

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ – ТЕХНОЛОГИЯ XXI ВЕКА

Начиная с середины XX века развитие новых высокоэффективных наукоемких технологий охватывает все сферы промышленного производства. В процессе научно-технической революции, в частности в области естествознания, выдвигается проблема материализации научных достижений, их использования в производственном процессе, иными словами, – проблема ускорения научно-технического прогресса и повышения эффективности производства, находящихся в прямой зависимости от реализации современных научных открытий и созданных на их основе изобретений.

В публикуемой статье мы рассказываем о научном открытии «Явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций» российского ученого академика Александра Григорьевича Мержанова (ученика лауреата Нобелевской премии академика Николая Николаевича Семенова), сделанном в соавторстве с Инной Петровной Боровинской и Валентином Михайловичем Шкиро в 1967 г. В дальнейшем это открытие получило оригинальное название «твердое пламя» или, точнее, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Суть СВС, важного для проведения дальнейших исследований процессов горения и их применения в промышленных целях, заключается в следующем. Иницируется экзотермическая реакция в тонком приповерхностном слое, выделяется тепло, которое благодаря теплопередаче прогревает соседние слои, возбуждает в них реакцию. В результате образуется фронт реакции (фронт горения), самопроизвольно распространяющийся по веществу (шихте) с определенной скоростью, разогревая смесь и переводя исходные реагенты в продукты горения (синтезированные материалы). Достоинства СВС очевидны: отсутствие затрат на электроэнергию для нагрева шихты до высоких температур (работает тепло, выделяемое реакцией); большая скорость процесса; возможность работать с большими количествами вещества одновременно. Трудность – в необходимости правильного выбора шихты, которая в процессе реакции должна выделять тепло, что, к сожалению, ограничивает выбор реагентов. Несмотря на это, уже синтезировано в опытных и производственных условиях свыше тысячи веществ и материалов. Эти разработки имеют применение в разнообразных областях производства: в машиностроении (абразивы, твердые сплавы, инструментальные материалы), в металлургии (огнеупоры, ферросплавы), в электротехнике и электронике (высокотемпературная керамика, клеи-герметики,

электропроводные твердые смазки, оксидные монокристаллы, нагревательные элементы, сверхпроводящие материалы). Трудно назвать область промышленности, в которой продукция, полученная методом СВС, не находила бы применения. Таким образом, открытие явления СВС повлекло за собой революционные изменения в создании широкого спектра новых уникальных материалов, с успехом применяемых в научных исследованиях и промышленном производстве. Это великолепный пример, когда фундаментальный научный результат продолжает свою активную жизнь в промышленных приложениях, прекрасно демонстрируя взаимосвязь научных открытий и созданных на их основе изобретений.

Однако, как говорится на Руси, быстро сказка сказывается, да не скоро дело делается.

В конце 60-х – начале 70-х годов прошлого столетия А.Г.Мержанов сформулировал основные задачи, идеи и содержание фундаментальной теории СВС, названной им «структурной макрокинетикой». Ему удалось решить задачи управления процессом структурообразования СВС, определить его технологические возможности, создать производственную и материаловедческую базы этой технологии. Было исследовано и изучено более 300 реакций, образцов и продуктов синтеза, что привело к пониманию громадных промышленных возможностей СВС. Расширение исследований и усиление их потенциала во многом определили создание научных центров СВС в различных регионах страны. Такие центры возникли в Томске (филиал ИСМАН), Ереване, Москве (МИСИС–ИСМАН), Алма-Ате, Самаре, в Украине и на других территориях Советского Союза. Появились производственные участки в Кировокане, Баку, Ереване, Закарпатье, Ижевске, Чусовом, Дальнегорске, Куйбышеве и других городах, выпускающих продукцию по технологии СВС. В 1992 г. общий объем производства составил 2000 т, что весьма значительно для этого класса продукции. Увеличилось число ученых, инженеров и производственников, работающих в этой отрасли и получив-

ших новую профессиональную подготовку. Еще в 1979 г. вышло постановление Совмина СССР о проектировании и строительстве научно-производственного комплекса СВС, а в 1987 г. – постановление о создании Института структурной макрокинетики (ИСМАН), ставшего головной организацией Межотраслевого научно-технического комплекса (МНТК) «Термосинтез». Таким образом, был создан первый в мире институт, занимающийся проблемами теории, практики СВС и определяющий мировой уровень развития работ в этой области. Во главе этого уникального научного учреждения стал его основатель и создатель нового научного направления «Структурная макрокинетика» А.Г.Мержанов.

Благодаря развитию международных связей и усилению сотрудничества с учеными разных стран появился испано-американский – российский проект «Прометей», в результате реализации которого в Испании создана новая фирма SHS Ceramicas и построен первый в мире полностью автоматизированный завод, выпускающий некоторые керамические порошки, адаптированные к западным технологиям; регулярно проводятся международные симпозиумы по СВС. Высоко оценена перспективность и эффективность СВС-технологии. Например, учеными США и Японии разработаны различные функционально-градиентные материалы, способ изготовления крупногабаритных труб с помощью центробежного СВС-литья. Несколько позже интерес к СВС возник в Китае; активно работают исследовательские группы СВС в Индии, Польше, Корее, Испании, Франции, Югославии и многих других странах.

Масштабность и сложность проблем, стоящих перед современной наукой, требует коллективных усилий, объединения специалистов с различными научными интересами и способностями. Сложившийся в течение многих лет коллектив ученых и инженерно-технических специалистов, приверженцев идеи СВС, принято называть школой академика А.Г.Мержанова, основная научная проблематика которой относится к таким областям, как структурная макрокинетика, теория горения и взрыва, самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Последовательное развитие научной школы иллюстрируется приведенной схемой.

Постоянно расширяя круг исследований, коллектив школы создал множество новых научных направлений и достиг значительных производственных успехов, применимых в различных областях науки и техники. Из новых научно-технических программ наиболее значительной представляется создание завода по производству на основе СВС-порошков карбида вольфрама; в стадии обсуждения находится организация производства режущих пластин СТИМ в г. Ростове.



Наиболее масштабной является программа сотрудничества института с ФГУП «ММПП «Салют», успешно работающим в области авиационного машиностроения. Здесь создается ряд проектов, направленных на эффективное использование СВС-процессов в технологиях изготовления авиационных двигателей. Планируется широко использовать СВС-порошки для нанесения износостойких и жаростойких покрытий на лопатки турбин, керамические стержни для литьевой технологии производства лопаток турбин, тигли для плавления жаропрочных сплавов, штампы для изотермической штамповки, СВС-переплав бракованных и отработанных лопаток, СВС-сварку деталей и множество других технологических операций. Очень важно и ценно, что программа сотрудничества ИСМАН – «Салют» предусматривает работы по созданию новейшего СВС-оборудования по идеям и предварительным разработкам ИСМАНа.

В рамках двустороннего сотрудничества в апреле этого года в ИСМАНе прошел 1-й семинар по использованию процессов СВС в технологии производства газотурбинных двигателей (ГТД). При встрече с нашим корреспондентом академик А.Г.Мержанов ответил на интересующие вопросы. Приводим краткое содержание беседы.

– Александр Григорьевич, почему вы, директор академического института, перед которым стоят фундаментальные задачи развития макрокинетической науки, придаете большое значение связям с предприятиями инженерно-прикладной направленности?

– Наша макрокинетическая наука хороша тем, что позволяет получать интересные фундаментальные результаты, которые сразу же находят дорогу в практику. И этот путь не очень долог. Так было и с нашими первыми работами по тепловому взрыву конденсированных систем. Так было и с работами по самораспространяющемуся высокотемпературному синтезу. И мы привыкли общаться не только с учеными, но и с технологами, конструкторами и производственниками. Поверьте мне, увидеть свой результат не на бумаге, а в действии – это большое удовольствие, и мы стараемся не отказывать себе в этом. Сейчас появились дополнительные стимулы. Это стремление оказать содействие подъему экономики страны. Кроме того, установление контактов с техникой и промышленностью – это способ дополнительного финансирования института. Хочу подчеркнуть, что, проводя научно-технические разработки, мы стараемся находить в них и фундаментальные результаты, сохраняя академический дух работы.

– А имеет ли в этом плане сотрудничество с «Салютом» какие-либо особенности?

– Да, имеет. И, по-моему, их две. Первая – это широкий комплексный подход к проблеме. Мы разработали большую, комплексную программу двухстороннего сотрудничества. В том, что она комплексная и двухсторонняя, нет противоречия, так как возможности обеих организаций большие. В программе – пять крупных разделов (подпрограмм).

– Прошу прощения, а как она называется?

– Программа называется «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез в технологии авиационного двигателестроения». Ее разделы:

- научно-технические разработки, направленные на совершенствование технологии газотурбинных двигателей (ГТД);
- поисковые перспективные исследования, проводимые с целью создать задел для будущих разработок;
- разработка специализированного оборудования;
- организация совместных производств;
- подготовка кадров (молодых специалистов).

Мне нравится эта программа не только своей нацеленностью на большое конкретное дело по «реорганизации» технологии ГТД, но и потому, что в ней сформулированы пункты, решение которых сыграет более широкую роль в практике СВС.

– А какова вторая особенность?

– Вторая особенность – это люди. Все сотрудники «Салюта» – от рабочего до директора – нацелены на работу, на успех, «болеют» за свое предприятие и гордятся им. Они – большие патриоты своего отечества и им «за державу обидно». С таким коллективом мне раньше не приходилось встречаться. Под стать им и директор – Елисеев Юрий Сергеевич. Свою карьеру сделал на предприятии, прошел путь от мастера до директора и поэтому тонко разбирается во всем, что делается на предприятии. Энергичен, умен и смел. И очень важно, что в отличие от многих начальников понимает роль фундаментальной науки. С такими людьми приятно работать. Уверен, что мы сделаем большое дело.

– Давайте вернемся к программе. Что уже сделано? Почему в технологии ГТД нужен СВС?

– Мы начали с главного: взяли за наиболее узкие места в действующей технологии и получили неплохие результаты. Разрешите кратко рассказать о них.

Первая задача связана с керамическими стержнями. Их используют, чтобы сформировать внутреннюю поверхность лопатки, изготавливают из порошка оксида алюминия, который после литья лопатки удаляют пу-

тем растворения, используя вредные растворители. Часто не удается обеспечить полноту растворения, и лопатка «идет в брак». Мы синтезировали методом СВС композицию на основе сиалона, которая с успехом заменяет оксид алюминия (растворяется в более простой, щелочной среде, что приводит к уменьшению брака, обеспечивает лучшее качество внутренней поверхности лопатки и пр.).

Неожиданно хороший результат получен при замене оксида алюминия на так называемый «розовый корунд» (твердый раствор оксидов алюминия и хрома) в составе керамических форм для литья жаропрочного сплава ЖС-6У, из которого изготавливают лопатку. Благодаря более высокой теплопроводности «розового корунда» (наши партнеры называют его «рубин») получен важный эффект измельчения зерен в лопатке (примерно в 3 раза), да и чистота поверхности (теперь уже внешней) улучшилась. Мы получаем «розовый корунд» с помощью алюминиотермического СВС-процесса как побочный продукт при производстве карбида хрома. Теперь уже не ясно, какой продукт основной, а какой побочный. Обе эти разработки непосредственно касаются технологии изготовления лопатки, которая является главным звеном во всей технологии ГТД.

Проводится комплекс исследований по переработке бракованных лопаток (переплавы, заварка отверстий, залечивание дефектов). В этих работах используется СВС-процесс, в котором продуктом синтеза является расплав жаропрочного сплава (ЖС-6У и др.). Такой прямой синтез основного материала ГТД представляет отдельный интерес, но мы вместе с партнерами решили использовать синтезированный расплав не для литья лопаток, а сначала для переплава. Идея проста – в шихту помещают бракованные лопатки и поджигают ее. При горении развивается температура, при которой лопатки расплавляются и образуют единый с продуктами горения расплав нужного состава. При этом нерастворившиеся остатки керамических стержней всплывают и не загрязняют расплав. Что делать с этим расплавом, хорошо известно.

Подход к заварке отверстий и дефектов иной, но тоже базируется на основном процессе синтеза жаропрочного сплава. Мы из него изготавливаем тонкие электроды (это оригинальная часть работы) и используем их для электродуговой наплавки.

Все эти работы уже прошли стадию НИР, и уже встал вопрос о реальном использовании результатов на ФГУП «ММПП «Салют». Кроме того, выполняя эти работы, мы получили и полезные научные результаты по СВС-процессам при высоких давлениях, растворимости сиалонов в щелочной среде, влиянию режимов охлаждения на формирование микроструктуры материала и др.

– Поздравляю вас с первым успехом.

– Но это еще не все. У нас есть обнадеживающие результаты по созданию материалов и штампов для изотермической штамповки, по сварке титановых сплавов, по упрочнению режущего инструмента с помощью тонких твердосплавных покрытий, наносимых СВС-электродами методом электроискрового легирования.

Мне показалось, что руководству «Салюта» нравится сотрудничать с нами, иначе они не предложили бы нам новые, перспективные задачи по созданию керамической лопатки, организации высокоградиентной направленной кристаллизации в СВС-расплавах, исследованию возможностей применения замечательной «черной керамики», синтезированной нами ранее, в узлах трения ГТД и др.

– И это все делалось, делается и будет делаться, используя СВС-процессы? Я знаю, что вы ответите «да», и меня это не удивляет. Сейчас многие верят в СВС-технологии. Она получила мировое признание. И думаю, что руководство «Салюта» правильно сориентировалось. Конечно же, такие замечательные черты СВС, как высокая скорость синтеза материалов, экономия электроэнергии, простота оборудования, возможность работы с большим количеством вещества, отличное качество продукции, вытекающие из самой сущности СВС как автоволнового (фронтального) процесса, самопроизвольно переводящего исходную смесь слой за слоем в ценные продукты с выделением большого количества тепла, не могли не привлечь прогрессивно настроенных специалистов «Салюта». Думаю, что я хорошо ответил на поставленный мною вопрос. Не так ли?

– Согласен с вами полностью. Если бы вы все вопросы излагали в таком ключе, мне было бы значительно легче беседовать с вами.

– И все это вы рассматривали на семинаре? Как он прошел? Был ли это отчет о работе? Или же присутствовало «творческое начало»?

– Мы рассмотрели все интересующие нас вопросы, и семинар прошел неформально. Доклады и обсуждения были перемешаны. С докладами выступали сотрудники не только ИСМАНа, но и «Салюта». Обсуждались не только результаты, но и перспективы, не только технические вопросы, но и вопросы подготовки кадров и даже развития социальной сферы наших отношений. Блестяще провел семинар заместитель директора «Салюта» В.А.Поклад, четко и деловито (я только открыл семинар кратким вступительным словом). Активно вели себя в работе

и на семинаре сотрудники «Салюта» В.Е.Хайченко и О.Г.Оспенникова. Не могу не отметить вклад в сотрудничество соорганизатора программы с нашей стороны и руководителя ряда проектов профессора И.П.Боровинскую, руководителей проектов профессоров В.И.Юхвида, А.М.Столина и В.А.Щербакова. Важно, что все работают с удовольствием, а не только за дополнительное денежное вознаграждение. Ключевую роль в реализации программы играет ее координатор В.В.Деев, прекрасно владеющий знаниями и в области СВС, и в области двигателестроения.

– *Недавно, а точнее, сразу же после вашего семинара, в одном из павильонов бывшей ВДНХ открылась выставка авиационных двигателей. Посетили ли вы ее? Если да, то каковы впечатления?*

– Посетил, и она произвела большое впечатление. Наше двигателестроение живет и развивается, несмотря на плачевное состояние российской экономики. Экспозиция «Салюта» располагалась непосредственно у входа, мимо пройти было невозможно. Ю.С.Елисейев увлеченно рассказывал о достижениях «Салюта», буквально «летая от экспоната к экспонату». Привлекала внимание и наша «пробная» керамическая микротурбинка, а также пара трения из «черной керамики». К сожалению, я не смог участвовать в работе «круглого стола», но говорят, что он прошел интересно, с пониманием роли науки в техническом прогрессе.

– *Я вижу, что сотрудничеству «Салют» – ИСМАН вы придаете большое значение. Оно более широкое, нежели решение важных, но узкоконкретных задач?*

– Вы правы. Я рассматриваю эту программу как образец сотрудничества академического института, имеющего, точнее, способного получать прикладные результаты с предприятиями страны, нуждающимися в новых технических решениях. От такого сотрудничества все выигрывают – и заказчики, и исполнители, и научно-технический потенциал в целом. Я как-то сказал и сейчас повторю: если бы мы имели еще 2–3 такие программы, то за будущее фундаментальной науки (я подчеркиваю, фундаментальной) в нашем институте можно было бы не беспокоиться. Предвосхищая ваш вопрос (я чувствую, что вы хотите его задать), отвечу: да, конечно, часть вырученных средств мы тратим на поддержание именно фундаментальных исследований. Но это уже тема другой беседы.

– *Вы упоминали подготовку кадров. В настоящее время это труднейшая проблема. Престиж науки упал*

(вернее, его опустили), в науку «перестали идти». Как же вы собираетесь эту проблему решать? И как это можно сделать в рамках двухстороннего сотрудничества?

– Да, действительно, это очень трудная проблема, но мы ее обязаны решить, если хотим, чтобы наше дело продолжало существовать. У нас есть программа омоложения института. Она предусматривает привлечение студентов не только московских, но и особенно периферийных вузов к интересным и перспективным исследованиям под руководством квалифицированных специалистов, выделение денежных грантов. У нас есть все, кроме одного. И это «одно» в условиях Черногловки становится главным. Речь, конечно, идет (вы, наверное, догадались) о жилье, об общежитии. Мы придумали оригинальный вариант решения этой проблемы – обменять старое здание барачного типа на два этажа в строящемся жилом доме. Здесь можно было бы сделать хорошее общежитие на 20–25 человек. Мы рассматривали этот вариант как удачный первый шаг на пути решения этой важной для нас проблемы. Но... дом оказался частной собственностью. И Минимущество РФ такой обмен не разрешило. Не разрешило, не вникая в суть вопроса. Не разрешило потому, что у нас такие законы. Но я уверен, что мы найдем решение.

Что касается программы сотрудничества с «Салютом», то здесь все в порядке. Мы движемся к цели двумя путями. Первый, короткий путь – это приобретение квартир «Салютом» в Черногловке под общежитие для студентов и молодых специалистов, которые будут работать в ИСМАНе по тематике программы. Второй путь – более долгий. Это обучение студентов филиала Московского авиационно-технологического института (он размещен на территории «Салюта») общей и структурной макрокинетики, теории и практике горения, химии и технологии СВС-процессов, материаловедению СВС-продуктов. Оба эти направления успешно разрабатываются. Когда ищешь простые решения, не подвластные законам страны, то всегда получается лучше.

Прошу извинения за такой подробный ответ. Тема эта, действительно, очень горячая.

– *Спасибо, Александр Григорьевич. Разрешите пожелать вам успехов в этом нужном и, наверное, интересном деле.*

– Спасибо. Уметь находить важные, нужные и в то же время интересные прикладные задачи, это сейчас просто необходимо для академического института.

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМУСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СИНТЕЗУ (СВС)

Очередной VI симпозиум состоялся в Израиле, городе Хайфа, на базе Техниона – израильского Института технологии, одного из лучших научных центров мира. В работе симпозиума приняли участие ученые из России, Израиля, США, Англии, Китая, Франции, Польши, Германии, Белоруссии, Армении. Наиболее многочисленной (54 человека) оказалась делегация из России и других республик бывшего СНГ. Это объясняется тем, что СВС – наше национальное достояние, он родился в России, а уже потом начал активно развиваться за рубежом.

Условия, в которых проходил симпозиум, были просто замечательные, научная программа была интересной и очень содержательной, а культурная ее часть оказалась выше всяких похвал. По общему мнению, организаторы симпозиума, прежде всего проф. E.Gutmanas (Technion-Israel), доктор А.Сычев (ИСМАН – Россия) и доктор I.Gotman (Technion-Israel), заслужили огромную благодарность всех участников, которые совместили приятное с полезным.

Открытие симпозиума

Высокий уровень проведения открытия симпозиума соответствовал уважительному отношению к его участникам. С приветственными словами к участникам симпозиума обратились мэр города Хайфа А.Mitzma, министр науки и технологии М.Volf, вице-президент Техниона А.Shitzer, декан факультета материаловедения А.Siegman. От израильской части оргкомитета выступили проф. E.Gutmanas и доктор I.Gotman, которые вручили академику А.Г.Мержанову серебряный брус с надписью «Отцу СВС». Затем по традиции состоялась первая лекция А.Г.Мержанова, который в своем ярком выступлении рассказал об истории становления и развития рассматриваемой области науки, выделил основные направления фундаментальных и технологических работ, остановился на современных проблемах индустриализации и коммерциализации технологии СВС. Он отметил успешное развитие технологии в целом и большой прогресс в таких ее направлениях, как механохимия СВС-процессов, структурообразование в продуктах горения, физические воздействия на процессы и продукты, создание керамических и композиционных материалов.

На пленарном заседании выступил E.Gutmanas (Israel), который рассказал об исследованиях израильских специалистов по синтезу многофазной керамики и композиционных материалов в режиме теплового взрыва под давлением (разновидность СВС-компактирования). Эти исследования позволили авторам занять в теории и практике СВС-процессов свою собственную нишу.

В день открытия симпозиума блестяще прочитал лекцию «Trends in Ceramic Materials Development into the third Millenium» профессор Richard Brook (UK) – крупный ученый-материаловед, бывший советник премьер-министра Англии по науке.

Научная программа

В научном отношении каждый симпозиум имеет свои особенности и специфику. На первых симпозиумах, когда казалось, что теория горения и есть теория СВС, обсуждались в основном проблемы феномена твердофазного горения. Далее, на следующих симпозиумах, все больше внимания уделялось технологическим проблемам получения порошковых материалов и изделий различными методами. Практическое использование материалов и изделий резко увеличило количество работ по структурной макрокинетике, что также нашло отражение в программах симпозиумов. В отличие от предыдущих в научной программе VI симпозиума значительно возрос удельный вес материаловедческих работ, посвященных изучению структуры и свойств ценных материалов, полученных по технологии СВС.

Программа предусматривала цикл лекций, которые прочли ученые, имеющие международный авторитет, оригинальных устных докладов, стендовых (постерных) докладов, а также проведение «круглых столов», на которые были вынесены дискуссионные проблемы.

Лекция профессора J.Puszynski (USA) была посвящена проблемам кинетики и термодинамики СВС-реакций, профессор Ю.Максимов (Россия) выступил по проблемам СВС в электрических и магнитных полях, доктор F.Bernard (France) обсудил преимущества механоактивации исходных порошков как способ улучшения свойств материалов, полученных методом СВС.

Ключевые лекции на секционных заседаниях представили профессора Э.Руманов (Россия), L.Kagan (Israel), R.Pampuch (Poland), B.Matkovski (USA) и другие, которые представили современные достижения в таких направлениях СВС, как теория и математическое моделирование, передовая керамика, наноматериалы, сырье для получения порошковых керамических композиционных материалов.

Проблемам современного материаловедения были посвящены лекции профессоров R.Tenne (Israel), F.Aldinger (Germany), R.Cahn (UK). И хотя их лекции, строго говоря, относились к смежным проблемам симпозиума, а не основным, они вызвали большой интерес участников симпозиума и были весьма полезными.

Инициативные устные доклады относились к различным областям физики и химии процессов горения, материаловедения, структурной макрокинетики, технологии химического синтеза неорганических и органических материалов. Эти доклады позволили представить сегодняшний мировой уровень работ в этих областях. Удалось и дискуссии за «круглыми столами» которые высветили новые современные проблемы. Специально поставленные актуальные вопросы подготовили руководители «круглых столов» профессора И.Боровинская (Россия) и R.Pampuch (Poland) – синтез и применение СВС-керамики, А.Рогачев (Россия) – фазо- и структурообразование в СВС-процессах, В.Барзыкин (Россия) и I.Gotman (Israel) – тепловой взрыв, В.Юхвид (Россия) – гравитационные СВС-технологии. Это активизировало и оживило аудиторию.

Формы работы симпозиума были самыми разнообразными. Так, на однодневном международном семинаре по горению, организованном российской и израильской секциями международного Института горения, было представлено 15 докладов российских и израильских ученых. Участники семинара выразили надежду, что этот первый семинар не будет последним.

Приятно отметить, что значительная часть докладов была представлена молодыми специалистами. Только в российской делегации их было 7 человек. Израильская школа СВС также состоит в основном из молодых исследователей, которые выполнили под руководством профессора E.Gutmanas (Israel) интересные оригинальные исследования. Впервые в истории симпозиумов СВС ряд докладов молодых специалистов были отмечены денежными премиями. Одна из премий была получена аспирантом ИСМАНа Д.Ю.Беловым.

В целом симпозиум показал, что высокие темпы развития научно-технической области СВС сохраняются, наметились серьезные сдвиги в проблеме индустриализации и коммерциализации СВС. В качестве примера можно отметить китайские СВС-производства труб с износостойким внутренним слоем (для перекачивания агрессивных сред) и испано-российский завод керамических СВС-порошков.

Участники симпозиума получили разностороннее представление о научной и технологической деятельности в области СВС и в смежных областях науки, в частности современном материаловедении. В связи с этим следует отметить, что границы области СВС постоянно расширяются, а идеи и методы этой области становятся все более привлекательными для специалистов из разных областей знаний.

Культурная программа

В нее была включена экскурсия на святую землю Иерусалима – священного города, символа веры и мира, в древнюю крепость Акко, которую, несмотря на все усилия, не удалось взять Наполеону в 1799 г. По преданию, крепость была трапезной рыцарей Госпитальеров Св.Иоанна. 19 февраля 2002 года в старых стенах крепости, от которых веет мистикой, на банкете для участников симпозиума СВС было объявлено место проведения следующего симпозиума – древний Краков (Польша). Это решение не явилось большой неожиданностью и объясняется признанием достижений польской школы ученых в области СВС, тематика которой связана с традиционными проблемами материаловедения и специальной керамикой.

На заключительном заседании было официально утверждено время и место проведения очередного **VII Международного симпозиума по СВС – Краков, Польша, сентябрь 2003 г.**