции графеноподобных кластеров – чешуек со средней толщиной порядка 5 углеродных слоев.

Как показали исследования, полученный материал, несмотря на значительное увеличение в объеме (около 1000 раз), обладает низкой сорбционной емкостью по азоту. Измеренная площадь поверхности по BET методу (Brunauer-Emmet-Teller method) составляет всего 12–15 м²/г, что свидетельствует о низкой пористости его поверхности. Расчетная площадь поверхности 1 г вспененного графита с толщиной 10 нм должна составлять около 800 м², что позволяет его использовать в качестве наполнителя для фильтров при очистке питьевой воды.

Возможной областью применения графенов и вспененного графита является использование их в качестве наполнителя для полимерных материалов. На основании работы «Графен: методы получения и физические свойства» [5] нами установлено, что введение графена в полистирол неожиданно меняет его свойства, при этом поперечная теплопроводность образца снижается. Даже при низком содержании такого наполнителя (от 1 до 2,5 %) в полимерной композиции происходит резкое увеличение поверхностной электрической проводимости, что позволит создавать антистатические полимерные пленки, которые не слипаются и не сорбируют на поверхности порошки и пыль, например при изготовлении солнечных батарей.

Интеркалированный графит и его применение в средствах пожаротушения

В настоящее время интеркалированный графит получают путем обработки природного графита сильными окислителями. При нагревании такого материала свыше 300 – 500 °С происходит разрыв межслоевых связей и наблюдается эффект вспенивания графита. Объем графита при этом увеличивается от 100 до 1000 раз. При совмещении такого наполнителя

с полимерами и резинами получают композиции, которые при нагревании также увеличивают свой объем. Этот эффект используют при изготовлении негорючих и самозатухающих покрытий, полимерных уплотнителей в дверях и окнах зданий, для изготовления муфт при прокладке проводов и кабелей между помещениями.

При прохождении огня через муфту резина терморасширяется, материал перекрывает проходное отверстие, препятствуя тем самым проникновению огня на следующий этаж. Температура срабатывания противопожарной муфты – 170–200 °С. Время срабатывания противопожарной муфты – 2–5 мин. Начало срабатывания противопожарной муфты – на 15-й секунде (защищено патентом [6]) (рис. 3).

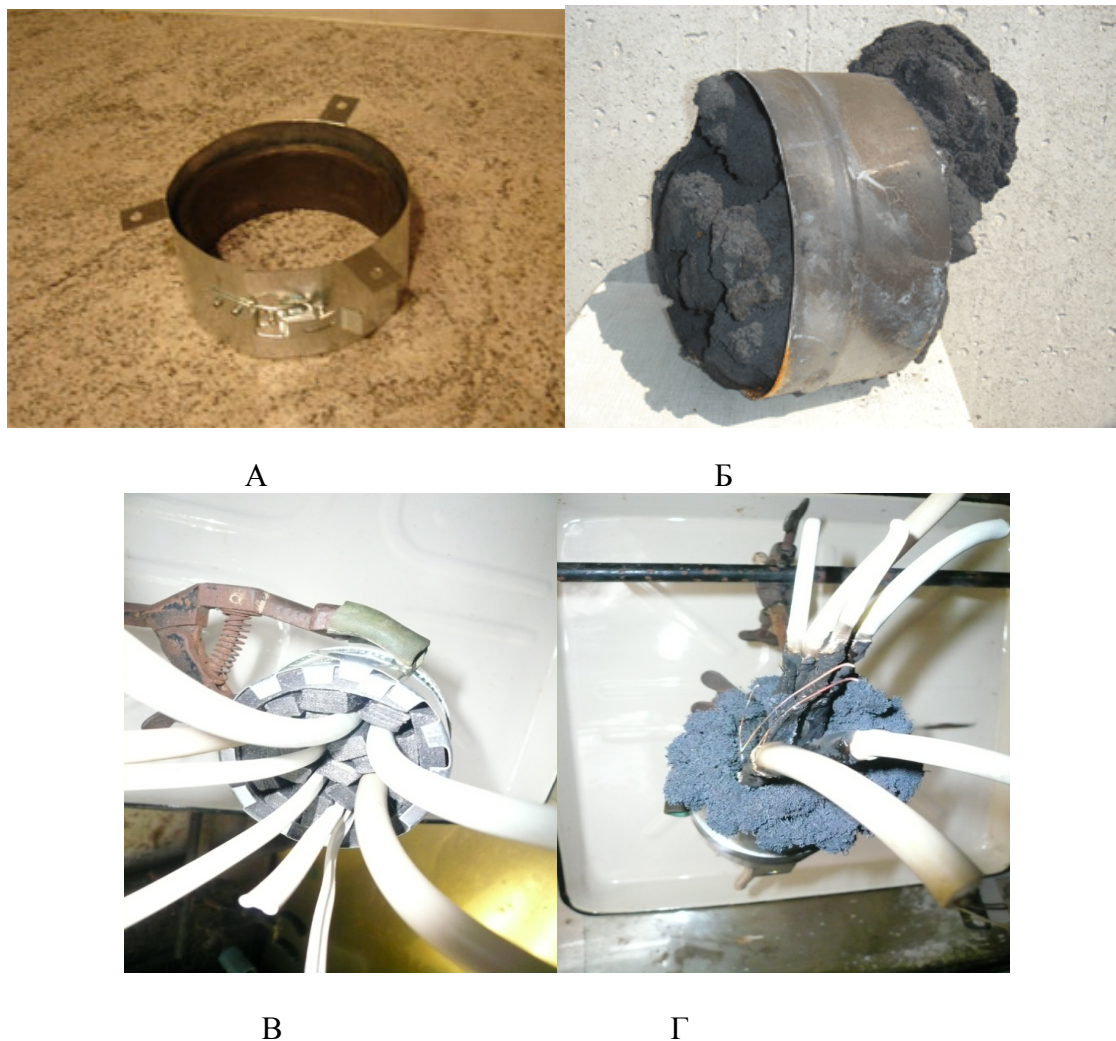


Рис. 3. Противопожарная муфта в исходном состоянии (А, В); после срабатывания (Б, Г)

Оценка ресурса работы магистрального фильтра

ОАО «Водотеплоснаб» (г. Всеволожск), в течение 1,5 лет проверяло воду по основным показателям до и после магистрального фильтра на основе вспененного графита «Геракл», установленного в школе № 1 г. Всеволожска. Расход воды составлял не менее 1 м³ в сутки. На основании протоколов результатов лабораторных исследований были построены графики зависимости показателей анализа воды от продолжительности эксплуатации фильтра, которые представлены на рис. 4–8. По показателю «Цветность» фильтрованная вода приблизилась к допустимому пределу 20 град. только через год работы фильтра.

По показателю «Мутность» срок работы фильтра составил не менее 460 сут. Норма «Окисляемость» выдерживалась на допустимом уровне немного меньше года (340 сут). Норма «Содержание ионов железа» так и не была превышена в течение всего срока испытаний – 583 сут, несмотря на большие скачки этого показателя для исходной воды в 1,5–3 раза выше нормы. Общее микробное число колоний в 1 мл исходной воды было достаточно низким и находилось на уровне от 0 до 3, за исключением весеннего выброса до 24. Этот показатель для фильтрованной воды был всегда стабильно низким в течение всего срока эксперимента и даже в дни выброса по этому параметру.

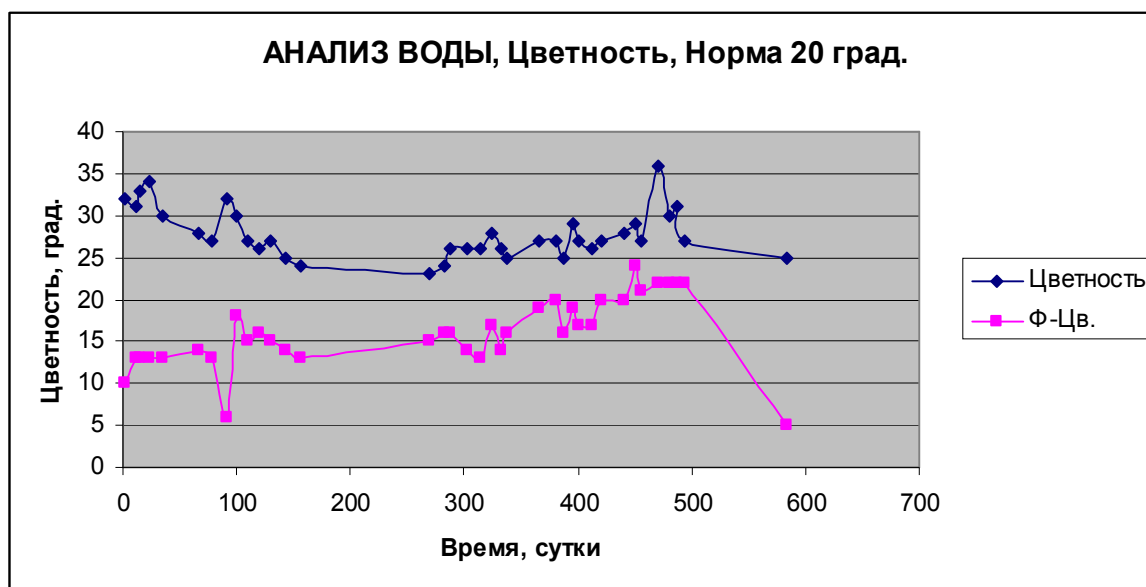


Рис. 4. Анализ воды «до» и «после» фильтра, «цветность»

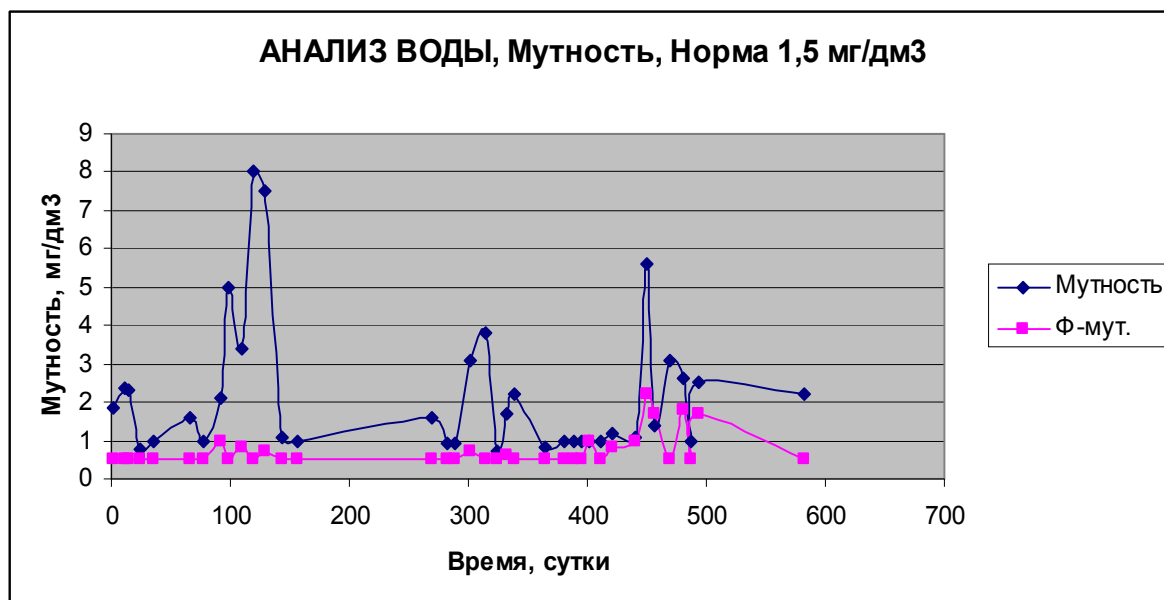


Рис. 5. Анализ воды «до» и «после» фильтра, «мутность»

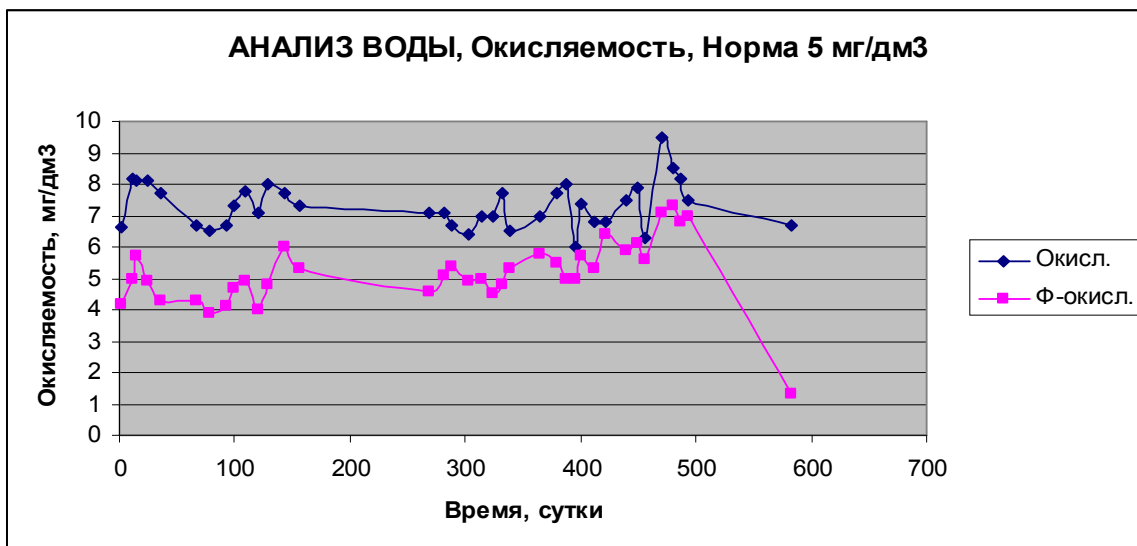


Рис. 6. Анализ воды «до» и «после» фильтра, «окисляемость»

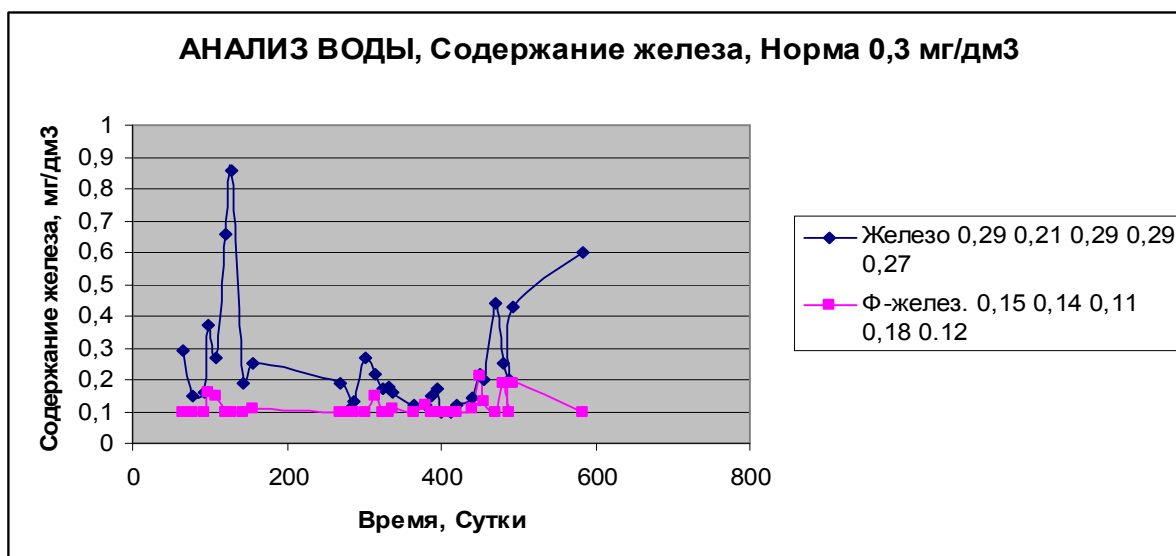


Рис. 7. Анализ воды «до» и «после» фильтра, «содержание железа»

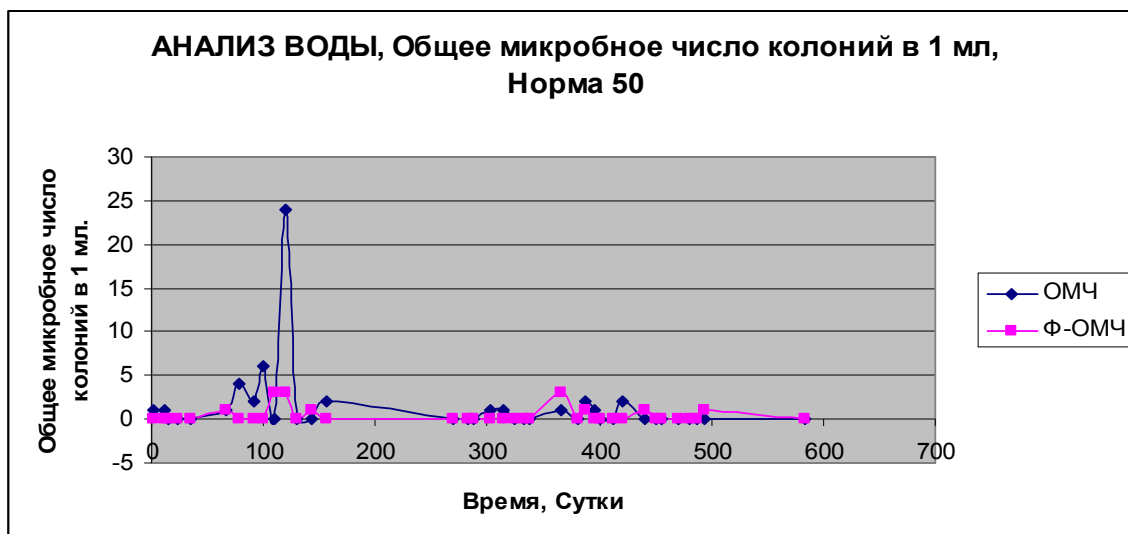


Рис. 8. Анализ воды «до» и «после» фильтра, «общее микробное число»

Рекомендованные области применения вспененного графита:

- обезвреживание токсичных отходов и деструкция боевых отравляющих веществ;
- высококачественная очистка питьевой воды;
- локализация и тушение пожаров токсичных и горючих жидкостей на суше и водной поверхности;
- ликвидация аварийных проливов нефти и нефтепродуктов на суше и водной поверхности, соответствующая рекультивация грунтов;
- создание медицинских препаратов;
- удаление из табачного дыма полиароматических углеводородов, которые являются сильнейшими канцерогенами;
- влагоудержание в песчаных и солонцовых почвах;
- тепловая и антикоррозийная защита тепловых магистралей и котлового оборудования;
- очистка сточных вод;
- графитовые фланцевые уплотнения для герметизации арматуры, трубопроводов, теплообменников, компрессоров и другого технологического оборудования.

Материалы вспененного графита легко регенерируются и не требуют утилизации в обычном понимании, поскольку после многократного использования могут прессоваться в брикеты и сжигаться как высококалорийное топливо, соответствующее по теплотворной способности лучшим образцам каменного угля.

Литература

1. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // Nat Mater. 2007. N. 6 (3). P. 183–191.
2. Geim A.K., Novoselov K.S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // Science. 2004. Vol. 306. N. 5696. P. 666.
3. Фиалков А.С. Углерод. Межслоевые соединения и композиции на его основе. М.: Аспект Пресс, 1997. 718 с.
4. Способ получения вспененного графита: пат. 2377177 Рос. Федерация: C01B 31/04 / Е.В. Москалев, А.Ф. Кудряшов, О.А. Калабеков. № 2007143456/15; заявл. 19.11.07; опубл. 27.12.09, Бюл. № 42.
5. Елецкий А.В., Искандарова И.М., Книжник А.А. Графен: методы получения и физические свойства // Успехи физических наук. 2011. Т. 181. № 3. С. 233–269.
6. Огнезащитная полимерная композиция: пат. 2425086 Рос. Федерация: C09K 21/14 / Е.В. Москалев, Е.В. Раскин. № 2010108094/05; заявл. 04.03.10; опубл. 27.07.11, Бюл. № 21.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГОРЮЧИХ ПАРОВ В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А.Н. Емельянова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.А. Жданова.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

А.В. Иванов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Углеродные наночастицы способствуют изменению скорости испарения паров, что, в свою очередь, приводит к повышению температуры вспышки.

Ключевые слова: горючие пары, температура вспышки, углеродные наночастицы, горючие жидкости

MODELLING DISTRIBUTION CONCENTRATION COMBUSTIBLE VAPOURS IN THE FREE VOLUME OF TECHNOLOGICAL DEVICES

A.N. Emelyanova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Zhdanova.

Saint-Petersburg state technological institute (technical university).

A.V. Ivanov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The flash point of kerosene raises by a large amount with the small concentration of carbon nanotubes. The impact of variable frequency-modulated capacity is prevents the formation agglomerations nanoparticles.

Keywords: combustible couples, flash temperature, carbon nanotubes, combustible liquids

На объектах нефтепромышленности обращаются разнообразны по физико-химическим и пожароопасным свойствам горючие вещества. Испарение горючих жидкостей во внутреннем пространстве аппаратов, трубопроводов может послужить причиной возникновения пожара.

24 мая 2013 г., в 21.08, произошло возгорание паров реакционной смеси в цехе № 50 ОАО «Химпром» в г. Новочебоксарске. Производство продукции в цехе № 50 прекращено, технологическая установка остановлена.

13 ноября 2012 г. на нефтебазе г. Красноярска воспламенились пары бензина в результате разгерметизации одного из резервуаров емкостью 3 тыс. кубометров, в котором находилось около 40 т легковоспламеняющейся жидкости. Возгорание локализовано, угроза распространения пожара предотвращена [1].

Испарение представляет собой переход вещества из жидкого состояния в газообразное (пар), происходящее со свободной поверхности жидкости. Кинетическая энергия молекул вещества при этом превышает потенциальную энергию их связи с остальными частицами вещества. Испарение жидкости происходит при любой температуре и с любой площади поверхности. Разные вещества имеют разные плотности.

Под испаряемостью обычно подразумевается совокупность физических параметров горючей жидкости, обуславливающих скорость испарения, тепловые эффекты при испарении, условия равновесного испарения, которые влияют на образование паровоздушной смеси.

Характерной особенностью практически всех легковоспламеняющихся и горючих жидкостей является способность их к испарению при любых условиях. Над поверхностью горючей жидкости всегда находятся их пары, которые, смешиваясь с воздухом, могут образовывать взрывоопасные смеси. При таком состоянии жидкости возможна только вспышка паров или вспышка паров и возникновение устойчивого горения самой жидкости [2]. Установлено, что с повышением температуры скорость испарения жидкости возрастает, так как возрастает средняя кинетическая энергия ее молекул. Скорость испарения жидкости зависит от рода вещества, от площади поверхности испарения, от температуры жидкости, от скорости удаления паров с поверхности жидкости.

Горючесть паровоздушной смеси определяется соотношением паров жидкости и окислителя. Концентрация насыщения паров ϕ_s определяется свойствами жидкости

и температурой. С повышением температуры концентрация насыщенных паров φ_s возрастает по экспоненциальному закону. Парциальное давление насыщенного пара пропорционально температуре жидкости.

Зависимость $\varphi_s = f(T)$ определяется через уравнение Антуана:

$$\lg P_s = A - \frac{B}{C_A + t},$$

где A , B , C_A – константы Антуана (даются в справочнике под редакцией А.Н. Баратова), приведенные к давлению в кПа [3]; P_s – парциальное давление насыщенных паров, кПа; t – температура жидкости, °C.

Зависимость показывает, что парциальное давление насыщенного пара пропорционально температуре жидкости.

Зная давление насыщенного пара жидкости, можно рассчитать скорость ее испарения W по формуле [4]:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s, \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

где η – коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости и скорость воздушного потока над ее поверхностью; M – молярная масса жидкости (вещества), г/моль; P_s – давление насыщенного пара, кПа.

Концентрация паров жидкости φ_s , при которой паровоздушная смесь становится способной к воспламенению, определяется через парциальное давление паров жидкости P_s :

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p},$$

где P_p – рабочее давление в технологическом аппарате, кПа (при атмосферном давлении $P_p = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$).

Таким образом, при нагревании жидкости можно определить такую температуру, при которой над ее поверхностью концентрация паров будет равной нижнему концентрационному пределу распространения пламени, то есть паровоздушная смесь становится способной к воспламенению от постороннего источника зажигания. При этой температуре сгорают только пары, а сама горячая жидкость не загорается [5]. Эту температуру называют температурой вспышки.

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает [6].

Для повышения температуры вспышки представляется возможным использование углеродных наночастиц, например, углеродных нанотрубок [7].

Нанотрубки обладают низким поверхностным натяжением, малыми размерами, (меняющиеся в различных пределах, в зависимости от условий синтеза), электропроводностью, механической прочностью и химической стабильностью, высокими эмиссионными характеристиками, высокой химической стабильностью при существующей пористости и способностью присоединять к себе различные химические радикалы [8].

При заполнении углеродных нанотрубок материалами различной природы возникают капиллярные явления. Особенности этих явлений были проанализированы детальным образом. В результате этого анализа выявилась связь между величиной поверхностного

натяжения материала и возможностью его капиллярного втягивания внутрь углеродной нанотрубки.

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России проводились исследования влияния углеродных наночастиц (УНТ) на температуру вспышки керосина, растворителя и этанола. Растворение УНТ в керосине проводилось с помощью генератора ультразвука с частотой 100 кГц.

Проведенные исследования показали, что использование УНТ дает значимый эффект для увеличения температуры вспышки, а также для регулирования скорости прогрева легковоспламеняющихся и горючих жидкостей [9]. Такой эффект может быть объяснен изменением скорости испарения жидкости. Показано, что с увеличением концентрации УНТ теплопроводность жидкости возрастает (рис. 1).

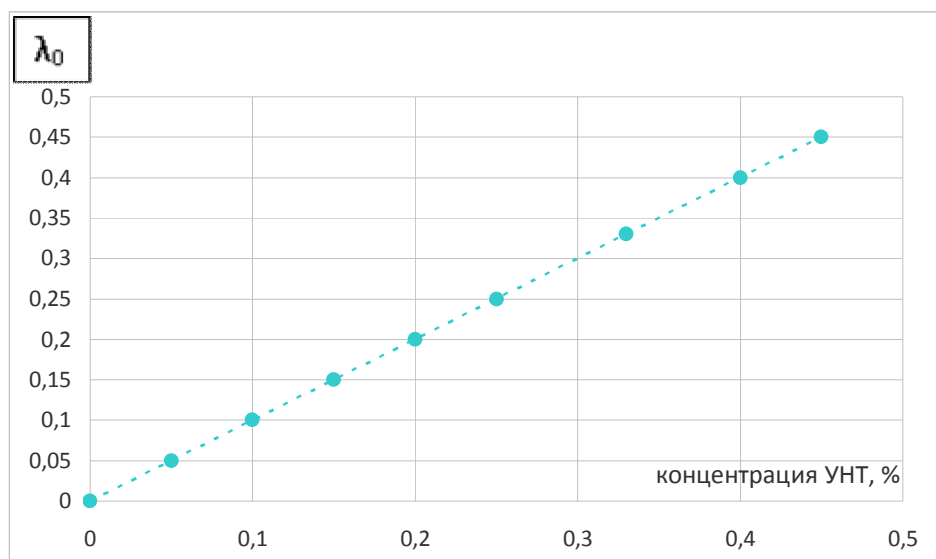


Рис. 1. Изменение теплопроводности жидкости, модифицированной углеродными наночастицами

Предположительно, общее количество теплоты, выделяемое на нагрев жидкости, будет распределено на нагрев стенок оборудования и нагрев жидкости (рис. 2).

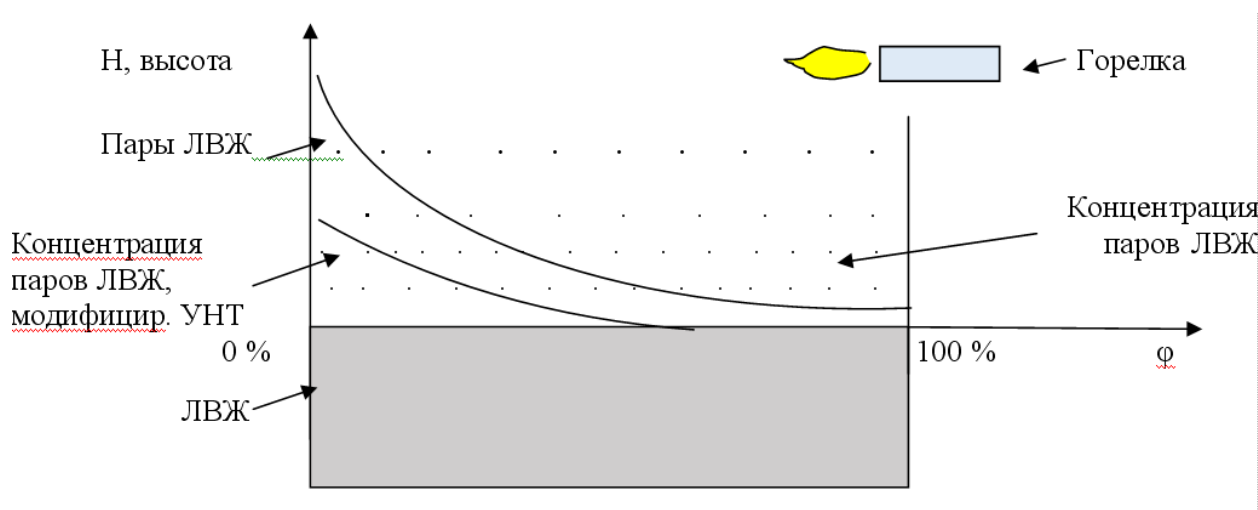


Рис. 2. Модель образования взрывоопасной смеси в свободном объеме технологических аппаратов

Вследствие изменения теплопроводности для нагрева жидкости потребуется большее количество теплоты и больше времени для нагрева. Исходя из этого, можно говорить о возможности снижения скорости испарения жидкости путем модификации углеродными нанотрубками. В результате концентрация паров над поверхностью жидкости достигнет предельного значения в течение продолжительного периода.

Литература

1. Пожар на нефтебазе под Красноярском произошел из-за разгерметизации резервуара // РИА Новости – Сибирский округ. URL: <http://sibir.ria.ru/incidents/20121113/82293507.html> (дата обращения: 14.01.2014).
2. Пожарная безопасность технологических процессов: учеб. пособие / О.А. Хорошилов [и др.]; под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012. 300 с.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: в 2 кн. / А.Н. Баратов [и др.]. М.: Химия, 1990.
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 12.01.2014).
5. Клубань В.С., Петров А.Л., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса: учеб. М.: Стройиздат, 1987. 477 с.
6. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения // StandartGOST.ru – открытая база ГОСТов. URL: <http://standartgost.ru> (дата обращения: 12.01.2014).
7. Das S.K., Choi S.U.S., Yu W., Pradeep T. Nanofluids: Science and Technology. Wiley-Interscience, 2008. 416 с.
8. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // Успехи физических наук. 2002. Т. 172. № 4. С. 401.
9. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Емельянова А.Н. Исследование влияния углеродных нанотрубок на температуру вспышки керосина в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 53–57.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО ПОТЕНЦИАЛА НА СКОРОСТЬ ИСТЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

**А.В. Иванов, кандидат технических наук;
Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;
М.А. Симонова, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведены результаты исследования скорости истечения углеводородов в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала. Показано, что в условиях воздействия переменного электрического поля происходит изменение динамической вязкости жидкости.

Ключевые слова: углеводородные жидкости, переменный частотно-модулированный потенциал, динамическая вязкость

STUDY OF THE EFFECTS OF VARIABLE FREQUENCY MODULATED POTENTIAL ON THE EXHAUST VELOCITY OF HYDROCARBON LIQUIDS

A.V. Ivanov; G.K. Ivakhnyuk; M.A. Simonova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The results of research flow rate of hydrocarbons under conditions of variable frequency-modulated potential. A justification is given that under an alternating electric field changes the dynamic viscosity of the fluid.

Keywords: liquid hydrocarbon, a frequency-modulated alternating potential dynamic viscosity

Технические мероприятия по предотвращению взрывов и пожаров на объектах хранения и транспортировки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (ЛВЖ и ГЖ) направлены на предотвращение образования горючей среды и источников зажигания. Данные решения отражены в ряде нормативных документов и используются при проектировании и производстве технологического оборудования химической и нефтехимической промышленности [1]. Вместе с тем, в условиях одновременного роста объемов производства и повышения требований к обеспечению промышленной безопасности, возникает необходимость модернизации действующего технологического оборудования.

Существуют различные технические и технологические решения, позволяющие снизить вероятность возникновения горючей среды и источников зажигания в действующих технологических аппаратах, однако их применение может быть ограничено значительными затратами на переоснащение и усложнением технологического процесса.

В работе М.А. Симоновой «Электрофизический способ снижения пожарной опасности хранения и транспортировки углеводородных топлив» [2] приведены решения, позволяющие снизить интенсивность образования горючей среды углеводородных жидкостей, а также возможность возникновения разрядов статического электричества при помощи воздействия переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП) [3]. В ходе исследования показано, что в результате воздействия ПЧМП скорость испарения снижается на 20–30 % (рис. 1), а величина напряженности электрических полей – в 1,2–8 раз (рис. 2). Эффект объясняется явлением поляризации и перераспределением величин дипольного момента в условиях воздействия электрического поля [4].

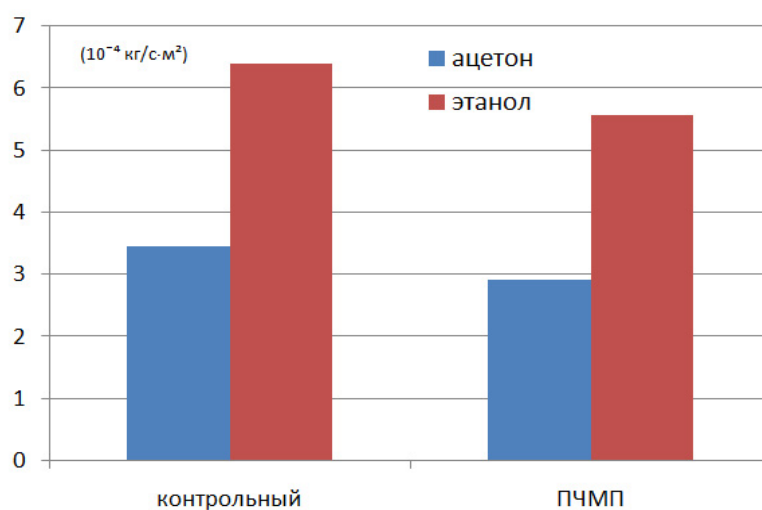


Рис. 1. Интенсивность испарения жидкостей при истечении жидкостей в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала

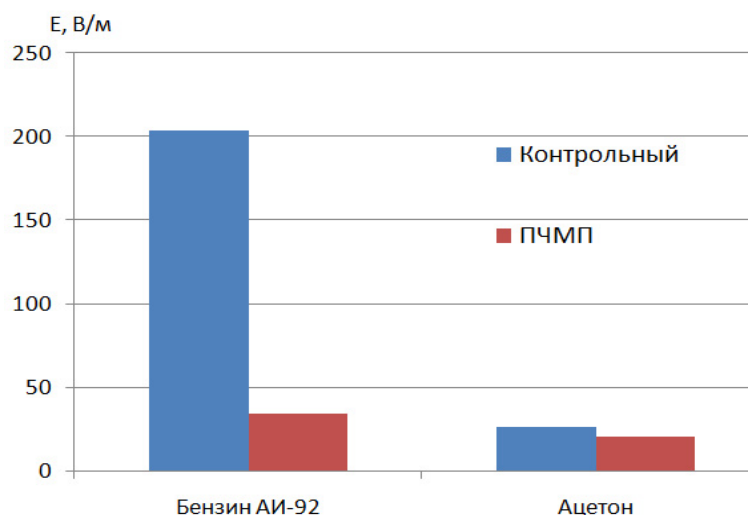


Рис. 2. Величина напряженности электрического поля при истечении жидкостей в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала

Задачей настоящего исследования было оценить влияние ПЧМП на скорость истечения жидкостей и обосновать возможность управления свойствами ЛВЖ и ГЖ при обеспечении взрывобезопасности на объектах хранения и транспорта углеводородов.

В ходе эксперимента проводилось измерение времени истечения керосина авиационного ТС-1 [5], уайт-спирита [6], бензина АИ-92 [7], дизельного топлива [8]. Жидкости в течение 30 мин подвергались воздействию ПЧМП, а затем проводился слив жидкости в сборную емкость через внутреннюю цилиндрическую насадку с фиксацией времени окончания эксперимента. Принципиальная схема установки представлена на рис. 3.

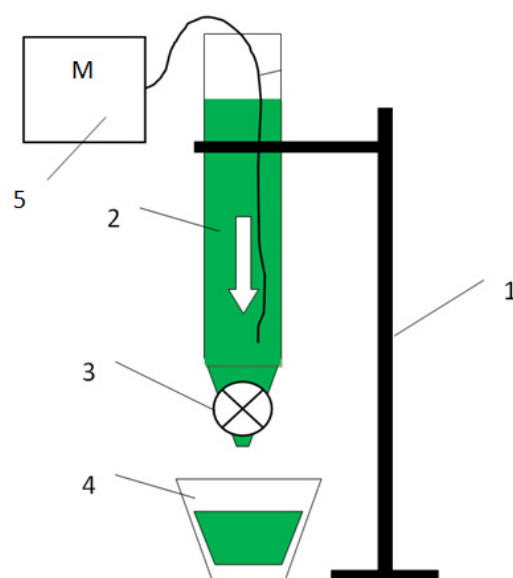


Рис. 3. Схема лабораторной установки по измерению времени истечения жидкости в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала:

1 – штатив; 2 – емкость с жидкостью (0,5 л); 3 – запорный кран с цилиндрической насадкой; 4 – сборная емкость; 5 – генератор переменного частотно-модулированного потенциала

В ходе экспериментов выявлено, что время истечения жидкостей возрастает в среднем на 8–12 % (рис. 4).

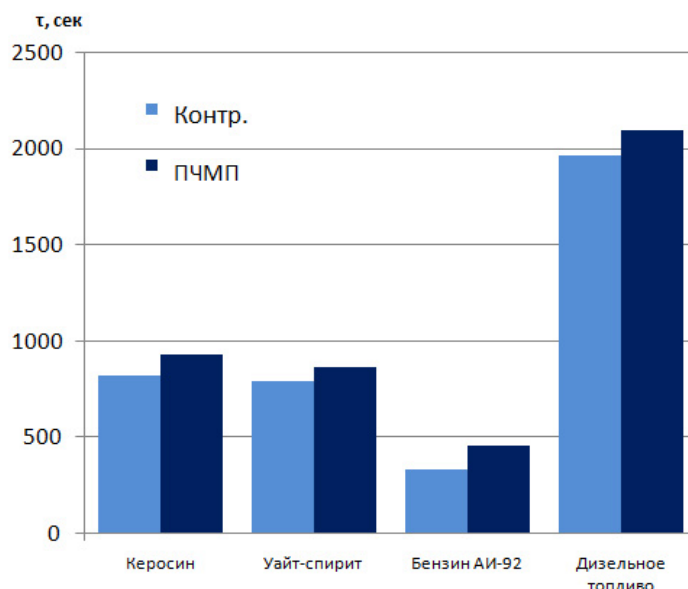


Рис. 4. Время истечения жидкостей в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала

Для описания процесса истечения жидкости при условии постоянного напора в трубке радиуса r и длиной l для определения объемной скорости течения ω можно использовать формулу Пуазейля [9]:

$$\omega = \frac{\pi r^4 P}{8 \ell \eta} = K \frac{P}{\eta}.$$

где η – коэффициент динамической вязкости, P – разность давлений на концах трубки, K – постоянная для экспериментов величина.

Таким образом, наблюдаемый эффект увеличения времени истечения жидкостей можно объяснить изменением величины динамической вязкости.

Известно, что при воздействии электрических полей происходит поляризация жидкости, что связано с изменением молекулярной структуры вещества и ориентации молекул вдоль его силовых линий [10].

В работе «Динамическая вязкость жидкостей в электрических полях» [11] отмечено, что воздействие электрических полей приводит к увеличению коэффициента динамической вязкости органических жидкостей. Данный эффект зависит от величины дипольного момента молекул вещества и напряженности электрического поля.

Величину динамической вязкости при воздействии электрических полей можно представить в виде:

$$\eta = \frac{kN}{V_{\text{мол}}} \exp \left[\bar{z}_{\text{эф}} \cdot \varepsilon_N^n - T \Delta S \right],$$

где $\bar{z}_{\eta e} \cdot \overline{\epsilon_N}^n$ – величина, отражающая связь вязкости с энергией коллективного взаимодействия; ΔS – изменение энтропии в электрическом поле; $V_{\text{мол}}$ – молярная масса вещества; h – толщина капилляра.

На основании вышеизложенного можно сделать предположение, что в электрическом поле происходит формирование надмолекулярных структур в жидкости $\bar{z}_{\eta e} > \bar{z}_1$, которые характеризуются средним числом молекул жидкости. Эти ассоциаты со средним числом молекул $\bar{z}_{\eta e}$ можно рассматривать как кинетические единицы (макромолекулы) при вязком течении жидкости в условиях воздействия электрического поля. Таким образом, возрастание коэффициентов динамической вязкости в электрическом поле объясняется изменением надмолекулярной структуры жидкости [11].

Таким образом, в ходе исследования по оценке влияния переменного частотно-модулированного потенциала на скорость истечения углеводородных жидкостей выявлено, что в условиях воздействия переменного электрического поля возможно снижение скорости движения жидкости за счет изменения величины динамической вязкости, обусловленной процессами реструктуризации в надмолекулярной структуре жидкостей. Данный эффект может быть использован при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процессов слива-налива и транспортировки углеводородных жидкостей.

Литература:

1. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 02.03.2014).
2. Симонова М.А. Электрофизический способ снижения пожарной опасности хранения и транспортировки углеводородных топлив: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2011.
3. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз: пат. 2479005 Рос. Федерация: МПК G05B24/02 H03B28/00; заявитель и патентообладатель Ивахнюк Г.К., Матюхин В.Н., Клачков В.А., Шевченко А.О.; опубл. 10.04.13. FREEPATENT: патентный поиск в РФ. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2479005>.
4. Lu Hsiu-Feng, Li F.-Y., Lin Chun-Chin, Nagaya K., Chao Ito, Lin S.H. The fragmentation of ethanol cation under an electric field: An ab initio / RRKM study. Chemical Physics Letters. Vol. 443. 2007.
5. ГОСТ 10227–86. Топлива для реактивных двигателей.
6. ГОСТ 3134–78. Уайт-спирит.
7. ГОСТ Р 51866 – 2002. Бензин автомобильный АИ–92 // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 21.02.2014).
8. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 21.02.2014).
9. Путилова И.Н. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии. М.: Высшая школа, 1961.
10. Путинцев Н.М., Путинцев Д.Н. Классическая теория поляризации молекулярных систем. М. Физматлит. 2011.
11. Динамическая вязкость жидкостей в электрических полях / Б.В. Савиных [и др.] // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. № 10.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КР-СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК С РЕГУЛИРУЕМЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

Р.А. Мынзул;

А.В. Иванов, кандидат технических наук;

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведены исследования свойств термопластичных смазочных веществ, модифицированных углеродными наноструктурами. Дано обоснование увеличения температуры каплепадения и возможности создания экспресс-методики оценки структуры термопластичных смазок.

Ключевые слова: термопластичные смазки, углеводородные наноструктуры, КР-спектроскопия, температура каплепадения

APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY IN THE STUDY OF THERMOPLASTIC LUBRICANTS WITH ADJUSTABLE NANOSTRUCTURES

R.A. Mynzul; A.V. Ivanov; I.L. Skrypnyk.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The study of the properties of thermoplastic lubricants, modified carbon nanostructures. Provide a rationale for increasing the temperature dropping and the possibility of establishing a rapid assessment methodology structure thermoplastic lubricants.

Keywords: thermoplastic grease, hydrocarbon nanostructures, Raman spectroscopy, temperature dropping

Тепловое превращение механической энергии при перегреве подшипников и других узлов трения, буксировке ремней элеваторов и транспортных лент, трении солоистой массы на валах комбайнов, ударах подвижных о неподвижные элементы технологического процесса часто приводит к возникновению пожаров и взрывов.

8 февраля 2011 г. в цехе Челябинского электрометаллургического комбината произошел пожар. Горело в цехе № 1, общая площадь пожара составила 80 м². По уточненным данным, загорелась конвейерная лента подъемника руды. Причиной возгорания стало то, что заклинило ролик на ленте, и из-за трения образовался пожар. Обошлось без пострадавших.

В ночь с 14 на 15 декабря 2013 г. случился пожар на шахте им. Дзержинского ООО «Ровенькиантрацит» в г. Ровеньки Луганской области. Пожар ликвидировали подразделения военизированной горноспасательной службы, а работу шахты временно приостановили. По предварительным данным, около двух часов ночи загорелась транспортерная лента, по которой уголь из забоя доставляется к месту подъема. Пожар произошел из-за нагрева ленты от проскальзывания, такие возгорания бывают часто, но в этот раз аварию заметили поздно. Обошлось без пострадавших: 182 шахтера, работавшие в ночную смену, самостоятельно поднялись на поверхность.

7 июля 2002 г. на шахте «Украина», г. Украинск, Донецкая область, произошел пожар. В результате аварии 35 горняков погибло, 49 получили отравление. Непосредственной причиной пожара, как потом выяснила комиссия, стало «интенсивное функциональное трение конвейерной ленты о заторможенный концевой барабан». Согласно заключению комиссии, причиной гибели людей стали «неправильные действия должностных лиц шахты, ответственных за ликвидацию аварий, выразившиеся в отступлении от действующего плана

ликвидации аварии в части вывода людей из шахты». По факту трагедии было возбуждено уголовное дело.

Согласно ГОСТ 12.1.004–91 источником зажигания является энергетическое воздействие, способствующее возгоранию. Для возникновения горения необходимы два условия: горючая среда и источник зажигания [1].

Способы зажигания горючих материалов за счет превращения механической энергии в тепловую являются общеизвестными. Однако количественное описание условий зажигания при тепловом превращении механической энергии представляет сложную задачу.

Детали, узлы и агрегаты технологических процессов работают в самых различных условиях. В процессе их работы под влиянием различных причин в сопряженных деталях и узлах появляются разного рода износы и разрушения, нарушающие их нормальную работу. Износы в сопряженных деталях появляются в основном в результате процесса трения. Под влиянием трения изнашиваются трущиеся поверхности деталей, и в их сопряжениях появляются недопустимые зазоры, то есть нарушаются определенные технические условия. Нарушение нормальных условий работы деталей и узлов приводит к необходимости их ремонта.

Трение представляет собой сопротивление, которое возникает при взаимном перемещении соприкасающихся тел. При совершении механической работы по определению сил трения скорость тепловыделения определяется не совершенной работой и не затраченной энергией, а мощностью, с которой производится работа по преодолению силы трения.

Таким образом, для предотвращения возгорания и (или) разрушения технологического процесса необходимо предотвратить трение в узлах интенсивного трения при помощи пластичных смазочных материалов [2].

Пластичные смазочные материалы используются для уменьшения износа поверхностей трения, продления срока эксплуатации элементов узлов и агрегатов в различных механизмах и машинах промышленного назначения. Пластичная смазка представляет собой смазочный материал, который в зависимости от нагрузки может проявлять свойства твердого тела или жидкости. При незначительных нагрузках смазки могут сохранять свою форму, не стекая с вертикальной поверхности и тем самым удерживаясь в негерметизированных узлах трения. При нагрузках, превышающих предел прочности пластичных смазок, они начинают деформироваться, приобретая свойства вязкой жидкости. При прекращении деформирования пластичные смазки вновь становятся твердыми. Эти уникальные свойства пластичных смазок позволяют снизить нагрузку на узлы трения и их износ.

Основой пластичной смазки является масло (нефтяное или синтетическое), занимающее 70–90 % от общей массы вещества. Именно от свойства масла зависят и свойства смазки. Пространственный каркас смазки образует загуститель. Его можно сравнить с поролоном, потому что он имеет ячейки, в которых и удерживается масло. От общей массы смазки загуститель занимает 8–20 %.

Пластичные смазки используют во многих сферах деятельности человека:

- в металлургической промышленности – для деталей и узлов вентиляторов, автоклавов, сушильных печей, воздуходувок и т.д. используют специальные высокотемпературные пластичные смазки, стойкие к давлению, ударным нагрузкам и обеспечивающие функциональную надежность в широком диапазоне температур;

- в горной промышленности существуют пластичные смазки, специально созданные для обработки деталей техники, работающей в тяжелых условиях; в этом случае данные смазки проявляют отличную водостойкость и защищают детали от коррозии и износа;

- в морской промышленности – для узлов и деталей водяной техники разработаны специальные смазки, которые проявляют 100-процентную стойкость к морской и пресной воде, обеспечивая хорошую защиту от коррозии.

Основное достоинство пластичных смазок – их уникальная способность удерживаться на поверхности. Они не вытекают, не выдавливаются даже из негерметизированных узлов трения. Кроме этого, все консистентные современные смазочные материалы, по сравнению с маслами различного типа, имеют более широкий температурный диапазон применения. Именно благодаря использованию таких смазок появляется возможность значительно упростить общую конструкцию узлов трения и сократить их стоимость и металлоемкость. Важно отметить, что некоторые современные пластичные (консистентные) смазки обладают еще и уникальной герметизирующей способностью, а также отличными консервационными свойствами.

Пластичные смазки обладают такими показателями, как: содержание воды, механических примесей, коррозионное действие, внешний вид, температура каплепадения, пенетрация, вязкость, предел прочности, коллоидная стабильность.

Согласно ГОСТ 23258–78 пластичные смазки делятся на антифрикционные (снижение износа и трения сопряженных деталей), консервационные (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации), уплотнительные (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе и вакуумных систем) и канатные (предотвращение износа и коррозии стальных канатов) [3].

На кафедрах Пожарной безопасности технологических процессов и производств и Физики и теплотехники Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России проводились исследования характеристик пластичных смазок вазелина медицинского, пушечной смазки и солидола синтетического. При этом использовался метод комбинационного рассеивания света (далее КР-спектроскопия) на оборудовании нанолaborатории ИНТЕГРА-Спектра (рис. 1) [4–6].

Нанолaborатория ИНТЕГРА-Спектра – это исследовательская платформа, разработанная для проведения комплексных междисциплинарных экспериментов, в том числе при помощи КР-спектроскопии (рамановская спектроскопия).

КР-спектроскопия представляет собой неразрушающий метод анализа. При исследовании нет необходимости растворять твердые тела, прессовать таблетки, прижимать образец к оптическим элементам или иным образом менять физическую или химическую структуру образца. Таким образом, Рамановская спектроскопия широко используется для анализа таких физических свойств, как кристалличность, фазовые переходы и полиморфные состояния. Отсутствие пробоподготовки приводит к отсутствию необходимости очистки подложек и держателей, а также отсутствию перекрестного загрязнения [7].



Рис. 1. Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА:
1 – спектральный блок; 2 – аналитический блок

Для модификации термопластичных смазочных материалов использовались углеродные нанотрубки (УНТ). Углеродные нанотрубки представляют собой графитовую плоскость, состоящую из равных шестиугольников, на концах которых располагаются атомы углерода. Внешний вид нанотрубок представляет цилиндр, их длина может составлять до нескольких сантиметров, а диаметр от одного до нескольких десятков нанометров.

Модификация термопластичных смазочных материалов с углеводородными наноструктурами проводилась с помощью генератора ультразвука с частотой 100 кГц и применением устройства интенсификации ЭФМ (электрофизический метод управления), изготовленный на экспериментально-опытном заводе при Санкт-Петербургском Государственном технологическом институте (техническом университете), согласно ТУ 4218-001-56316494-2004. Устройство содержит средства физического воздействия на материал, представляющие собой прямое или косвенное приложение к среде электрического потенциала. Средства приложения электрического потенциала содержат источник переменного напряжения и выполнены с возможностью подачи потенциала непосредственно на материал через одиночный электрод или на емкость, в которой находится материал (рис. 2).

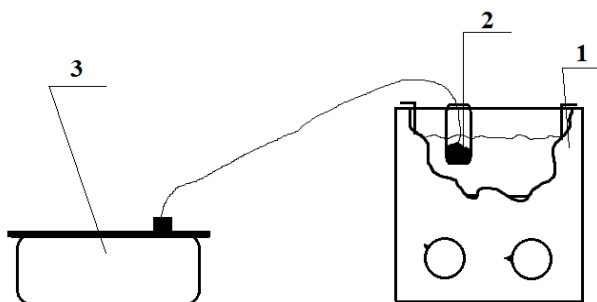


Рис. 2. Схема растворения углеродной нанотрубки в образце:

1 – ультразвуковая ванна с частотой 100 кГц;

2 – пробирка с образцом;

3 – устройство интенсификации

Для анализа изменения свойств термопластичных смазок использовали установку АКП-02, которая позволяет определить температуру каплепадения нефтепродуктов (пластичных смазок), падение первой капли при переходе продукта в жидкое состояние. Аппарат состоит из электронного и технологического блоков (рис. 3).

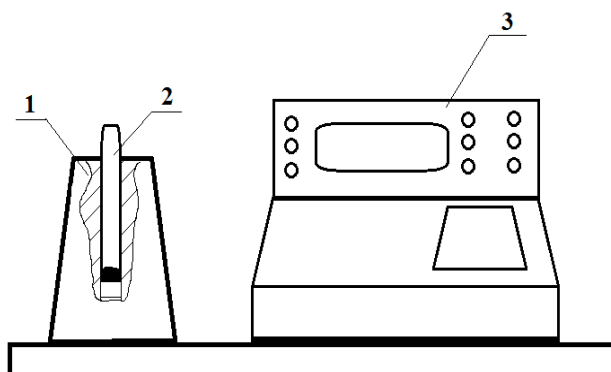


Рис. 3. Установка определения температуры каплепадения:

1 – технологический блок; 2 – пробирка с маслом; 3 – электронный блок

При помощи данной установки были получены значения температуры каплепадения для вазелина (рис. 4) и пушечной смазки (рис. 5).

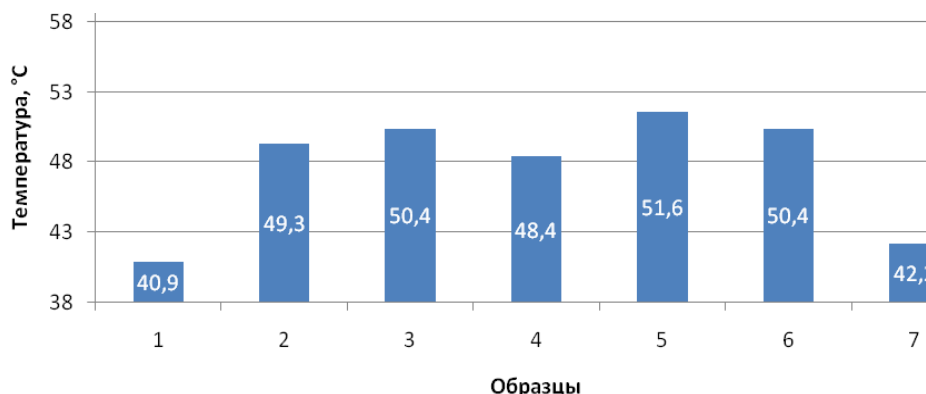


Рис. 4. Результаты температуры каплепадения вазелина:

- 1 – вазелин;
- 2 – вазелин, нагретый до 90 °С;
- 3 – вазелин, нагретый до 90 °С, обработанный ультразвуком с частотой 100 кГц;
- 4 – вазелин, нагретый до 90 °С с использованием электрофизического метода управления;
- 5 – вазелин, нагретый до 90 °С, обработанный ультразвуком с частотой 100 кГц и с углеводородными нанотрубками;
- 6 – вазелин, нагретый до 90 °С, обработанный ультразвуком с частотой 100 кГц, с углеводородными нанотрубками и с использованием электрофизического метода управления;
- 7 – вазелин, нагретый до 19,2 °С, обработанный ультразвуком с частотой 100 кГц

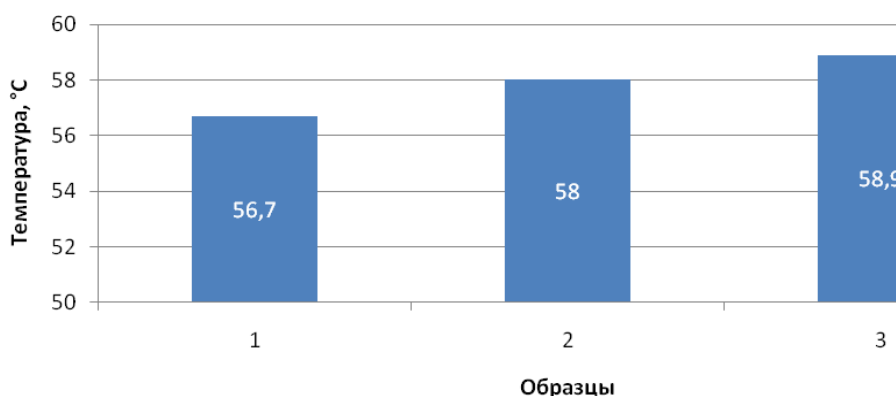


Рис. 5. Результаты температуры каплепадения пушечной смазки (ПВК):

- 1 – пушечная смазка, нагретая до 90 °С;
- 2 – пушечная смазка, нагретая до 90 °С, обработанная ультразвуком с частотой 100 кГц и с углеводородными нанотрубками;
- 3 – пушечная смазка, нагретая до 90 °С и обработанная ультразвуком с частотой 100 кГц, с углеводородными нанотрубками и с использованием электрофизического метода управления

При исследовании пластичных материалов методом КР-спектроскопии получили результаты, указанные на рис. 6 и 7.

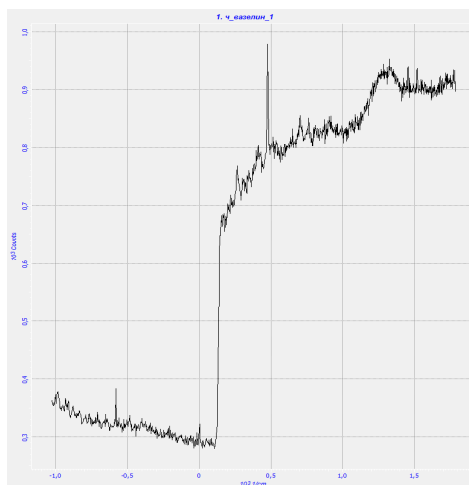


Рис. 6.
КР-спектр вазелина
(контрольное измерение)

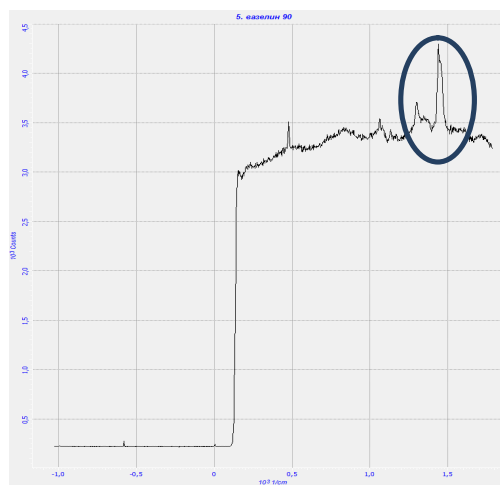


Рис. 7.
КР-спектр вазелина, нагретого до 90 °C
(нештатная работа узла трения)

Появление характеристических пиков позволяет сделать вывод об изменении структуры вещества, произошедшее вследствие термической деструкции смазки.

Также были проведены эксперименты с пушечной смазкой и солидолом. Их показатели мы видим на рис. 8 и 9. Спектры довольно схожи, но у каждого есть видимые изменения, и это позволяет нам говорить о том, что данные вещества могли изменить свой состав.

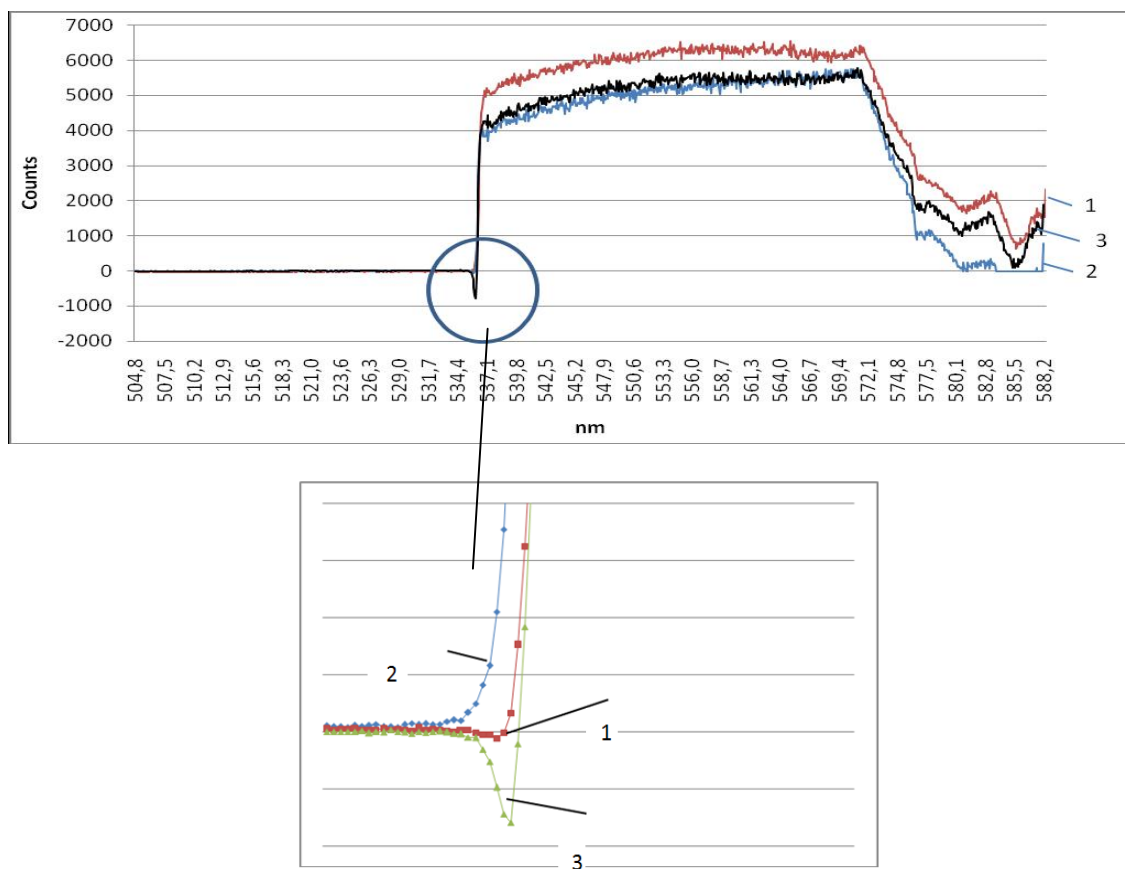


Рис. 8. КР-спектры пушечной смазки:
1 – пушечная смазка; 2 – пушечная смазка, нагретая до 90 °C и с использованием электрофизического метода управления; 3 – пушечная смазка, нагретая до 90 °C и обработанная ультразвуком с частотой 100 кГц с углеводородными нанотрубками

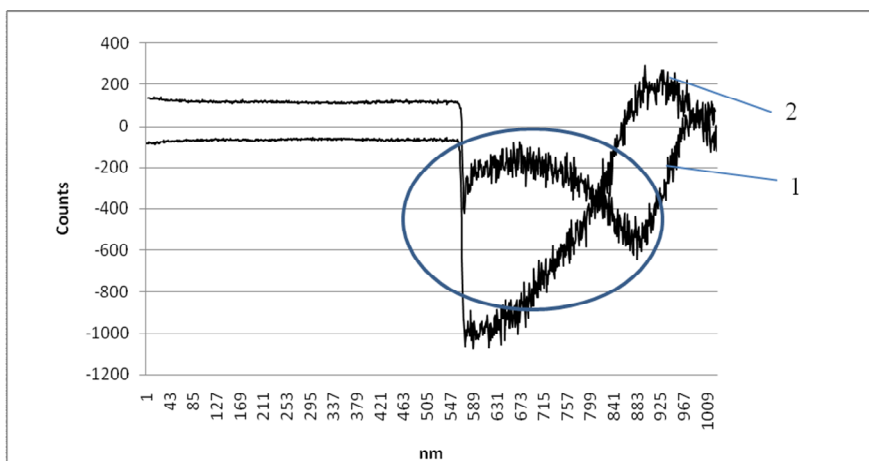


Рис. 9. КР-спектры солидола синтетического:
1 – солидол;
2 – солидол, нагретый выше температуры каплепадения (95,2 °С)

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- применение технологии модификации пластичных смазок УНТ в условиях воздействия импульсов высокой частоты показало незначительное увеличение температуры каплепадения вещества, сравнимое с применением электрофизического метода управления без углеводородных нанотрубок;

- при исследовании смазок методом КР-спектроскопии получены характеристические пики, свидетельствующие об изменении структуры вещества в результате значительного разогрева термопластичной смазки. Данный эффект позволяет говорить о возможности создания экспресс-методики оценки структуры термопластичных смазок в узлах трения, работающих во внештатных режимах.

Литература

1. ГОСТ 12.1.0004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 27.02.2014).
2. Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Демехин Ф.В. Физические модели горения в системе пожарной безопасности: монография / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. Политехн. ин-т, 2009. 348 с.
3. ГОСТ 23258-78 Смазки пластичные. Наименование и обозначение // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 27.02.2014).
4. ГОСТ 19537-83. Смазка пушечная. Технические условия // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 27.02.2014).
5. ГОСТ 3582-84. Вазелин медицинский. Технические условия // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 27.02.2014).
6. ГОСТ 4366-76. Смазка солидол синтетический. Технические условия // StandartGOST.ru: открытая база ГОСТов. URL: <http://www.standartgost.ru> (дата обращения: 27.02.2014).
7. Сущинский М.М. Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов. М.: Наука, 1969. 576 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНОГЕЛЕВЫХ СОСТАВОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ОГНЕТУШАЩИМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОБИРЖИ

А.В. Башаричев, кандидат технических наук;

Ш.Г. Гаджиев;

Р.Ю. Есев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Дано описание способа модификации наножидкостей в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала, приведены сведения об огнетушащих и теплозащитных свойствах гидрогелей на основе модифицированных наножидкостей, проведено моделирование пожара и защитных свойств гидрогелей.

Ключевые слова: наножидкости, гидрогели, переменный частотно-модулированный потенциал, огнетушащее вещество

THE USE OF AQUEOUS GEL FORMULATIONS WITH CONTROLLED NANOSCALE COMPONENTS FOR THE PURPOSE OF EXTINGUISHING FIRE ON THE EXAMPLE OF LOG STORAGE

A. V. Basharichev; Sh. G. Hajiyev; R. Yu. Esev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The description of a method for modifying nanofluids under conditions of variable frequency modulated potential, presents data about the fire extinguishing and heat-protective properties of hydrogels based on modified nanofluids, simulated fire and protective properties of hydrogels.

Keywords: nanofluids, hydrogels, variable frequency modulated potential, the extinguishing agent

В настоящее время наножидкости нашли свое применение во многих отраслях человеческой деятельности. Приведем доказательства, что они пригодны для нужд пожаротушения.

Ежегодно в России на объектах, связанных с переработкой и хранением древесины, регистрируется несколько тысяч пожаров, средний ущерб от пожаров на объектах лесной отрасли примерно в 3 раза превышает средний по стране. Наибольшую угрозу представляют пожары на складах лесоматериалов.

Пожары, происходящие на складах лесоматериалов, распространяются на большие площади (десятки гектаров), уничтожают большие запасы древесины, существенно подрывают сырьевую базу промышленности.

К открытым складам лесопиломатериалов предусмотрены требования, направленные на предотвращение распространения горения и ведение работ по тушению пожара. Открытые склады лесоматериалов предназначены для хранения запасов пиломатериалов, круглого леса, балансовой древесины, осмола, дров, щепы и опилок, они устраиваются на бетонированных, асфальтированных и грунтовых площадках. Крупные склады лесных материалов емкостью 10 тыс. и более м³ занимают площадь 100 га и более. Древесина на складах хранится в виде штабелей и куч. Щепу, опилки, кору и древесные отходы хранят в прямоугольных, круглых и кольцеобразных кучах высотой до 30 м, шириной (диаметром) куч не более 90 м.

Противопожарное водоснабжение. На открытых складах лесоматериалов емкостью более 10 тыс. плотных м³ предусматривается противопожарный водопровод высокого давления с кольцевой водопроводной сетью без тупиков, а на открытых складах лесоматериалов с емкостью до 10 тыс. плотных м³ допускается противопожарный водопровод низкого давления.

Штабели пиломатериалов складываются сушильно-реечным способом или в виде плотных транспортных пакетов. Высота штабелей, включая высоту подштабельного места и крышу штабеля, должна быть не более 12 м. Количество древесины в сушильно-реечном штабеле размерами 12х12х12 м – 350–450 плотных м³. Горючая нагрузка составляет 1 500–1 700 кг/м². Количество древесины в таком штабеле из транспортных пакетов составляет 1 300–1 500 плотных м³ и горючая нагрузка – 5 000–6 000 кг/м² (табл. 1) [1].

Таблица 1. Расстояния между кварталами групп штабелей в зависимости от высоты штабелей на открытых складах пиломатериалов

Высота штабелей, м	Расстояния между кварталами групп штабелей, м	
	пакетных	рядовых
до 7	35	50
от 7 до 10	40	60
от 10 до 12	50	70

Площадь группы штабелей круглых лесоматериалов не должна превышать 1,5 га, а ширина каждой группы – 70 м.

Группы штабелей в квартале отделяют между собой продольными и поперечными проездами шириной соответственно не менее 20 и 10 м. По указанным проездам должен быть обеспечен доступ пожарных машин.

Площадь квартала групп штабелей не должна превышать 4,5 га.

Расстояния между кварталами групп штабелей принимают не менее величин, приведенных в СНиПе 2.11.06-81 (табл. 2) [1].

Таблица 2. Расстояния между кварталами групп штабелей в зависимости от высоты штабелей на открытых складах круглых лесоматериалов

Высота штабелей, м	Расстояния между кварталами групп штабелей, м, при их суммарной площади, га		
	до 9	от 9 до 18	свыше 18
до 8	30	40	50
от 8 до 10	40	50	60
от 10 до 12	50	60	70

Развитию пожаров на открытых складах лесоматериалов до крупных размеров способствует:

- концентрация пожарной нагрузки в сотни тон на ограниченной площади;
- высокая скорость распространения горения по древесине;
- удаленность большинства открытых складов лесоматериалов от крупных гарнизонов пожарной охраны, слабая их оснащенность средствами обнаружения загорания;
- недостаточная эффективность применяемых огнетушащих веществ (в основном воды);
- невозможность создания в ограниченные сроки (5–7 мин) после возникновения пожара требуемых расходов огнетушащих веществ.

Пожары на складах лесных материалов имеют ряд характерных особенностей, наиболее существенными из них являются:

- большая скорость распространения фронта пламени по штабелям;
- мощное тепловое излучение от горящих штабелей;
- массовый разброс из конвективной колонки искр и головней и перенос их на большое расстояние;
- большая скорость притока свежего воздуха в зону горения.

Скорость распространения пламени зависит от влажности и вида складирования лесоматериалов, скорости ветра. Значения скорости распространения фронта пламени и времени полного охвата штабеля пламенем даны в зависимости от влажности древесины и скорости ветра (табл. 3) [2].

Таблица 3. **Линейная скорость распространения пламени на складах лесоматериалов**

Вид складирования	Влажность древесины, %	Скорость ветра, м/с	Линейная скорость распространения пламени, м/мин	Время полного охвата штабеля, мин
Штабель пиломатериалов размерами 6х6х12м	8–12	до 1	до 4,0	2–4
	15–20	1–2	до 1,5	2–4
	15–20	до 1	до 1,0	3–8
		2,5–3,5	до 2,5	–
	21–30	до 5	до 1,2	12–15
	более 30	до 5	до 1,0	20–30
Штабель круглого леса	10–18	до 1	0,35–0,7	–
		2–3	1,0–2,0	–
Куча щепы	20	до 3–4	до 2,7	–
	21–30	до 3–4	до 1,0	–

Расход воды на пожаротушение открытых складов лесоматериалов на один пожар следует принимать не менее величин, указанных в табл. 4.

Таблица 4. **Расход воды на пожаротушение открытых складов лесоматериалов на один пожар для различных видов и способов хранения лесоматериалов**

Вид и способ хранения лесоматериалов	Расход воды на пожаротушение, л/с, при емкости открытого склада, плотных м ³			
	до 10 000	от 10 000 до 100 000	от 100 000 до 500 000	свыше 500 000
Пиломатериалы в штабелях.	По СНиП, но не менее 45 л/с при емкости склада св. 5 000 плотных м ³			
– пакетные		90	120	150
– рядовые		120	150	180
Круглые лесоматериалы в штабелях	то же	90	120	150
Балансовая древесина, осмол и дрова в кучах	то же	150	180	240
Щепа и опилки в кучах	то же	90	120	150
Кора и древесные отходы в кучах	то же	60	90	120

При расходе воды на пожаротушение от 150 до 180 л/с противопожарный водопровод должен обеспечить одновременную работу трех, а при расходе от 180 л/с и более – четырех лафетных стволов одновременно.

На территории склада предусматривают пожарные резервуары или водоемы вместимостью не менее 500 м³.

При тушении пожара в условиях недостатка воды необходимо: принять меры к использованию других огнетушащих веществ; организовать подачу стволов на решающем направлении, обеспечив локализацию пожара на других участках путем разборки штабелей, куч, конструкций и создание необходимых разрывов.

Недостаток или отсутствие воды затрудняет проведение работ по тушению пожара, приводит к увеличению времени ликвидации горения, большим физическим нагрузкам на участников тушения, возрастанию материального ущерба от пожара [2].

Одним из путей решения проблемы предлагается использование для пожаротушения и тепловой защиты в качестве огнетушащего вещества (ОТВ) модифицированных водногелевых составов (гидрогелей) с регулируемыми наноструктурами. Гидрогели обладают рядом преимуществ перед традиционно используемой на пожаре водой – малой текучестью, способностью сохранять форму, прочностью и упругостью. Гидрогели характеризуются возможностью подачи на большие расстояния, что снижает риск поражения участников тушения, а также безопасностью для окружающей среды.

Гидрогели представляют собой структурированные гомогенные коллоидные системы, заполненные жидкостью, каркас которых образован частицами высокомолекулярных соединений. Мицеллы, представляющие собой ключевые частицы высокодисперсной коллоидных систем, при образовании гелей не разрушаются, а связываются между собой, образуя ячейки с водной средой [3].

Мицеллы как устойчивые и равновесные образования являются наноструктурами за счет своего уникального строения исключительно в виде малых форм и отсутствия макроскопических аналогов. Молекулы в мицеллах имеют способность перемещаться вдоль границ полярной и неполярной областей наночастиц (ограничение имеется при движении по нормали), что характеризует их как двумерно жидкие и одномерно твердые тела [4].

Данные свойства позволяют создавать наножидкости (НЖ) на основе гидрогелей с регулируемой наноструктурой.

При создании водногелевых составов с регулируемыми наноструктурами в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП) на структуру водногелевых составов возможна переориентация макромолекул огнетушащих компонентов вдоль силовых линий электрического поля, что позволяет изменять физические свойства гидрогелей [5, 6].

На кафедре организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ и кафедре пожарной безопасности технологических процессов и производств Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России проводились исследования для оценки эффективности применения модифицированных водногелевых составов (далее – гидрогелей) в качестве охлаждающего агента (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика огнетушащего вещества (ОТВ) на основе гидрогеля

№	Концентрация	Наличие поля	Время тушения, мин	Расход ОТВ, л
1	0 %	–	0,65	0,45
2	0,1 %	–	0,6333	0,38
3	0,1 %	+	0,5833	0,375
4	0,2 %	–	0,5333	0,35
5	0,2 %	+	0,35	0,3
6	0,25 %	–	0,2833	0,21
7	0,25 %	+	0,2167	0,16

В ходе тушения модельного очага пожара класса «А» были исследованы огнетушащие свойства модифицированных гидрогелей в сравнении с водой, традиционно используемой на пожаре в качестве огнетушащего и охлаждающего вещества [7].

Результаты экспериментов свидетельствуют о сокращении интенсивности подачи ОТВ в 2,5 раза и времени тушения на 30–40 % при использовании модифицированных водногелевых составов по сравнению с водой. Наилучший результат был достигнут при использовании модифицированных водногелевых составов с концентрацией карбопола 0,25 % (рис. 1, 2).

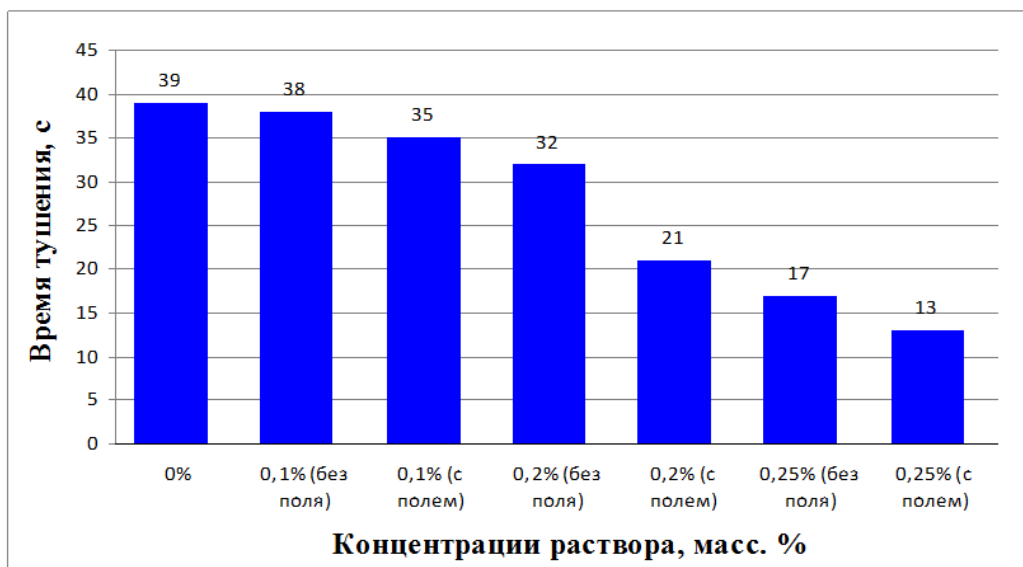


Рис. 1. Время тушения модельного очага огнетушащего вещества (модифицированными гидрогелями и водой)

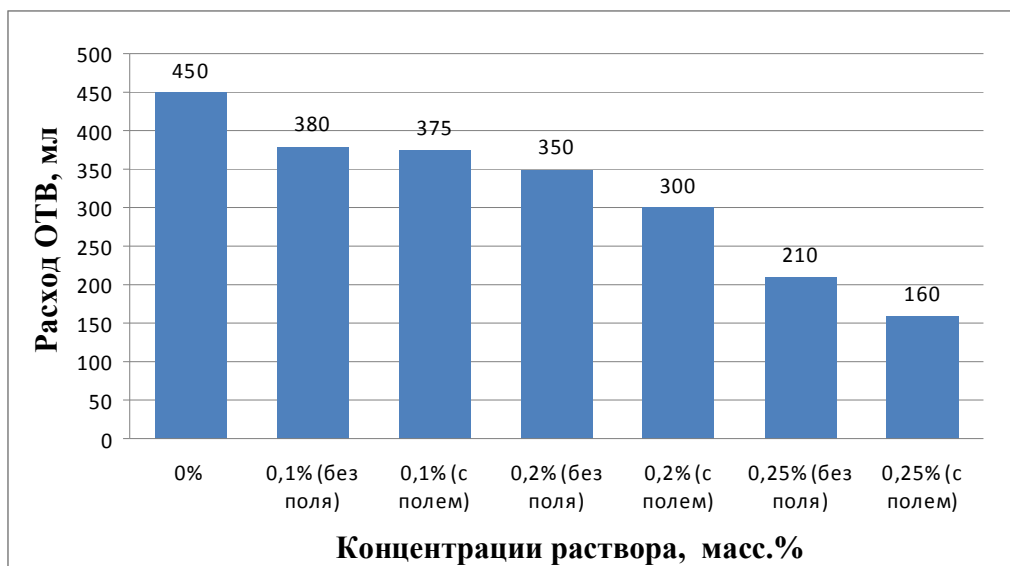


Рис. 2. Расход огнетушащего вещества (модифицированными гидрогелями и водой) на тушение модельного очага

Для оценки теплофизических свойств модифицированных гидрогелей проводились сравнительные исследования теплоемкости воды и гидрогеля (рис. 3), а так же исследовалась скорость прогрева слоев веществ (рис. 4–7).

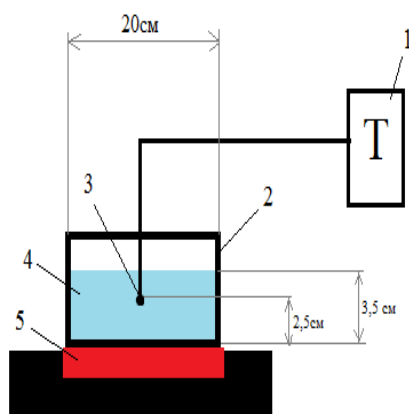


Рис. 3. Установка для определения теплоемкости:
1 – регистратор температуры; 2 – емкость для вещества; 3 – термopapa; 4 – гидрогель, вода (1 кг); 5 – тен

В ходе эксперимента фиксировались значения температуры гидрогеля и воды при воздействии источника тепла мощностью 1 кВт.

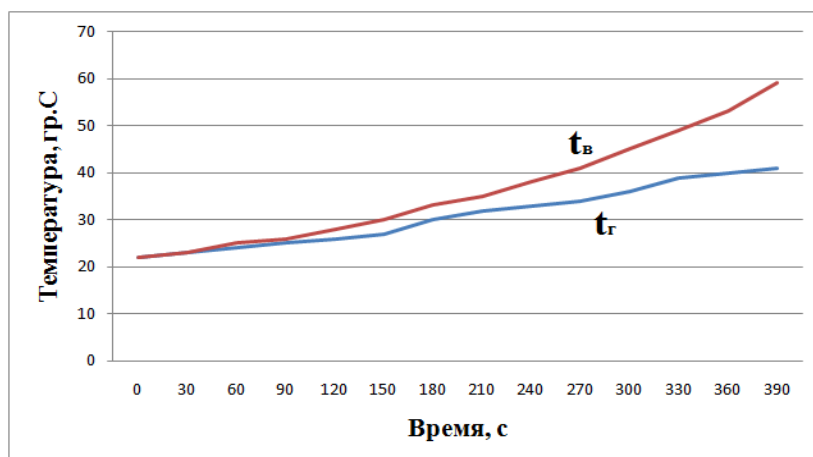


Рис. 4. Температура огнетушащего вещества при нагревании:
 $t_в$ – температура воды; $t_г$ – температура гидрогеля

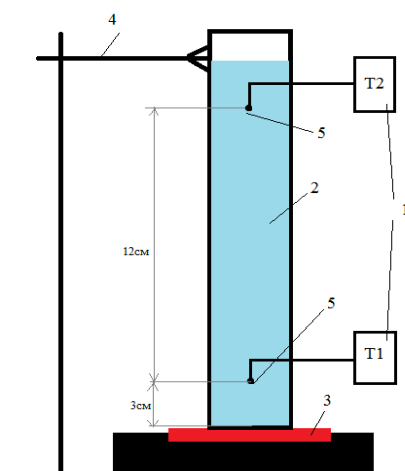


Рис. 5. Установка для определения температуры в разных слоях огнетушащего вещества:
1 – регистратор температуры; 2 – гидрогель, вода; 3 – тен; 4 – штатив; 5 – термopapa

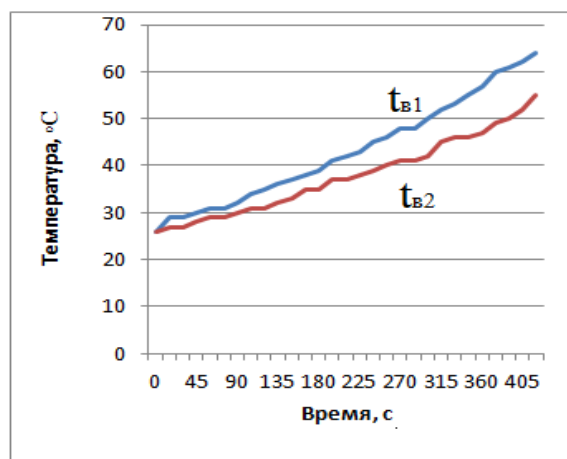


Рис. 6. Температура в разных слоях воды:
 $t_{в1}$ – температура воды в нижней точке; $t_{в2}$ – температура воды в верхней точке

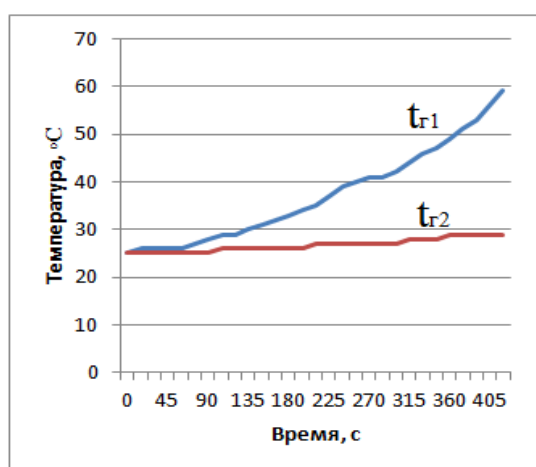


Рис. 7. Температура в разных слоях гидрогеля:
 $t_{г1}$ – температура геля в нижней точке; $t_{г2}$ – температура геля в верхней точке

Для оценки пожарной опасности горения штабеля древесины производилась оценка изменения температуры на поверхности соседнего штабеля, для этого создавалась 3D-модель и проводилось моделирование с помощью программы PyroSim. PyroSim предоставляет пользовательский графический интерфейс для моделирования динамики развития опасных факторов пожара полем методом на основе Fire Dynamics Simulator (FDS) [8].

В ходе исследования создали 3D-модель штабеля древесины и вводился очаг пожара с размерами, определяемыми габаритами штабеля с учетом времени развития пожара.

Проводилось моделирование развития пожара с учетом нанесения гидрогеля на поверхность соседнего штабеля древесины (рис. 8, 9).

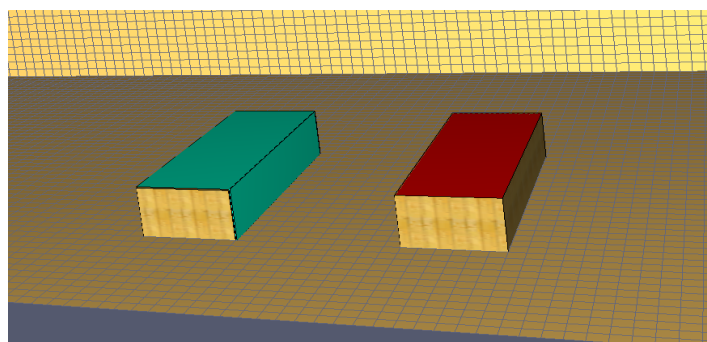


Рис. 8. Модели штабеля древесины под слоем гидрогеля (слева) и модель очага пожара (справа)

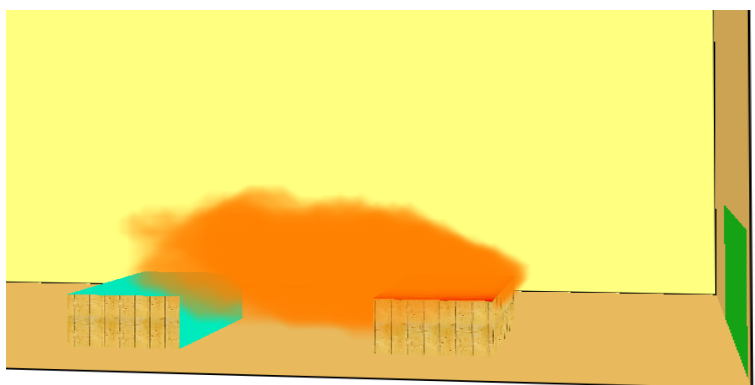


Рис. 9. Моделированный пожар штабеля древесины

Замерена температура на поверхности штабеля древесины (рис. 10).

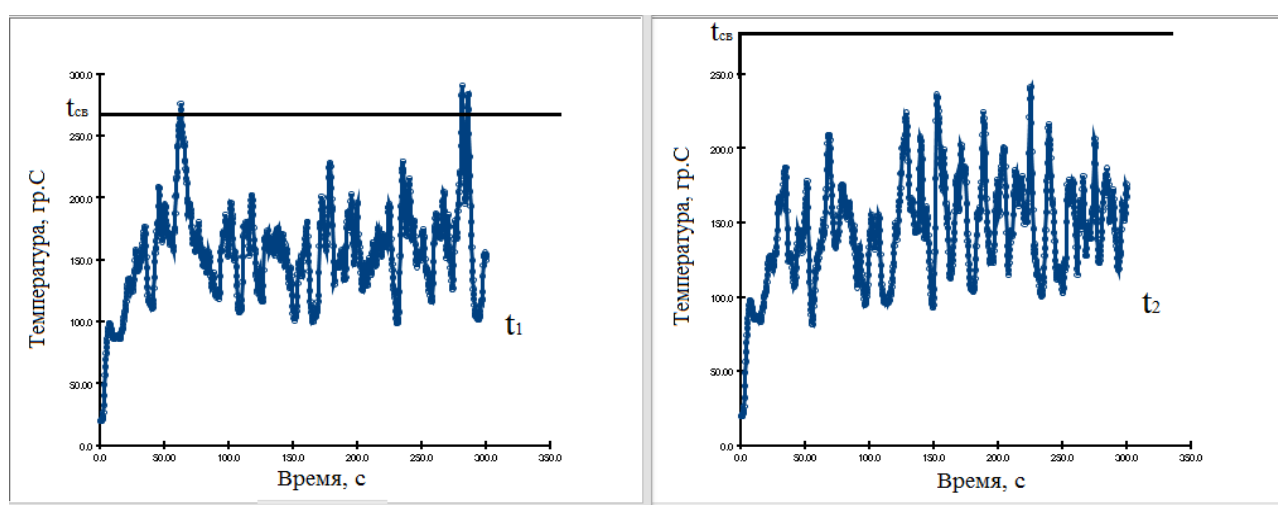


Рис. 10. Температура на поверхности соседнего штабеля древесины
и температура под слоем гидрогеля:

t_1 – температура на поверхности штабеля без защитного слоя;
 t_2 – температура на поверхности штабеля под слоем гидрогеля

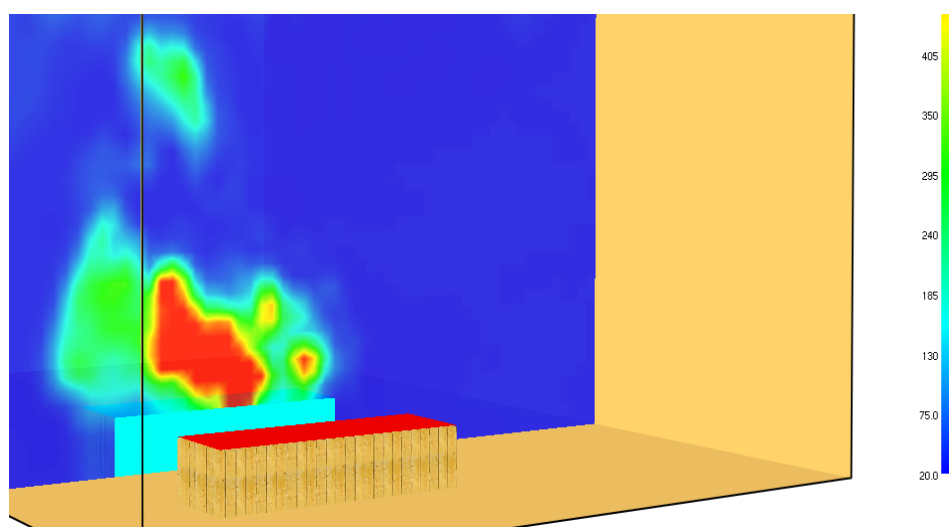


Рис. 11. Распространение температуры в пространстве

Данные, полученные экспериментально и с помощью моделирования, позволяют говорить о том, что водногелевые составы на основе модифицированных НЖ, в сравнении с традиционными ОТВ, обладают большей термической устойчивостью и значительной теплоизолирующей способностью, что позволяет эффективно использовать их при тушении пожаров и защиты конструкций от теплового воздействия. Так же использование гидрогеля позволяет снизить расход, по сравнению с традиционными ОТВ, в 3 раза и время тушения на 30–40 %.

Литература

1. СНиП 2.11.06-81 Склады лесных материалов. Противопожарные нормы проектирования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 28.12.2014).
2. Решетов А.П., Башаричев А.В., Ключ В.В. Пожарная тактика: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011.
3. Курс общей химии: учеб. 2-е изд., перераб. и доп. / Э.И. Мингулина [и др.] / под ред. Г.Н. Коровина. М.: Высшая школа, 1990. 446 с.
4. Русанов А.И. Удивительный мир наноструктур // Журнал общей химии. 2002. Т. 72. Вып. 4.
5. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз: пат. 2479005 Рос. Федерация.
6. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Емельянова А.Н. Исследование влияния углеродных нанотрубок на температуру вспышки керосина в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27).
7. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная, огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
8. PyroSim User Manual a model construction tool for Fire Dynamics Simulator (FDS). 2010.2.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЛЕДОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ АИ-92 И АИ-95 МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕИВАНИЯ

Н.Р. Казакова;

И.А. Кизунов;

А.В. Башаричев, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена возможность идентификации бензинов АИ-92 и АИ-95, находящихся в пористой среде с учетом временного фактора и процессов биodeградации с помощью спектроскопии комбинационного рассеивания.

Ключевые слова: идентификация, автомобильные бензины марок АИ-92, АИ-95, спектроскопия комбинационного рассеяния

IDENTIFICATION MARKS OF MOTOR GASOLINE AI-92 AND AI-95 BY THE METHOD OF SPECTROSCOPY OF RAMAN SCATTERING

N.R. Kazakova; I.A. Kizunov; A.V. Basharichev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The possibility of identification of gasoline AI-92 and AI-95, located in a porous medium with consideration of the time factor and biodegradation using spectroscopy of Raman scattering.

Keywords: identification, motor gasoline AI-92, AI-95, Raman spectroscopy

Автомобильные бензины А-92 [1] и АИ-95 [2] являются одними из самых распространенных топлив в современной транспортной отрасли. Ежегодно в России потребляется 94,4 млн т нефтяного эквивалента [3].

Бензин представляет собой смесь углеводородов, состоящих в основном из предельных 25–61 %, непредельных 13–45 %, нафтеновых 9–71 %, ароматических 4–16 % углеводородов. Так же в состав бензина могут входить примеси – серо-, азот- и кислородсодержащих соединений [4].

Основная опасность данных веществ заключается в их низкой температуре вспышки, высокой удельной теплоте сгорания, а также значительной токсичности. При аварийных ситуациях на объектах производства и транспортировки бензинов возможно возникновение пожаров, приводящих к человеческим жертвам и серьезному материальному ущербу. Кроме того, данные вещества достаточно часто используются в качестве инициаторов горения при поджогах. Известно, что при пожарах и авариях данные вещества вступают в контакт с окружающей средой, что делает затруднительной их точную идентификацию.

Целью настоящего исследования была проверка возможности установления вида топлива, находящегося в пористой среде, с учетом временного фактора методом спектроскопии комбинационного рассеивания (КР-спектроскопии или рамановской спектроскопии).

В 1928 г. Раман Сэр Чандрасехара Венката (индийский физик) открыл явление неупругого рассеяния света. Излучение, рассеиваемое молекулами, содержит фотоны той же частоты, что и падающее излучение, а также некоторое количество фотонов с измененной или смещенной частотой. Спектроскопический процесс измерения этих смещенных фотонов был назван в честь Сэра Рамана, само изменение частоты известно как «Эффект Рамана» (Рамановский эффект), а излучение со смещенными частотами называют «Рамановским излучением». К концу 1930-х гг. рамановская или комбинационная спектроскопия стала основным методом неразрушающего химического анализа.

В рамановской спектроскопии образец облучается монохроматическим светом (источником обычно является лазер). Большая часть рассеянного образцом излучения будет иметь ту же частоту, что и падающая – процесс известен как Рэлеевское рассеяние. Тем не менее, некоторое количество излучения, рассеянного образцом, примерно один фотон из миллиона (0,0001 %), будет иметь частоту, смещенную по отношению к частоте исходного излучения лазера.

Как показано на рис. 1 (диаграмма энергетических состояний), молекула в невозбужденном состоянии находится на основном нижнем уровне (основное колебательное и электронное состояние). Электрическое поле лазера повышает энергию системы до нестабильного состояния, индуцируя поляризацию химических групп. Поляризованное состояние не является истинным энергетическим состоянием и называется «виртуальным состоянием». Релаксация из виртуального состояния происходит почти немедленно и в основном происходит возвращение в основное состояние. Этот процесс и является Рэлеевским рассеянием. Релаксация на первый колебательный уровень возбуждения называется Стокс-Раман сдвигом (Stokes-Raman shift). Стокс-Раман рассеяние имеет более низкую энергию (более высокую длину волны), чем излучение лазера. Большинство систем имеют часть единиц (молекул), изначально находящихся в возбужденном колебательном состоянии. При рамановском рассеянии такие молекулы переходят из возбужденного колебательного уровня на основной энергетический уровень,

и в результате появляется излучение более высокой энергии (более короткой длины волны), чем излучение лазера. Такой тип рассеяния называется анти-Стокс-Раман сдвигом (anti-Stokes-Raman scatter) и на диаграмме не показан.

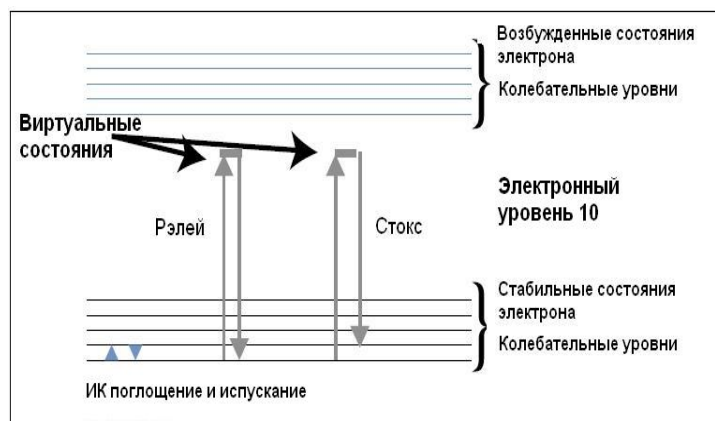


Рис. 1. Диаграмма энергетических состояний

Колебательные состояния, исследуемые в Раман-спектроскопии, являются такими же, что и в ИК-спектроскопии. Поэтому Раман-спектроскопия очень похожа на метод ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием (ИК-Фурье спектроскопия). Раман- и ИК-Фурье спектроскопия являются, по сути, комплементарными, взаимно дополняющими методами. Колебания, которые сильно проявляются в ИК-спектре (сильные диполи), обычно слабо проявляются в Раман-спектре. В тоже время, неполярные функциональные группы, дающие очень интенсивные Рамановские полосы, как правило, дают слабые ИК (инфракрасные) сигналы.

Например, колебания гидроксильных, карбонильных групп или аминогрупп очень сильно проявляются в ИК-спектре и очень слабы в Раман-спектре. Однако, двойные и тройные углерод-углерод связи и симметричные колебания ароматических групп очень сильны в Раман-спектре. В связи с этим Рамановская спектроскопия используется не только как отдельный метод, но и в сочетании с ИК-Фурье спектроскопией для получения наиболее полного представления о природе образца.

Рамановская спектроскопия – метод, основанный на рассеянии света, поэтому все, что требуется для сбора спектра – это направить падающий луч точно на образец, а затем собрать рассеянный свет.

Толщина образца не вызывает проблем для Раман-спектроскопии (в отличие от ИК-спектроскопии при анализе образцов на пропускание), также окружающая атмосфера вносит незначительный вклад в Раман-спектры. Поэтому не требуется вакуумирование или осушка кюветного отделения для образцов. Стекло, вода, и пластиковая упаковка сами по себе имеют очень слабые рамановские спектры, что еще более упрощает использование метода. Часто образцы можно анализировать прямо в стеклянной бутылке или пластиковом пакете, не открывая упаковку и без риска загрязнения. Водные растворы готовы для анализа, не требуется удалять воду для анализа растворенного образца, а поскольку атмосферная влажность не играет роли, нет необходимости продувать спектрометр.

Более того, не существует двух молекул, которые имеют одинаковые Рамановские спектры, а интенсивность рассеянного света связана с количеством вещества. Это позволяет просто получать как количественную, так и качественную информацию об образце, дает возможность интерпретировать спектр, пользоваться библиотекой спектров, обрабатывать данные с применением компьютерных методов количественного анализа.

Рамановская спектроскопия – это неразрушающий метод анализа. Нет необходимости растворять твердые тела, прессовать таблетки, прижимать образец к оптическим элементам или иным образом менять физическую или химическую структуру образца. Таким образом,

рамановская спектроскопия широко используется для анализа таких физических свойств, как кристалличность, фазовые переходы и полиморфные состояния. Отсутствие пробоподготовки приводит к отсутствию необходимости очистки подложек и держателей, а также отсутствию перекрестного загрязнения.

Рамановская спектроскопия имеет несколько дополнительных преимуществ по сравнению с другими колебательными методами, поскольку спектральный диапазон не зависит от изучаемых колебательных особенностей. Другие колебательные методы требуют набора частот, который напрямую соответствует изучаемым частотам. Рамановская спектроскопия является наилучшим выбором для исследователей, поскольку работает в широком диапазоне от УФ (ультрафиолетовой) до ближней ИК области, позволяя выбрать наиболее удобный диапазон для данного образца и получения наилучших результатов. Рамановская спектроскопия позволяет изучать колебательные состояния, связанные с частотами в дальней инфракрасной области, которые трудно изучать другими методами. Раман-микроскопы имеют пространственное разрешение лучше 1 мкм, раман-спектрометры работают с волоконной оптикой, позволяя получать информацию о колебательных состояниях в диапазоне длин волн от 2 до 100 мкм. Получение таких результатов с использованием собственных частот является почти неразрешимой задачей, но Раман делает это легко [5].

Применение на практике рамановской или комбинационной спектроскопии возможно с помощью нанолaborатории ИНТЕГРА-спектра.

На кафедрах Физики и теплотехники и Пожарной безопасности технологических процессов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России производится исследование компонентов горючих сред с помощью КР-спектроскопии на установке N-Tegra Spectra.

В ходе исследования идентифицировались спектры индивидуальных веществ, которые затем помещались в пористую среду на заданное время. Далее проводилась их повторная идентификация. Исследования проводились при использовании лазера с длиной волны 540 нм [6].

В ходе исследования были получены спектры бензинов АИ-92 и АИ-95 (рис. 1 и 2) на слюдяной подложке.

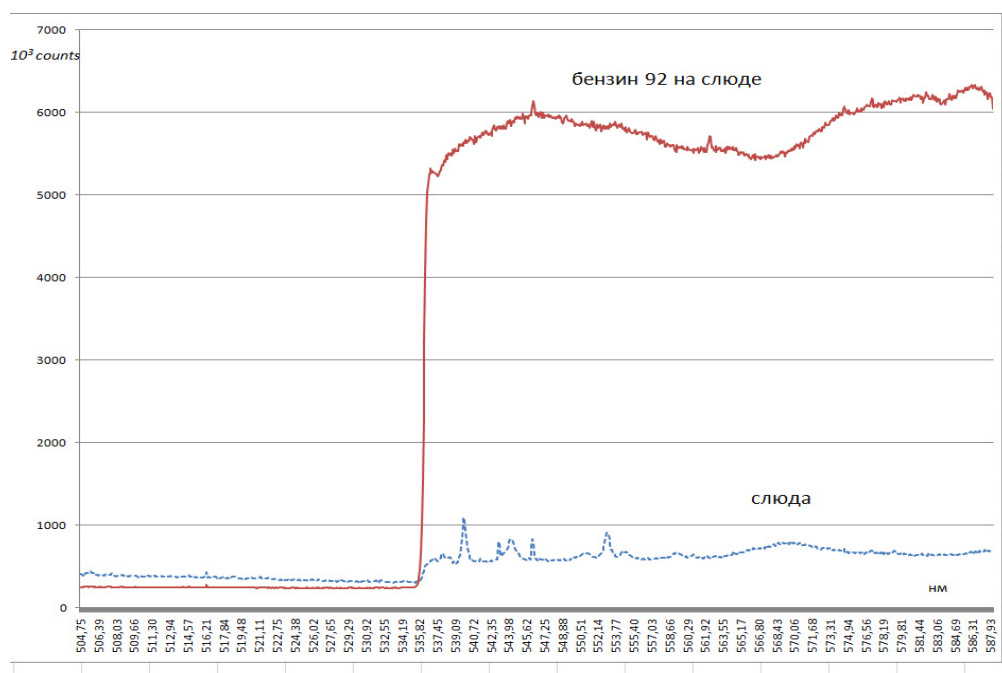


Рис. 1. КР-спектры бензина АИ-92 на слюдяной подложке и слюды

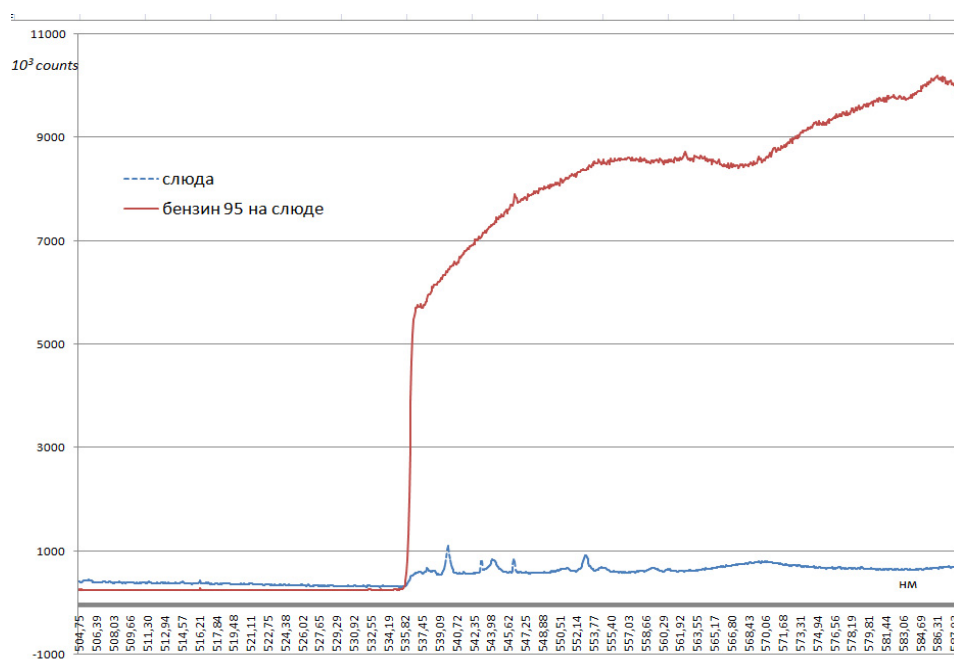


Рис. 2. КР-спектры бензина АИ-95 на слюдяной подложке и слюды

Из рис. 1, 2 видно, что бензины имеют абсолютно разные КР-спектры и характеристические пики, а также различную интенсивность.

При помещении образцов бензинов АИ-92 и АИ-95 в пористую среду (фильтровальную бумагу) были получены спектры, которые позволяют идентифицировать данные вещества по характеристическим пикам (рис. 3, 4).

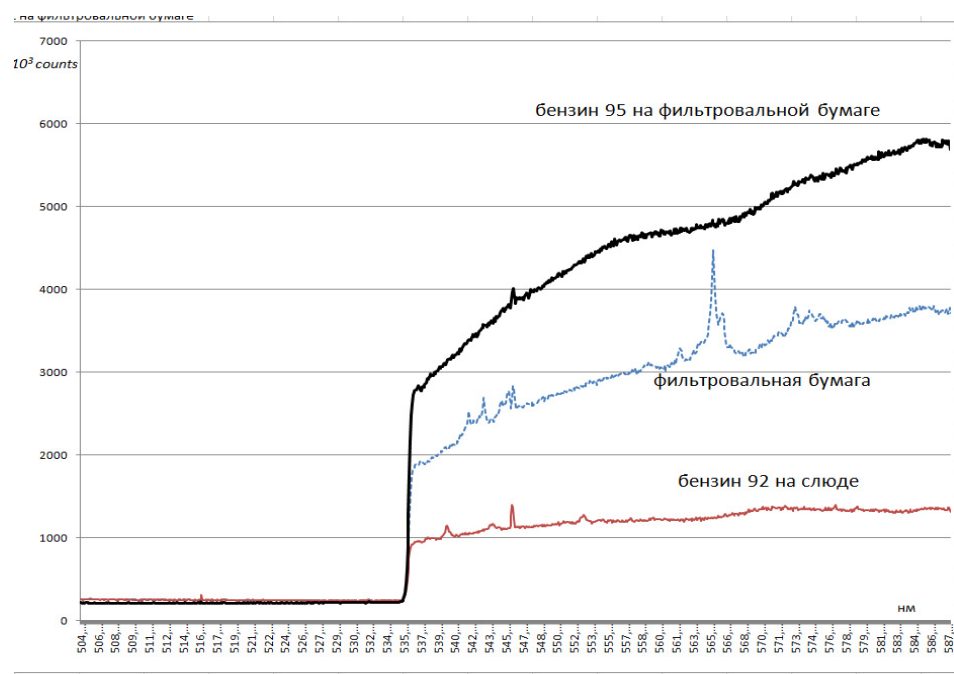


Рис. 3. КР-спектры бензина АИ-92 на слюдяной подложке и на фильтровальной бумаге

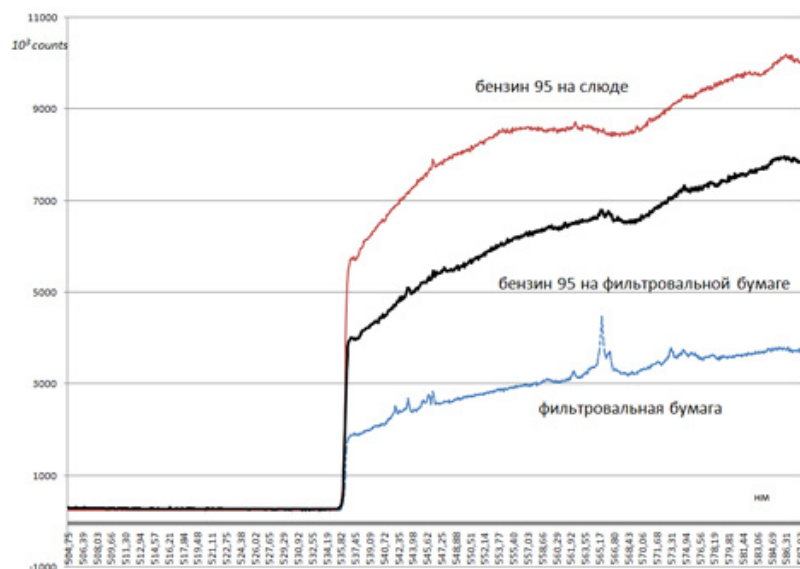


Рис. 4. КР-спектры бензина АИ-95 на слюдяной подложке и на фильтровальной бумаге

Так же проводилось исследование следов бензина АИ-92 и АИ-95 в пористой среде с последующей их идентификацией методом КР-спектроскопии при использовании лазера с длиной волны 650 нм (рис. 5, 6) [7].

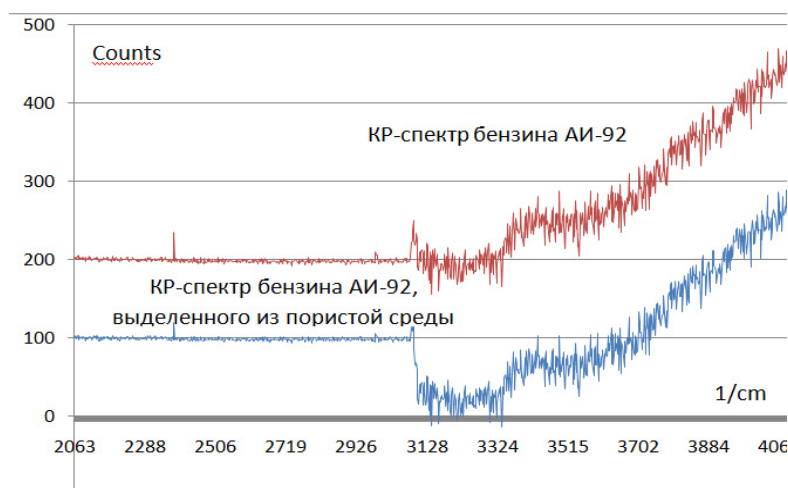


Рис. 5. КР-спектры бензина АИ-92

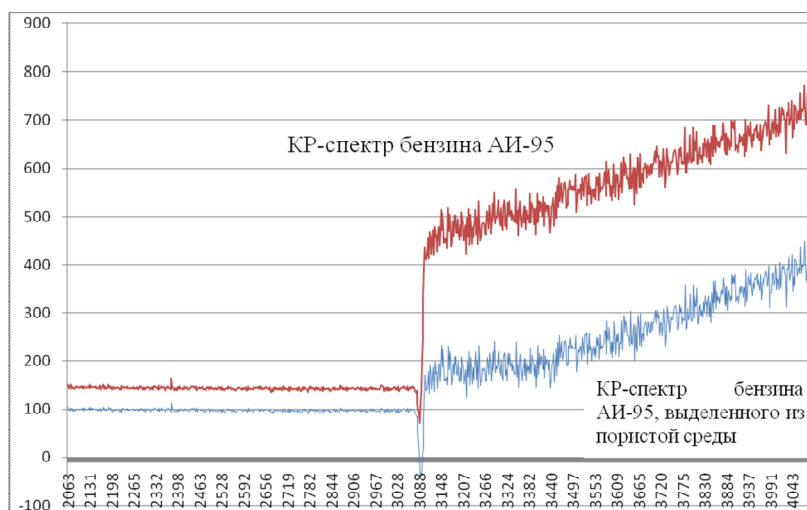


Рис. 6. КР-спектры бензина АИ-95

Выявленные в ходе исследования характеристические пики бензина АИ-92 и АИ-95 в пористой среде оказались идентичными КР-спектрам исходного продукта, что говорит о возможности точной идентификации нефтепродуктов в зонах чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, с помощью КР-спектроскопии возможна точная и достоверная идентификация нефтепродуктов.

Литература

1. ТУ 38.001165-97. Бензины автомобильные экспортные.
2. ГОСТ 2084-77. Бензины автомобильные. Технические условия // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.02.2014).
3. Сколько бензина потребляется в России: разнообразие оценок // Тематическое сообщество «Энергоэффективность и Энергосбережение». URL: <http://solex-un.ru/energo/reviews/avtomobilnyy-transport/obzor-1> (дата обращения 05.02.2014).
4. tez CAR: информационный сайт об автомобилях. URL: http://tezcar.ru/gsm_benz.html (дата обращения: 05.02.2014).
5. INTERTECH Corporation. URL: www.intertech-corp.ru (дата обращения: 05.02.2014).
6. NTEGRA SPECTRA. Atomic Force Microscopy, Confocal Raman / Fluorescence Microscopy, Scanning Near-Field Optical Microscopy, Tip Enhanced Raman Scattering.
7. Модуль обработки изображений Image Analysis P9: справ. руководство. Зеленоград: ЗАО «Нанотехнология-МДТ», 2011.

РАЗРАБОТКА ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОТЕКАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ЧЕРЕЗ ПОРИСТУЮ ПОЧВЕННУЮ СТРУКТУРУ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ

**Ю.Н. Бельшина, кандидат технических наук, доцент;
М.А. Галишев, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена перколяционная модель распространения нефтепродуктов в почве. Показано, что при попадании в почву инородного нефтепродукта начинается постепенный переход элементов почвенной структуры из незанятого состояния к заполненному. При достижении порога перколяции возникает проводящий кластер в направлении протекания. При этом свойства системы меняются скачком. При загрязнении почв нефтепродуктами образуются структурированные дисперсные системы, имеющие наноструктурную организацию. Макромолекулярную структуру почвенных гелей образуют силикаты и алюмосиликаты, а дисперсионной средой могут быть жидкие углеводороды. Перколяционная модель позволяет описать критические процессы перехода золь-гель в почвенных структурах.

Ключевые слова: почва, почвенные коллоиды, теория перколяции, нефтяное загрязнение

DEVELOPMENT OF PERKOLYATION MODEL OF COURSE OF LIQUIDS THROUGH POROUS SOIL STRUCTURE ON THE BASIS OF THE NANOSTRUCTURAL ORGANIZATION OF SOILS

Yu.N. Belshina; M.A. Galishev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In work the perkolyation model of distribution of oil products in the soil is considered. It is shown that at hit to the soil of alien oil product gradual transition of elements of soil structure from an unoccupied

state to the filled begins. At achievement of a threshold of a perkolyation there is a carrying-out cluster in the direction of course. Thus properties of system change jump. At pollution of soils by oil products the structured disperse systems having the nanostructural organization are formed. The macromolecular structure of soil gels is formed by silicates and aluminosilicates, and liquid hydrocarbons can be the dispersive environment. The perkolyation model allows to describe critical processes of transition zol-gel in soil structures.

Keywords: soil, soil colloids, perkolyation theory, oil pollution

До недавнего времени почву часто рассматривали не как систему, обусловленную функциональным взаимодействием входящих в нее частей, а как набор частиц различных, в том числе и коллоидных, размеров, то есть в этой сфере применялся достаточно упрощенный подход [1–3]. В последнее время коллоидная составляющая почв привлекает особенное внимание почвоведов. Установлено, что почвенные коллоиды определяют большинство почвенных свойств [4]. У почвенных коллоидов удельная поверхность достигает 10–50 м² и более на 1 г вещества. Этим объясняется высокая активность почвенных коллоидов при поглощении и других физико-химических процессах, происходящих в почве. Коллоидная составляющая почв играет наиболее важную роль в обеспечении почвенного плодородия. Именно она создает высокую влагоудерживающую способность почв, накопление в почвах питательных веществ, обуславливает существование почвенной макроструктуры и, как следствие, почвенного плодородия [5].

В почве коллоиды могут находиться в состоянии коллоидного раствора (золя) или геля. В виде зелей коллоиды могут частично перемещаться по почвенному профилю, способствуя образованию почвенной структуры. В коллоидно-дисперсном состоянии находится основная масса органического вещества [6]. Гели являются структурированными дисперсными системами, состоящие из высокомолекулярных и низкомолекулярных веществ. Наличие трехмерного полимерного каркаса (сетки) сообщает гелям механические свойства твердых тел (отсутствие текучести, способность сохранять форму, прочность, пластичность и упругость) [7]. Макромолекулярную структуру почвенных гелей образуют силикаты и алюмосиликаты, а в качестве дисперсионной среды выступает почвенная вода. В настоящей работе сделано предположение, что в случае загрязнения почв нефтепродуктами дисперсионной средой – наполнителем гелей могут быть жидкие углеводороды.

Коллоидное состояние вещества рассматривается в качестве обязательной промежуточной стадии химических превращений и фазовых переходов. Развитие нанотехнологий и накопление в почвоведении новых данных заставили обратить внимание на наноструктурную организацию почв [8]. В настоящее время образование коллоидных структур и их поведение в различных процессах объясняют с позиций нанохимии [9, 10]. Используя методы, применяемые в нанотехнологиях, – просвечивающую и растровую электронные микроскопии, атомно-силовую микроскопию, рентгенолокальный анализ и ряд других, удалось выяснить, что молекулы органического вещества почв взаимодействуют между собой, образуя матрицу гумусового студня, которая включает в свой состав минеральные частицы различных размеров. Коллоидная составляющая почв фактически представляет собой гумусовый студень, армированный минеральными частицами [5].

Несмотря на морфологические различия почв, во всех них наблюдается общий принцип наноструктурной организации. Ее единообразие установлено методом малоуглового рассеяния нейтронов [11]. Частицы коллоидных размеров рассеивают нейтроны под малыми углами. Они образуют фракталы и, взаимодействуя с излучением, ведут себя как независимые излучатели, то есть находятся на расстоянии друг от друга. Для всех влажных и большинства воздушно-сухих почв фрактальная размерность меньше трех, то есть коллоидные частицы находятся на расстоянии друг от друга. Чем больше среднее

расстояние между коллоидными частицами, тем меньше фрактальная размерность изучаемого объекта. Если фрактальная размерность больше трех, то это означает, что коллоидные частицы находятся в контакте и не могут вести себя как независимые излучатели. Основанием для предположения о фрактальной организации почвенных коллоидов стало то, что электронно-микроскопические фотографии наноструктур, выделенных из чернозема, напоминали снимки фрактальных кластеров.

Органические молекулы частично находятся в молекулярно развернутом состоянии и взаимодействуют между собой, иными словами, органическое вещество почвы образует студнеобразную массу. В результате раствор, в котором находятся молекулы, теряет подвижность и превращается в гель, образуя матрицу из органических молекул. В эту матрицу включены коллоидные частицы. Армированный гумусовый студень покрывает поверхность более крупных частиц, связывая их между собой, и именно его поведение определяет структуру почв [12]. Таким образом, коллоидную структуру почв можно рассматривать как студень гумуса, армированный коллоидными частицами, который упрочнен за счет взаимодействия между органическими молекулами. Коллоидные частицы расположены в гумусовом студне упорядоченно, и подобные гелевые структуры распространены во всех изученных почвах и почвенных горизонтах [13, 14].

Степень структурированности (неупорядоченности) почвенной среды можно определить исходя из перколяционных моделей протекания жидкостей через пористую структуру. Теория перколяции занимается изучением образования связанных объектов внутри неупорядоченной среды. Термин перколяция (percolation – протекание) впервые введен в 1957 г. Бродбентом и Хамерсли, изучавшими движение газа через пористый угольный фильтр, представляющий собой своеобразный лабиринт из проницаемых и непроницаемых элементов.

Явление перколяции (или протекания среды) определяется:

- средой, в которой наблюдается это явление;
- внешним источником, который обеспечивает протекание в этой среде;
- способом протекания среды, который зависит от внешнего источника.

В частности, с позиции теории перколяции можно описать процесс прохождения жидкости (нефтепродукта) через пористую почвенную среду. В качестве простейшей модели может быть рассмотрена так называемая ячеечная перколяция [15]. В этой модели отдельные поры пористой структуры (почвы) можно представить в виде плоской решетки, состоящей из пор или ячеек, образующих единое поровое пространство. Часть почвенных пор в силу различных физико-химических ограничений всегда остаются закрытыми для жидкости и в процессе просачивания не участвуют (рис. 1). При попадании в почву инородного нефтепродукта возникает внешний источник, под воздействием которого начинается постепенный перевод элементов структуры из незанятого состояния к заполненному (рис. 2).



Рис. 1. Пористая структура в виде двумерной решетки, состоящая из открытых и закрытых пор



Рис. 2. Пористая структура в виде двумерной решетки, в которой часть открытых пор занята нефтепродуктом

Способ протекания определяет последовательность возникновения новых или преобразование существующих фрагментов пористой среды в необходимое для протекания состояние. Совокупность проводящих элементов, по которым происходит протекание, называется перколяционным кластером. Кластер образует группа занятых ячеек решетки, связанных с ближайшим соседом по стороне ячейки. Процесс заполнения носит случайный характер, поэтому в зависимости от конкретной реализации перколяционный кластер может иметь различную форму. В теории перколяции принято характеризовать только общий размер кластера. Порогом протекания (перколяции) называется минимальная концентрация проводящих элементов, при которой возникает хотя бы один проводящий кластер в направлении протекания (рис. 3).



Рис. 3. Пористая структура в виде двумерной решетки, в которой появляется один проводящий кластер через открытые поры в направлении протекания

Ячеистые модели представляют интерес с теоретической точки зрения. Именно для них доказан ряд строгих утверждений и соотношений. Каждая из ячеек заполняется с вероятностью p независимо от состояния соседних ячеек. Соответственно вероятность существования свободных ячеек равна $p - 1$. Если вероятность занятия ячейки мала, то можно ожидать, что будут присутствовать только небольшие, изолированные кластеры. Наоборот, если p близка к 1, то можно ожидать, что большинство занятых ячеек образуют один большой кластер, который распространяется от одной стороны решетки до другой. Такой кластер называется соединяющим кластером (рис. 4). В пределе бесконечной решетки существует вполне определенная «пороговая вероятность» p_c такая, что для $p \geq p_c$ существует один соединяющий кластер или путь; для $p < p_c$ нет ни одного соединяющего кластера и все кластеры конечны. Вероятность p_c соответствует порогу перколяции [15].



Рис. 4. Пористая структура в виде двумерной решетки, в которой формируется соединяющий кластер

При определенной концентрации заполненных объектов, то есть при появлении перколяционного кластера, свойства системы меняются, происходит фазовый переход. Поскольку разные термодинамические фазы описываются различными уравнениями состояния, всегда существует величина, которая скачкообразно меняется при фазовом переходе. Разделение на термодинамические фазы – более мелкая классификация состояний, чем разделение по агрегатным состояниям вещества, поэтому далеко не каждый фазовый переход сопровождается сменой агрегатного состояния. Однако любая смена агрегатного состояния есть фазовый переход. При фазовом переходе первого рода скачкообразно изменяются самые главные, первичные экстенсивные параметры: удельный объем, количество запасенной внутренней энергии, концентрация компонентов и т.п. Фазовые переходы второго рода происходят в тех случаях, когда меняется симметрия строения вещества (симметрия может полностью исчезнуть или понизиться). К таким случаям чисто геометрического фазового перехода относится явление перколяции.

Порог протекания количественно можно определить как количество элементов перколяционного кластера, отнесенное к общему количеству элементов рассматриваемой среды:

$$R = n/N \quad .$$

Ввиду случайного характера переключений состояний элементов среды, в конечной системе четко определенного порога (размера перколяционного кластера) не существует, а имеется так называемая критическая область значений $\sigma(N)$, в которую попадают значения порога перколяции, полученные в результате различных случайных реализаций. Иначе говоря, для решетки конечного размера перколяционные кластеры могут возникать при разных значениях переменного параметра (критическая область). Однако в термодинамическом пределе, если размер системы устремить к бесконечности, критическая область станет вполне определенной, сужающейся в точку.

В отличие от теории температурных фазовых переходов, где переход между двумя фазами происходит при критической температуре, перколяционный переход является геометрическим фазовым переходом. Порог перколяции разделяет две фазы: в одной фазе существуют только кластеры конечного размера, в другой – один бесконечный кластер. Здесь концентрация занятых узлов играет ту же роль, что и температура в температурных фазовых переходах. Вероятность того, что узел принадлежит бесконечному кластеру, аналогична параметру порядка в теории температурных фазовых переходов [16].

Таким образом, перколяция – это геометрический фазовый переход, тесно связанный с фазовыми переходами второго рода, к которым относится, в частности, переход золь-гель. Перколяция позволяет описать критические процессы самой разной природы, когда при плавном изменении одного из параметров системы свойства системы меняются скачком. Важная черта физики всех критических явлений состоит в том, что вблизи критической точки система как бы распадается на блоки, физические свойства которых всегда неразрывно связаны с геометрией [17].

Литература

1. Антипов-Каратаев И.Н. Учение о почве как полидисперсной системе и его развитие в СССР за 25 лет (1917–1942) // Почвоведение. 1943. № 6. С. 3–26.
2. Крюков П.А. Горные, почвенные и иловые растворы. Новосибирск: Наука СО АН СССР, 1971. 220 с.
3. Методическое руководство по изучению почвенной структуры / под ред. И.Б. Ревута и А.А. Роде. Л.: Колос, 1969. 528 с.
4. Федотов Г.Н. Гелевые структуры в почвах: дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006. 355 с.
5. В Мире Науки: существует ли в почвах наноструктурная организация? // Нанометр: нанотехнологическое сообщество. URL: http://nanometer.ru/2009/05/28/pochva_155675.html (дата обращения: 01.03.2014).
6. Сельско-хозяйственный энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989.
7. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М., 1975. 481 с.
8. Федотов Г.Н. [и др.]. Исследование наноструктурной организации почвенных гелей // Лесной вестник. 2010. № 3. С. 212–222.
9. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Моск. гос. ун-т, 2003. 288 с.
10. Федотов Г.Н. Образование коллоидных частиц как обязательная стадия фазовых превращений веществ // Лесной вестник. 2004. № 1.
11. Свергун Д.И., Фейгин Л.А. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние. М., 1986.
12. Федотов Г.Н. Микрофазное расслоение супраполимерной гумусовой матрицы как процесс, формирующий наноструктурную организацию почв // Нанотехнологическое общество России. URL: <http://www.rusnorg.org/nanoworld> (дата обращения: 28.01.2014).
13. Федотов Г.Н., Карпачевский Л.О., Поздняков А.И. Органоминеральные гели в почвах // Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. С. 180–183.
14. Федотов Г.Н., Шалаев В.С. Причины возникновения наноструктур в полимер-содержащих системах: учеб. пособие. М.: Моск. гос. ун-т леса, 2010. 83 с.
15. Виноградов Д.В., Поршнева С.В. Геометрическая модель фазовых переходов (задача о перколяции) // Exponenta.ru: образовательный математический сайт.

URL: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/porshnev/perokol/main.asp> (дата обращения: 29.02.2014).

16. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: учеб. пособие. М: УРСС, 2002. 112 с.

17. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка // Библиотечка «Квант». Вып. 19. М.: Наука, 1982. 265 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ НА МЕСТАХ КРИМИНАЛЬНЫХ ВЗРЫВОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.В. Иванов, кандидат технических наук;

И.А. Кизунов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

М.Ю. Шмидт.

**10-й отдел Экспертно-криминалистического центра Главного управления
МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области**

Проведены исследования следов пиротехнических веществ методом спектроскопии комбинационного рассеяния света. Наглядно показана возможность идентификации взрывчатых веществ посредством описанной методики.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, спектроскопия, комбинационное рассеяние света, расследование пожаров и взрывов

IDENTIFICATION OF EXPLOSIVES AND MATERIALS ON PLACES OF CRIMINAL EXPLOSIONS AND TECHNOGENIC EMERGENCIES

A. V. Ivanov; I. A. Kizunov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

M. Y. Schmidt.

10-th department of the Expert and criminalistic center of General directorate of Ministry of Internal affairs of Russia of Saint-Petersburg and Leningrad region

Researches of traces of pyrotechnic substances by a method of spectroscopy of combinational dispersion of light. Identification of explosives by means of the described technique is visually presented.

Keywords: explosives, spectroscopy, combinational dispersion of light, investigation of fires and explosions

В последние десятилетия остается актуальной тема исследования преступлений, совершенных с применением взрывных устройств (ВУ), в том числе самодельных взрывных устройств (СВУ). Анализ следственной практики свидетельствует об устойчивом росте числа подобных преступлений. Использование ВУ на местах преступлений ведет к многочисленным жертвам среди населения и повреждению имущества. Нередко совершаются повторные подрывы с целью выведения из строя участников следственно-оперативных групп, других сотрудников полиции и МЧС России. Наряду с общекриминальными взрывами, имеются также взрывы террористической и экстремистской направленности. Рассматриваемые преступления обладают повышенной общественной опасностью, поскольку вызывают значительный общественный резонанс

и могут быть сопряжены с большими человеческими жертвами. Кроме того, взрывы на промышленных и социально важных объектах могут приводить к крупным техногенным чрезвычайным ситуациям (ЧС), характеризующимся потенциальными людскими и материальными потерями.

Исходя из вышеизложенного, проблема идентификации взрывчатых веществ на местах террористических и криминальных взрывов, а также в условиях ЧС является весьма актуальной. В юридической литературе отсутствует единое понимание содержания процесса доказывания. Отдельные элементы (стадии) процесса доказывания могут состоять из самостоятельных подэлементов. Использование доказательств как стадия процесса доказывания состоит из следующих элементов:

- выдвижения и проверки версий о причинах пожара и взрыва;
- оценки доказательств, которые имеются по делу, а также иной информации (ориентирующего или розыскного характера);
- обоснования принимаемых процессуальных и тактических решений;
- демонстрации доказательств участникам процесса в целях устранения существующих противоречий между доказательствами, изобличения в даче ложных показаний и получения новых доказательств, убеждения в бессмысленности противодействия расследованию, преодолению круговой поруки соучастников [1].

Тактика назначения и производства экспертиз при расследовании пожаров (взрывов) определяется такими особенностями, как скрытость протекания процессов (в особенности в первоначальной стадии пожара или ЧС), неоднозначность восприятия признаков пожара в динамике и др. При расследовании первостепенное внимание необходимо уделять материальным следам пожара, составляющим наиболее объективную часть доказательственной базы. Для установления причин пожаров и взрывов, а также с целью обеспечения доказательств назначаются и проводятся судебные экспертизы: пожарно-техническая, взрывотехническая, электротехническая, химическая, экспертиза материалов, веществ и изделий, медицинская. Кроме названных, могут назначаться практически все виды судебных экспертиз: биологические, товароведческие, металловедческие и прочие, которые позволяют установить практически все обстоятельства, связанные с пожаром (взрывом).

В криминалистической характеристике данной группы преступлений выделяются элементы, имеющие общее значение:

- всегда происходит значительный пожар, в результате которого наступают те или иные тяжкие последствия в виде уничтожения или повреждения материальных объектов, причинения вреда здоровью или гибели людей;

- причинами возникновения пожаров могут быть: воздействие на объект открытого огня (пламени, искры, раскаленного тела и т.п.); самовоспламенение от внешнего источника, без открытого огня, например, повышение температуры в результате трения или воздействия лучистой энергии; самовозгорание в результате внутренних процессов, происходящих в массе вещества, в частности химического разложения или соединения, биологического характера, а также взрыв;

- во всех случаях имеются следы поджогов или преступных нарушений правил пожарной безопасности, которые так или иначе связаны с применением огня или следами его воздействия. Сосредоточением таких следов является очаг пожара, то есть место, откуда началось загорание. Именно здесь можно найти первичный источник огня, проследить пути его распространения. На месте пожара всегда находятся различные объекты, в той или иной степени поврежденные пламенем. Могут быть сгоревшие животные, а также травмированные или погибшие люди. В окрестностях пожарища остаются следы подхода и ухода людей, следы транспортных средств. Следы преступления имеются на одежде и на теле поджигателя (грунт с места поджога, капли горючих веществ, использованных преступником, опаления, ожоги и т.п.) [2, 3].

Следы подготовки зажигательных устройств могут быть обнаружены по месту жительства или работы поджигателя. Большое значение имеют следы, указывающие на умышленные действия поджигателя. К ним относятся:

- наличие на месте происшествия двух и более очагов пожара, что как раз и свидетельствует о поджоге;
- обнаружение очага пожара в таком месте, где самопроизвольное возгорание исключено;
- обнаружение на месте преступления средств поджога;
- преднамеренная порча штатных средств борьбы с огнем, вывод из рабочего состояния средств сигнализации о возгорании и автоматического пожаротушения; создание условий интенсивного распространения огня (например, разлив бензина);
- локализация очага пожара в местах, наиболее уязвимых для огня, в местах хранения финансовых, товарных и иных документов, а также материальных ценностей, по поводу которых должны проводиться или проводятся проверочные мероприятия;
- наличие обстоятельств, свидетельствующих о сокрытии поджигателем другого преступления либо об изъятии из помещения до пожара предметов, вещей, ценностей и т.п.

В настоящее время идентификация взрывчатых веществ проводится при использовании различных методов анализа, таких как:

– тонкослойная хроматография (ТСХ), являющаяся одним из основных способов идентификации взрывчатых веществ. Это вариант хроматографии, основанный на различии в скорости перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое (толщина 0,1–0,5 мм) сорбента при их движении в потоке подвижной фазы (элюента). Последняя представляет собой, как правило, жидкость, однако осуществлен и газовый вариант ТСХ. В качестве сорбентов используют мелкозернистые силикагель, Al_2O_3 , целлюлозу, крахмал, полиамид, иониты и др. Суспензиями этих сорбентов покрывают пластинки из стекла, фольги или пластика; для закрепления слоя применяют крахмал, гипс или другие связующие. Промышленностью выпускаются готовые пластинки с уже закрепленным слоем сорбента. Элюентами служат обычно смеси органических растворителей, водных растворов кислот, солей, комплексообразующих и других веществ. В зависимости от выбора хроматографической системы (состава подвижной и неподвижной фаз) в разделении веществ основную роль могут играть процессы адсорбции, экстракции, ионного обмена, комплексообразования. На практике часто реализуются одновременно несколько механизмов разделения [4, 5, 6]:

– флуоресцентный метод, заключающийся в изучении спектра образованных под действием энергии от внешнего или внутреннего источника возбужденных состояний атомов, молекул, кристаллов и последующем испускании ими квантов света – фотонов. Недостаток данного метода заключается в проведении обязательного анализа проб сравнения, представляющих собой чистый объект-носитель, отобранный в стороне от подозрительного участка;

– инфракрасная спектроскопия (ИКС), основанная на следующем принципе: возбуждения атомов и атомных групп, составляющих молекулу, вызывают их колебания. Колебательные спектры обладают высокой специфичностью и широко используются для идентификации веществ;

– газовая хроматография (ГХ), основанная на распределении вещества между двумя фазами, одна из которых является неподвижной, а другая подвижной – газ (пар) продвигается сквозь неподвижную фазу током газа-носителя. Если неподвижная фаза представляет собой жидкое вещество, то такой вариант анализа называют газожидкостной хроматографией;

– хромато-масс-спектрометрия (ХМС), являющаяся гибридным методом анализа, рассматривается как сочетание хроматографии (газовой или жидкостной) и масс-спектрометрии. Процессы разделения и анализа здесь протекают совершенно независимо друг от друга [1].

Альтернативой существующих методик может быть использование метода спектроскопии комбинационного рассеяния [7] в сочетании с аналитическими программами, что позволяет специалисту проводить различные операции с полученными спектрами комбинационного рассеяния, а также наглядно отображает данные в графическом режиме, для визуального анализа результатов экспериментов. Также существует возможность построения 3D-модели поверхности исследуемого образца с помощью результатов сканирования поверхности.

На кафедре Физики и теплотехники Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России с помощью лабораторной установки Integra Spectra и программного продукта Image Analysis 3.5 были получены данные о нескольких образцах пиротехнических изделий. Обратим внимание на то, что при проведении сканирования поверхности образца имеется возможность наблюдать спектр комбинационного рассеяния в любой точке поверхности. Для проведения эксперимента был использован лазер с длиной волны 635 nm.

На изображениях (рис. 1–3) отчетливо видны различия спектров комбинационного рассеяния света исследуемых веществ, что свидетельствует о различной структуре данных образцов.

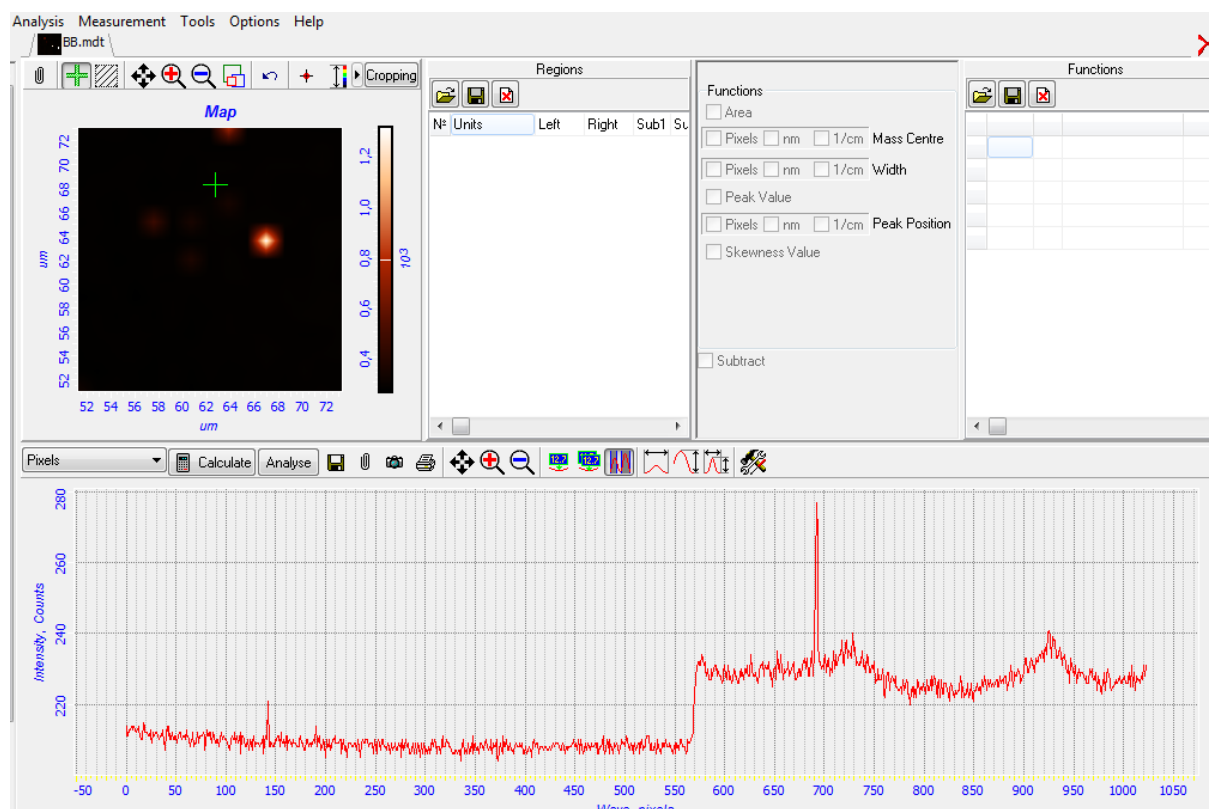


Рис. 1. Данные спектрального анализа образца 1 (пиротехническое вещество)

Представленный метод идентификации взрывчатых веществ и материалов представляет собой альтернативу существующим способам и методикам. Наряду с высокой точностью, он обладает возможностью исследования образцов с различных поверхностей, что существенно упрощает работу. Более того, представленная методика не требует значительных усилий при проведении пробоподготовки и обладает довольно высокой скоростью проведения измерений. Учитывая современные тенденции развития науки, техники, данный метод является намного перспективней существующих. Также стоит отметить, что в настоящее время активно ведутся работы по созданию так называемых баз данных спектров комбинационного рассеяния света веществ и материалов, призванных облегчить и ускорить процесс идентификации.

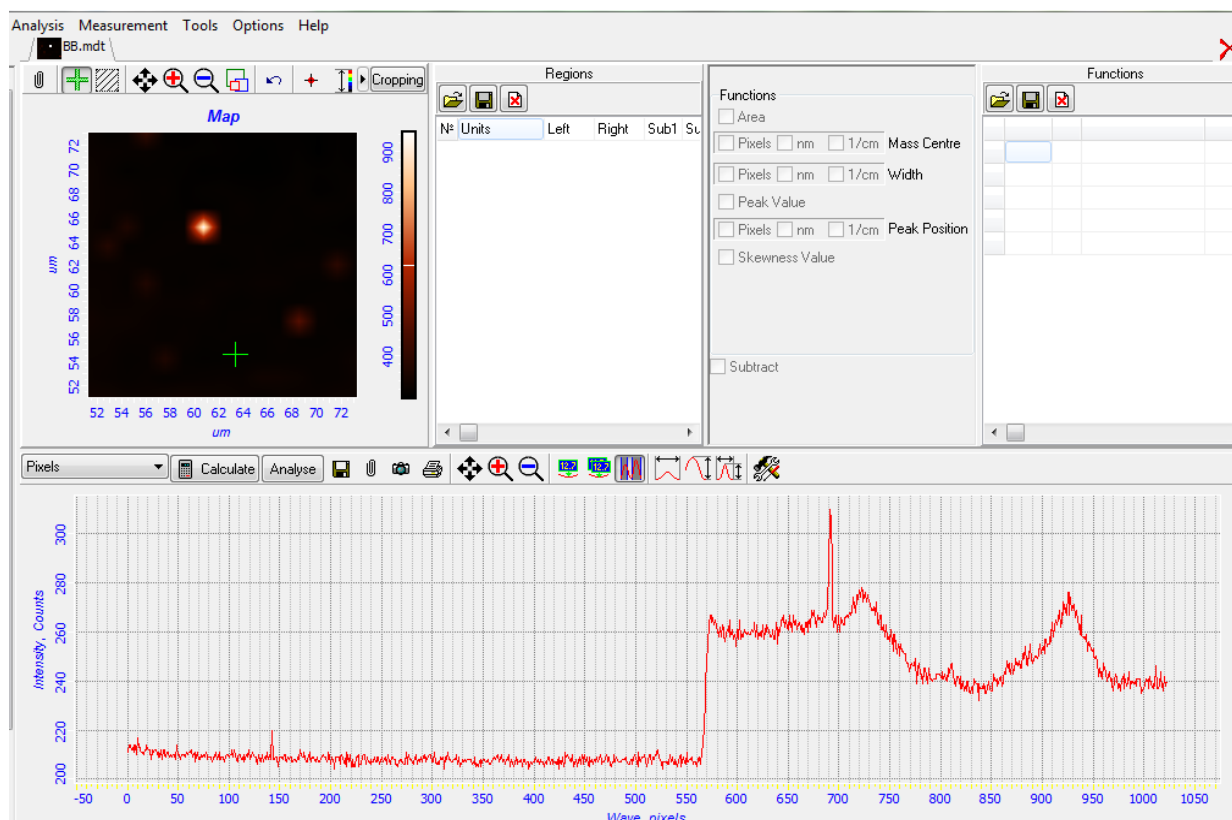


Рис. 2. Данные спектрального анализа образца 2 (пиротехническое вещество)

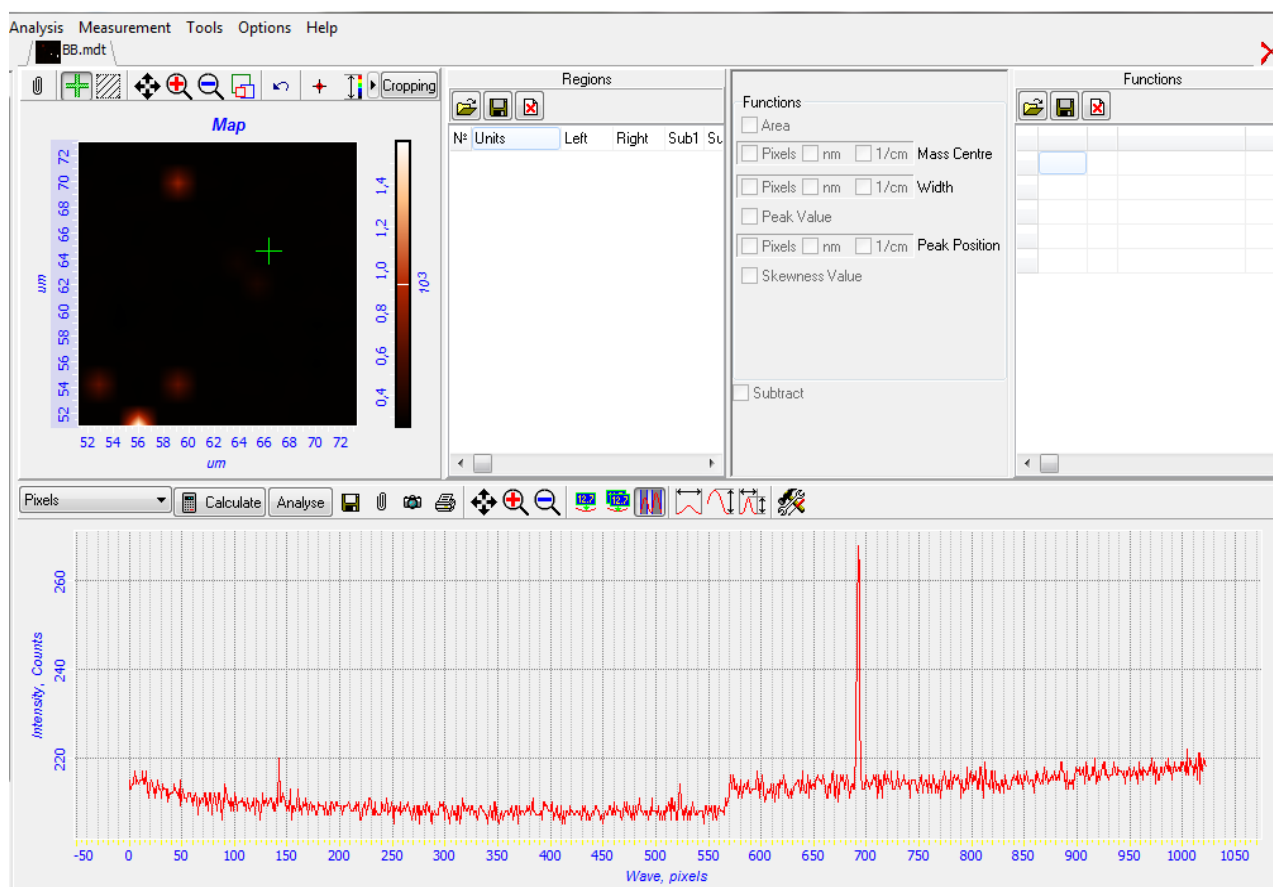


Рис. 3. Данные спектрального анализа образца 3 (пиротехническое вещество)

Таким образом, при помощи визуального анализа и выделения характерных пиков комбинационного рассеяния света взрывчатых веществ производится их идентификация с довольно высокой точностью. Однако для идентификации необходимы базы данных спектров комбинационного рассеяния предполагаемых взрывчатых веществ и материалов.

Литература

1. Драпкин Л.Я., Карагодин В.Н. Криминалистика. М.: Юрайт, 2013.
2. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие. М.: Всерос. науч.-иссл. ин-т противопожарной обороны, 2002.
3. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб.: С.-Петербург. ин-т пож. безопасн. МВД России, 1997. 562 с.
4. Пентин Ю.А. Основы молекулярной спектроскопии. М.: «Мир» БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 398 с.
5. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение: пер. с англ. Б.Н. Тарасевича; под ред. А.А. Мальцева. М.: Мир, 1982. 328 с.
6. Рудаков О.Б., Востров И.А. Спутник хроматографиста. Воронеж: Водолей, 2004.
7. Сущинский М.М. Комбинационное рассеяние света и строение вещества. М.: Наука, 1981. 184 с.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ АКТИВНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЦЕЛЯХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;

А.С. Чашин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены способы получения пожаротушащих наноразмерных порошковых составов, особенности их действия при применении.

Ключевые слова: порошковое тушение, цеолит, депонирование, хлорсилан, буферный раствор, водоугольная суспензия пирокарбон, наноразмерные частицы

METHODS FOR PRODUCING AND APPLYING POWDER FORMULATIONS WITH NANOSIZED ACTIVE COMPLEXES USED FOR EXTINGUISHING

G.K. Ivakhnyuk; A.S. Chashchin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the methods for producing and applying powder fire-fighting agent, its specific in using.

Keywords: powder fire extinguishing, zeolite, depositing, silicon tetrachloride, buffer boron, coal-water slurry pirokarbon, nanoscale particles

Использование наноразмерных порошковых огнетушащих веществ при тушении различных типов пожаров оправдано их большой удельной поверхностью взаимодействия [1]. Подобный эффект возможно усилить с помощью депонирования, в данном случае внедрения одного вещества (активного наноразмерного комплекса) в другое (метод экстремальной адсорбции [2]). В роли транспорта для наноразмерного комплекса может выступать минерал природный цеолит.

Природный цеолит используется в порошковых огнетушащих составах как добавка (5 масс. %) с целью уменьшения слеживаемости [3], а также для адсорбции нефтепродуктов при их разливе. Еще в СССР цеолит использовался в роли носителя огнетушащих адсорбатов [4].

Комбинированные огнетушащие вещества на основе цеолитов возможно применять в огнетушителях и стационарных установках автоматического пожаротушения. Стоит отметить, что цеолиты применяются в различных порошковых составах для уменьшения показателя слеживаемости, то есть сам по себе цеолит мелкой фракции обладает крайне низким показателем слеживаемости и высоким показателем текучести, что обеспечит длительный срок годности порошков на его основе.

Цеолит обладает высокой теплоемкостью (850 Дж/(кг·К)), что тоже оказывает положительный эффект при обеспечении пожарной безопасности в совокупности с высокой удельной поверхностью взаимодействия [5]. То есть при попадании в очаг пожара он сам по себе будет выступать охлаждающим агентом, так как способен служить носителем флегматизатора, ингибитора горения, который в процессе нагревания приведет к снижению интенсивности горения вплоть до его прекращения (рис.).

Низкий показатель слеживаемости, а также возможность сорбировать газообразные и жидкие огнетушащие вещества позволяет обоснованно полагать, что применение цеолитов в роли носителя этих веществ повысит эффективность порошковых огнетушащих средств и их использование при тушении локальных загораний, в том числе и электроустановок под напряжением.

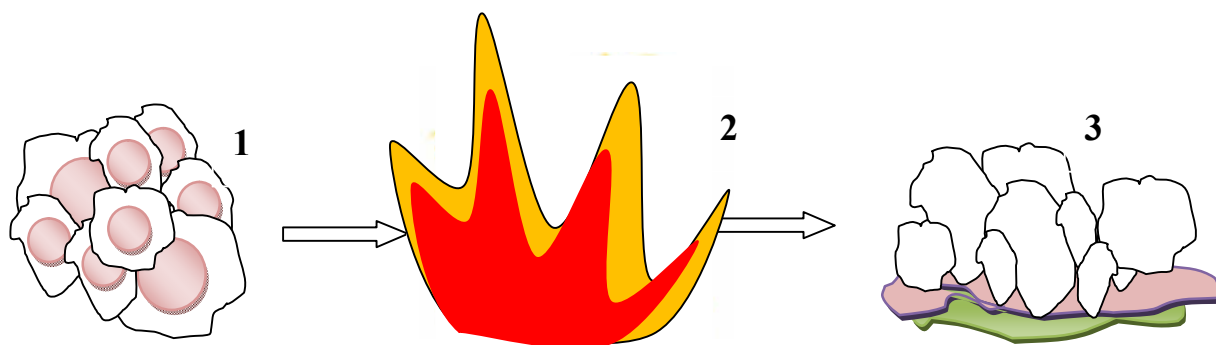


Рис. Принцип тушения очага пожара порошковым огнетушащим составом, насыщенным флегматизатором:

1 – насыщенный огнетушащим веществом цеолит;

2 – термическое воздействие;

3 – слой ингибитора горения, создающийся при температурном расширении пор цеолита

Иной способ получения наноразмерных огнетушащих порошков заключается в использовании буферного раствора с применением тетрабората натрия или соли ортофосфорной кислоты. В последнем молекулярно растворяется значительное количество карбоната кальция (мела без примесей). При подаче в очаг пожара образовавшийся в воде гидрокарбонат кальция разлагается на наночастицы оксида кальция (охлаждающее действие) с выделением углекислого газа (флегматизирующее и изолирующее действие) и соединений бора или фосфора (ингибирующее действие).

Способ тушения лесных и торфяных пожаров путем образования в процессе тушения наноразмерного защитного слоя на поверхности горючего материала заключается в распылении комбинированного огнетушащего средства на основе водного буферного раствора.

За основу буферного раствора взята вода. Для повышения ее огнетушащей эффективности применяется химическая модификация, а именно: создан буферный раствор с использованием тетрабората натрия (буры) для того, чтобы сместить кислотность раствора до создания слабощелочной среды. Создание такой среды необходимо для наилучшего растворения в ней мела (CaCO_3), с которым происходит следующее: при смещении кислотности в сторону щелочной среды карбонат кальция переходит в гидрокарбонат кальция, который более растворим в воде.

Состав предлагаемого буферного раствора такой: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3$. Данный буферный раствор будет обладать следующими свойствами: доступность и дешевизна, а также повышенный огнетушащий эффект. При действии такого раствора на очаг горения будут происходить сразу несколько реакций: CaHCO_3 будет диссоциировать в воде на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и H_2CO_3 , который тут же будет разлагаться на H_2O и углекислый газ (является ингибитором горения), а $\text{Ca}(\text{OH})_2$ под действием температуры разлагается на CaO и воду, затрачивая на это энергию и охлаждая тем самым зону горения и препятствуя дальнейшему распространению пожара.

Для получения максимально насыщенного раствора CaHCO_3 необходимо создать уровень кислотности раствора от 6,5 до 10,3. При соблюдении этих условий будет достигаться максимальный огнетушащий эффект, так как энергия, выделяемая очагом пожара, будет расходоваться на разложение большего количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Таким образом, огнетушащий эффект достигается методом охлаждения (выделяемой в результате нагрева очагом пожара буферного раствора водой), разбавления (выделяемым в результате нагрева очагом пожара буферного раствора углекислым газом), а также химическим торможением реакции горения, так как большое количество энергии расходуется на разрушение межмолекулярных связей CaHCO_3 .

В качестве аналогов можно отметить следующие огнетушащие вещества.

В настоящее время для тушения подстилично-гумусовых и торфяных пожаров применяются различные пенообразователи и поверхностно-активные вещества (НП-1, ОП-7, ОП-10, некаль, растворы гумусовых веществ, которые содержатся в торфе и экстрагируемые из него растворы щелочи аммиака). Ранее для тушения огня применялись некоторые галойдоуглероды, на основе которых разработаны и рекомендованы для тушения лесных пожаров огнегасящие эмульсии ЭФ-1 и, полученные на основе хладона, ЭФ-2. В состав ЭФ-1 включены: хладон 114В 2–5 %, бромистый этил 5 %, ОП-4 эмульгатор 0,5 %, вода 89,5 %, в ЭФ-2 доля воды замещена 15 %-ым раствором ди- или монофосфата аммония.

Многолетняя практика их применения показала, что наибольшей огнестойкостью отличается торф, обработанный растворами боратов, фосфатно-аммонийных солей, альгинатом натрия и пеной с добавкой диаммоний фосфата или альгината натрия. Однако большинство из них эффективно только для тушения торфяных массивов при подаче наземным способом, либо создания влажных заградительных полос, кроме того данные огнетушащие вещества обладают малой химической огнетушащей емкостью и эффективны только в течении короткого времени (до дождя).

Подобный эффект достигается благодаря тому, что образовавшийся в воде гидрокарбонат кальция разлагается на наночастицы оксида кальция, при этом на зону горения оказывается охлаждающее действие, в результате физико-химических процессов происходит выделение углекислого газа, тем самым оказывается флегматизирующее и изолирующее действие, соединения бора оказывают мощное ингибирующее действие. Кроме этого при попадании предлагаемого огнетушащего вещества (ОТВ) на поверхности

образуется прочный наноразмерный защитный слой, состоящий из соединений бора и оксида кальция, который можно разрушить только механически.

Все ОТВ, применяемые для тушения лесных и торфяных пожаров, можно подразделить на пять категорий: растворы, эмульсии, пены, суспензии и твердые вещества. Каждую из этих категорий можно разделить еще на несколько подгрупп, отличающихся между собой по физико-химическим свойствам и механизмам тушения.

Наряду с буферным раствором буры в пожаротушении возможно использование водоугольной суспензии с наночастицами пирокарбона в водном растворе. В данном случае появляется возможность использовать наночастицы технического углерода, которые выпускаются в промышленном масштабе, и диспергировать их в воде [6]. Потребуется поверхностно-активные вещества для повышения гидрофильности пирокарбона и создания угольной взвеси в растворе [7].

Следующее вещество, хлорсилан, относится к растворам. Способ получения заключается в том, что наноразмерные частицы ОТВ образуются в процессе диспергирования (распыления) и сброса (слива) с определенной высоты огнетушащего агента и протекания сложной физико-химической реакции взаимодействия агента и влаги воздуха. В качестве огнетушащего агента применяются хлорсиланы, а именно тетрахлорид кремния.

Применение хлорсиланов позволит достигнуть эффекта тушения сразу по нескольким направлениям, при этом будут реализованы практически все известные способы тушения.

В настоящее время существует четыре основных способа прекращения горения на пожаре, а именно охлаждение, разбавление, изоляция и ингибирование (химическое торможение реакций окисления).

Благодаря своим физико-химическим свойствам хлорсиланы, прежде всего тетрахлорсилан, обладают массой, превышающей более чем в пять раз массу воздуха, при распылении способны образовывать облако, стремящееся вниз, в котором уже будут происходить сложные физико-химические процессы, а именно процессы гидролиза, в результате которых образуется смесь продуктов реакции и сконденсированной влаги воздуха. В состав смеси, образующейся в процессе распыления, входят: мощный ингибитор процессов горения – хлороводород, высокоплотная наноразмерная смесь оксидов кремния, при этом между частицами образуются критически малые расстояния, в результате чего блокируется цепная реакция горения, на поверхности горючих веществ (материалов) и (или) частиц образуется защитный слой, препятствующий образованию выхода продуктов термодеструкции. Образующаяся в процессе распыления коллоидная система, достигающая поверхности земли, выполняет роль огнетушащего вещества по выше описанному механизму, при этом также происходит проникновение ОТВ в толщу торфяного массива и тем самым реализуется механизм подавления процессов гетерогенного горения.

Таким образом, при тушении лесных и торфяных пожаров реализуются:

- охлаждение зоны горения за счет интенсивного испарения огнетушащего вещества;
- разбавление продуктов горения и вытеснение кислорода воздуха из зоны горения в процессе диспергирования ОТВ, его испарения и т.д.;
- ингибирование протекающих окислительно-восстановительных реакций горения за счет образования в процессе химической реакции хлороводорода;
- изоляция и ингибирование при образовании в ходе протекающих химических реакций наноразмерных частиц оксида кремния.

С данным способом пожаротушения лесов и торфяных массивов сложно провести аналогию, поскольку применяемые способы тушения в основном предназначены только для создания заградительных (опорных) полос. Некоторые из них, в основном водные растворы поверхностно активных веществ, применяются также и для тушения, при этом ОТВ готовится в процессе полета и при сбросе оказывает огнетушащее действие аналогичное чистой воде [8].

Не следует забывать про использование в целях пожаротушения золь-гель вещества, в частности неорганические золи, в роли которых может выступать даже канцелярский силикатный клей, и неорганические гели – растворенные в воде твердые наночастицы. Как в золях, так и в гелях находятся макромолекулы твердых частиц, которые при попадании на поверхность с высокой температурой начинают разлагаться и переходят в твердые частицы с большой поверхностью, в процессе чего происходят охлаждение, изоляция зоны горения.

Пожары в резервуарных парках являются сложными и представляющими опасность для соседних резервуаров, смежных сооружений, коммуникаций, пожарной техники, а также приводят к термическому воздействию на организм человека.

Для решения данной проблемы было предложено использовать комбинированные огнетушащие вещества повышенной вязкости. Данные ОТВ обладают следующими преимуществами при тушении пожаров: термическая устойчивость и высокая охлаждающая способность, значительная вязкость, хорошая абсорбция, совместимость со многими флегматизаторами, позволяющая создавать ОТВ с различными огнетушащими характеристиками, возможность подачи на большие расстояния, экологическая безопасность составов, позволяющая исключить опасность загрязнения окружающей среды.

При использовании органических гелей в целях пожаротушения следует отметить их высокую адгезию. На практике органические гели, в частности, на основе карбопола, «прилипают» к раскаленной поверхности (стенки нефтяных резервуаров [9]) и охлаждают ее за счет содержащей в себе воды. Помимо пожаротушащего эффекта замечено положительное влияние гидрогеля на основе карбопола при термических ожогах на теле человека [10].

Использование отмеченных в статье наноразмерных порошковых огнетушащих веществ, благодаря их большой удельной поверхности взаимодействия и комплексному огнетушащему эффекту, позволит добиться высокой эффективности при тушении различных типов пожаров.

Литература

1. Баратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат, 1982.
2. Пименова М.А. Разработка мобильных производств активных углей для жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2005.
3. Варков Р.И. Использование природных цеолитов для повышения пожарной безопасности строительных конструкций и технологического оборудования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2002.
4. Способ получения состава для тушения пожаров: пат. SU 946562 Рос. Федерация.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 352 с.
6. Огнетушащий раствор и способ тушения пожара с помощью этого раствора: пат. WO 2011078728 A1 Рос. Федерация.
7. Влияние электрических переменных полей на критическую концентрацию мицеллообразования (ккм) сульфанола в его водных растворах / З. Гемиш [и др.]: материалы III науч.-техн. конф. молодых ученых «Неделя науки – 2013». СПб.: С.-Петербург. гос. технолог. ин-т (техн. ун-т), 2013.
8. Способ тушения пожара: пат. WO 2011078727 A1 Рос. Федерация.
9. Баратов А.Н., Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Химия, 1979.
10. Иванов А.В., Гаджиев Ш.Г. Использование водногелевых составов для тепловой защиты технологического оборудования и персонала на пожаре: материалы XI междунар. практ. конф. «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы». Беларусь, 2014.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Башаричев Алексей Владимирович – нач. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: basharichev.a@igps.ru, канд. техн. наук;

Бельшина Юлия Николаевна – нач. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: belshinaUN@igps.ru, канд. техн. наук, доц;

Веттегрень Виктор Иванович – вед. науч. сотрудник Физ.-техн. ин-та им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26), тел. (812) 292-71-39, e-mail: Victor.Vettegren@mail.ioffe.ru, д-р физ.-мат. наук, проф.;

Высоких Юрий Евгеньевич – рук-ль направления «аналитические системы» ЗАО «НТ-МДТ» (г. Москва);

Гаджиев Шамиль Гаджиевич – адъюнкт фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Галишев Михаил Алексеевич – проф. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Емельянова Анна Николаевна – адъюнкт фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Есев Родион Юрьевич – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Жданова Анастасия Александровна – студент СПб гос. технолог. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26);

Иванов Алексей Владимирович – зам. нач. фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 645-20-25, e-mail: avivanov@igps.ru, канд. техн. наук;

Ивахнюк Григорий Константинович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: ivachnyuk@igps.ru, д-р хим. наук, проф.;

Казакова Надежда Рашидовна – адъюнкт фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кизунов Игорь Александрович – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-10-47, e-mail: vnlojkin@yandex.ru, д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ;

Мамалимов Рустам Исмагилович – науч. сотрудник Физ.-техн. ин-та им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26), тел. (812) 292-71-39;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: medvedeva.lv@igps.ru, д-р пед. наук, проф.;

Морозов Вячеслав Александрович – адъюнкт фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-10-47, e-mail: mamalun@mail.ru;

Москалёв Евгений Владимирович – доц. СПб гос. технолог. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), канд. техн. наук;

Мынзул Роман Андреевич – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Пименов Юрий Александрович – вед. науч. сотрудник СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: yurimenov@rambler.ru, канд. техн. наук, старш. науч. сотрудник;

Просекин Михаил Юрьевич – компания ООО «Полюс-НТ» (г. Москва), канд. физ.-мат. наук;

Просекина Ирина Геннадьевна – компания ООО «Полюс-НТ» (г. Москва), канд. физ.-мат. наук;

Симонова Марина Александровна – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: simonova@igps.ru, канд. техн. наук;

Скрипник Игорь Леонидович – зам. нач. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: skrypnyk@igps.ru, канд. техн. наук;

Тихомиров Алексей Александрович – рук-ль проекта НаноЭдюкатор ЗАО «НТ-МДТ» (г. Москва);

Чашин Александр Сергеевич – адъюнкт фак-та подгот. и переподгот. науч. и науч.-пед. кадров СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Шмидт Максим Юрьевич – эксперт 10 отдела Экспертно-криминал. центра Гл. упр. МВД России по СПб и Лен. обл. (125130, г. Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, д. 5).



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников.

Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым впоследствии обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за более чем вековую историю подготовлено более 30 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в мировое научно-образовательное пространство. Университет по очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий формам обучения осуществляет обучение по программам среднего, высшего профессионального образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. В целом в университете – 91 направление образовательных программ.

Начальник университета – Латышев Олег Михайлович, кандидат педагогических наук, профессор.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность», вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, высшей математики, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, бюджетного учета и аудита в подразделениях МЧС России, пожарно-технические эксперты и дознаватели. Инновационными программами подготовки стало обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для Военизированных горноспасательных частей по специальностям «Горное дело» и «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня на 45 кафедрах университета свои знания и огромный опыт передают 2 академика РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 7 заслуженных деятелей науки РФ, 21 заслуженный

работник высшей школы РФ, 3 заслуженных юриста РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют 3 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 85 докторов наук, 322 кандидата наук, 93 профессора, 158 доцентов, 28 академиков отраслевых академий, 23 члена-корреспондента отраслевых академий, 7 старших научных сотрудников, 1 заслуженный деятель республики Дагестан, 4 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 2 почетных работника науки и техники РФ, 1 почетный работник высшей школы РФ, 1 почетный радист РФ.

В 2012 г. решением Ученого совета Почетным Президентом Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России избран Статс-секретарь – заместитель Министра МЧС России Артамонов Владимир Сергеевич, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, эксперт Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по проблемам управления, информатики и вычислительной техники, член экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ для осуществления экспертизы аттестационных дел по присвоению ученых званий на соответствие требованиям, установленным Министерством образования и науки РФ, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, в мае 2012 г. награжден почетной грамотой Президента Российской Федерации.

В период с 2002 по 2012 гг. В.С. Артамонов возглавлял Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В состав университета входят:

- Институт развития;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал университета (г. Железногорск, Красноярский край);
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;
- Мурманский филиал университета;
- три факультета: пожарной безопасности, экономики и права, подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Магадан, Махачкала, Полярные Зори (Мурманская область), Петрозаводск, Стрежевой (Томская область), Чехов (Московская область), Хабаровск, Сыктывкар, Бургас (Республика Болгария), Алматы (Республика Казахстан), Бар (Республика Черногория).

В университете созданы:

- административно-правовой центр;
- учебный центр;
- учебно-методический центр;
- центр организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;
- центр информационных и коммуникационных технологий;
- центр международной деятельности и информационной политики;
- центр дистанционного обучения;
- центр по обучению кадетов;
- культурно-досуговый центр;
- технопарк науки и высоких технологий.

В университете по 31 направлению подготовки обучается более 8 000 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 550 специалистов.

В университете действуют 4 диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим, педагогическим и психологическим наукам.

В университете осуществляется подготовка специалистов высшей квалификации, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, адъюнктов, аспирантов и соискателей осуществляется по 9 отраслям науки и 31 специальности.

В целях совершенствования научной деятельности в университете создано 12 научно-исследовательских лабораторий.

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др.

Среди них: Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международный семинар «Предупреждение пожаров и организация надзорной деятельности», Международная научно-практическая конференция «Международный опыт подготовки специалистов пожарно-спасательных служб», Научно-практическая конференция «Совершенствование работы в области обеспечения безопасности людей на водных объектах при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ», Международный конгресс «Вопросы создания и перспективы развития кадетского движения в МЧС России, которые каждый год привлекают ведущих российских, зарубежных ученых и специалистов пожарно-спасательных подразделений.

На базе университета совместные научные конференции и совещания проводили Правительство Ленинградской области, Федеральная служба Российской Федерации по контролю за оборотом наркотических средств и психотропных веществ, Научно-технический совет МЧС России, Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки Российской Федерации, Северо-Западный региональный центр МЧС России, Международная ассоциация пожарных и спасательных служб (СТИФ), Законодательное собрание Ленинградской области.

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами. Традиционно большим интересом пользуется стенд университета на ежегодном Международном салоне «Комплексная безопасность», Международном форуме «Охрана и безопасность» SFITEX.

Санкт-Петербургский университет на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия.

При обучении специалистов в вузе широко используется передовой отечественный и зарубежный опыт. Университет поддерживает тесные связи с образовательными, научно-исследовательскими учреждениями и структурными подразделениями пожарно-спасательного профиля Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, Казахстана, Канады, Китая, Кореи, Сербии, Черногории, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Эстонии и других государств.

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (СТИФ), объединяющей более 50 стран мира.

В рамках международной деятельности университет активно сотрудничает с международными организациями в области обеспечения безопасности.

В сотрудничестве с Международной организацией гражданской обороны (МОГО) Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России были организованы и проведены семинары для иностранных специалистов (из Молдовы, Нигерии, Армении, Судана, Иордании, Бахрейна, Азербайджана, Монголии и других стран) по экспертизе пожаров и по обеспечению безопасности на нефтяных объектах, по проектированию систем

пожаротушения. Кроме того, сотрудники университета принимали участие в конференциях и семинарах, проводимых МОГО на территории других стран. В настоящее время разработаны 5 программ по техносферной безопасности на английском языке для представителей Международной организации гражданской обороны.

Одним из ключевых направлений работы университета является участие в научном проекте Совета государств Балтийского моря (СГБМ). Университет принимал участие в проекте 14.3, а именно в направлении С – «Макрорегиональные сценарии рисков, анализ опасностей и пробелов в законодательстве» в качестве полноценного партнера. В настоящее время идет работа по созданию нового совместного проекта в рамках СГБМ.

Большая работа ведется по привлечению к обучению иностранных граждан. Открыты представительства в трех иностранных государствах (Болгария, Черногория, Казахстан). В настоящее время в университете обучаются более 200 граждан из 8 иностранных государств.

Заключены соглашения о сотрудничестве более чем с 20 иностранными учебными заведениями, в том числе Высшей технической школой профессионального обучения г. Нови Сад и университетом г. Ниш (Сербия), Академией пожарной охраны г. Гамбурга (ФРГ), Колледжем пожарно-спасательной службы г. Куопио (Финляндия), Кокшетауским техническим институтом МЧС Республики Казахстан и многими другими. Организовано обучение представителей университета в Гарвардском университете по программам подготовки руководителей в области безопасности.

В рамках научного сотрудничества с зарубежными вузами и научными центрами издается Российско-Сербский научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности».

В университете на основании межправительственных соглашений проводится обучение сотрудников МЧС Кыргызской Республики и Республики Казахстан.

За годы существования университет подготовил более 1 000 специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран.

Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Издается ежемесячный информационно-аналитический сборник Центра международной деятельности и информационной политики, аналитические обзоры по пожарно-спасательной тематике. Переведен на английский язык и постоянно обновляется сайт университета.

Компьютерный парк университета составляет более 1 400 единиц, объединенных в локальную сеть. Компьютерные классы позволяют курсантам работать в международной компьютерной сети Интернет. С помощью сети Интернет обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса. Необходимая нормативно-правовая информация находится в базе данных компьютерных классов, обеспеченных полной версией программ «КонсультантПлюс», «Гарант», «Законодательство России», «Пожарная безопасность». Для информационного обеспечения образовательной деятельности в университете функционирует единая локальная сеть.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 448 тыс. экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В Электронную библиотеку оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: филиал в г. Железнодорожске и библиотека учебно-спасательного центра «Вытегра», а также учебные центры. Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса). Заключен договор с ЭБС IPRbooks на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фонде библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 261 экземпляр. На 2014 г., в соответствии с требованиями ГОС, выписано 120 наименований журналов и газет, из них более 50 наименований с грифом ВАК. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Ежегодно приобретаются по подписке более 120 наименований отечественных периодических изданий. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. Также выписываются 4 наименования иностранных журналов.

На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Типографский комплекс университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и план издательской деятельности Министерства. Университет издает 7 собственных научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных конференций, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства РФ и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс. Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук».

Учебная пожарная часть университета имеет 13 единиц современной техники. Обучение курсантов и слушателей на образцах самой современной специальной техники и оборудования способствует повышению профессионального уровня выпускников. Исходя из оперативной обстановки в университете, в постоянной боевой готовности находится 100 курсантов, готовых по вызову совместно с караулами УПЧ выезжать к месту пожара или аварии.

Поликлиника университета оснащена современным оборудованием, что позволяет проводить комплексное обследование и лечение сотрудников учебного заведения и учащихся.

Все слушатели и курсанты университета проходят обучение по программам первоначальной подготовки спасателей и пожарных (для факультета экономики и права) с получением удостоверений. Обучение проходит на базе Учебно-спасательного центра «Вытегра» – филиала Северо-Западного регионального ПСО МЧС России; Центра подготовки спасателей Байкальского поисково-спасательного отряда МЧС России, расположенного в населенном пункте Никола вблизи озера Байкал; 40-го Российского центра подготовки спасателей; 179-го Спасательного центра в г. Ногинске; Центра подготовки спасателей «Красная Поляна» Южного регионального ПСО МЧС России.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. был создан Центр по обучению кадетов.

Основные цели деятельности центра – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадетов, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

Центр осуществляет подготовку кадетов по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ.

В 2012–2013 гг. нештатные подразделения спасения университета, в состав которых входили сотрудники структурных подразделений, руководство и курсанты факультета пожарной безопасности, принимали участие в ликвидации последствий крупнейших природных чрезвычайных ситуаций в Краснодарском крае (г. Крымск) и на Дальнем Востоке.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС): участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС. В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете культурно-досуговом центре. Учащиеся университета принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС России, ежегодных профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального творчества пожарных и спасателей «Мелодии Чутких Сердец».

Деятельность творческих объединений университета организует и координирует культурно-досуговый центр.

Одной из задач Центра является совершенствование нравственно-патриотического и духовно-эстетического воспитания личного состава, обеспечение строгого соблюдения дисциплины и законности, укрепление корпоративного духа сотрудников, формирование гордости за принадлежность к Министерству и университету. Парадный расчет университета традиционно принимает участие в параде войск Санкт-Петербургского гарнизона, посвященном Дню Победы в Великой Отечественной войне. Слушатели и курсанты университета – постоянные участники торжественных и праздничных мероприятий, проводимых МЧС России, Санкт-Петербургом и Ленинградской областью, приуроченных к государственным праздникам и историческим событиям.

В университете из числа курсантов и слушателей создано творческое объединение «Молодежный пресс-центр», осуществляющее выпуск корпоративного журнала университета «Первый».

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.

АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются в редакцию журнала с *резолюцией* заместителя начальника университета по научной работе. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб УГПС – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) *электронной версией* статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) *плата* с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, *интервал 1,5*, без переносов, в одну колонку, *все поля по 2 см*, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии *авторов (не более трех)*; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.

3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.

4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневых процессов: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Вниманию авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное, анонимное, рецензирование.

МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Природные и техногенные риски
(физико-математические и прикладные аспекты)

№ 2 (10) – 2014

Выпускающий редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 18.06.2014. Формат 60×84_{1/8}.

Усл.-печ. 13 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149