

"МЫ МНОГО РАБОТАЛИ И УВИДЕЛИ РЕЗУЛЬТАТЫ СВОЕГО ТРУДА. НО ХОТИМ УВИДЕТЬ БОЛЬШЕ...."

Директор ИСМАН РАН академик А.Г. Мержанов дал интервью И.И. Брагинскому, заведующему корпунктом НТП "Выраж-Центр" в п.Черноголовка



Александр Григорьевич! Вы большую часть своей жизни посвятили изучению явлений в природе и человеческой практике, связанных с горением и взрывом. Какое влияние оказывают эти явления на нашу повседневную жизнь, развитие науки и техники, обороноспособность страны?

Действительно, вся моя научная жизнь связана с процессами горения и взрыва. Начиная с изучения теплового взрыва взрывчатых веществ, а затем и твердых ракетных топлив. Потом стал изучать на этих же объектах зажигание и распространение пламени. Далее занимался исследованием воспламенения и горения частиц и капель. И, наконец, надолго заинтересовался твердопламенным горением (безгазовым, фильтрационным). Интересуюсь также аналогами горения в химии, физике, механике. Это то, что касается личной работы. Однако в силу того что я являюсь председателем Научного совета по горению и взрыву при президиуме Российской академии наук, интерес у меня к этим процессам более широкий.

Должен сказать, что во многих отношениях это замечательные процессы. Чтобы их понимать, нужно иметь широкие знания в области химической кинетики и термодинамики, тепло- и массопереноса, гидро- и газодинамики и других научных дисциплин. Но это

го недостаточно, так как химические и физические факторы в процессах горения и взрыва проявляются не независимо, а во взаимодействии друг с другом. Они образуют оригинальный научный аппарат, основанный на прямых и обратных связях и способный описать свойственные процессам горения и взрыва нелинейные явления и эффекты. Именно поэтому горение и взрыв являются самостоятельной научной областью.

Практическое значение горения и взрыва известно всем – от туристов и домохозяек, использующих горение для приготовления пищи, до инженеров, конструирующих ракеты. Тепло реакции горения используется в теплоэнергетике, энергия расширяющихся газов – в двигателестроении. Неравновесное состояние газообразных продуктов горения может генерировать лазерные лучи. Энергия взрыва дает возможность эффективно проводить горные работы. Применение горения и взрыва в военных целях общеизвестно. На этих процессах держится обороноспособность страны.

Одним из сравнительно новых направлений является использование процессов горения и взрыва для обработки материалов, а также для их синтеза. Технологические процессы, основанные на горении и взрыве, получают в настоящее время значительное развитие.

С моей точки зрения, по совокупности научной значимости и разнообразию практического применения процессам горения и взрыва нет равных. Но нет добра без худа. Процессы горения и взрыва хороши, когда они «ручные», когда они управляемы. Но, увы, пожары, в том числе и бытовые, и лесные, и технологические, взрывы в шахтах и домах – все это издержки, от которых никуда не денешься. Но характерно то, что борьба с этими вредными явлениями опирается

на научный аппарат процессов горения и взрыва, на раздел науки, названный пожаро- и взрывобезопасностью.

Сейчас наш Научный совет разработал концепцию развития горения и взрыва как области научно-технического прогресса с целью вскрыть потенциал нашей науки, наметить новые пути движения вперед. Авторами этой концепции стали ведущие ученые страны. Скоро будет издана книга, в которой освещена эта концепция. Приглашаю всех интересующихся ознакомиться с ней.

Вами совместно с Инной Петровной Боровинской и Валентином Михайловичем Шкиро в 1967 г. было сделано научное открытие, которое получило весьма оригинальное название «Твердое пламя». Не смогли бы Вы в популярной форме рассказать нашим читателям о сути этого явления и более подробно о его применении в практике материаловедения, машиностроения и других направлений науки и техники. Насколько мне известно, это довольно редкий случай, когда научное открытие нашло широкое применение в производстве при непосредственном участии его авторов?

Думаю, что смогу. Но сначала несколько слов об истории этого открытия. Работая в области горения твердых ракетных топлив, мы (старший научный сотрудник Э.И.Максимов, студент-дипломник В.М. Шкиро и я – заведующий лабораторией) в середине 60-х годов поставили перед собой задачу создать полностью безгазовую модель горения – в противоположность твердым ракетным топливам, при горении которых исходные твердые реагенты полностью превращаются в газы. После недолгих поисков такая модель была создана на основе железоалюминиевого термита, забалластированного оксидом алюминия. Результат оказался замечательным. Поджигая такой термит, мы инициировали волну горения, которая фронтально перемещалась по образцу. Но в отличие от горения твердых ракетных топлив здесь в ходе горения сохранились не только формы и размеры образца, но и его масса (что говорило о том, что горение действительно безгазовое). Модель была использована для теоретических исследований и, главным образом, для косвенных оценок кинетики реакции в волне горения.

После выполнения этой работы коллектив распался – Э.И. Максимов увлекся другими задачами (в области макрокинетики полимеризационных процессов), а В.М. Шкиро закончил Томский университет и пока не определился с работой. Мне же очень хотелось реализовать такой безгазовый процесс на более простых в химическом отношении моделях. В голову пришла мысль использовать для этих целей ацетиленид меди – вещество, которое при распаде выделяет медь, углерод и тепло, т.е. все то, что нужно для нашей задачи. В это время к нам в лабораторию пришла И.П. Боровинская – химик-органик высокой квалификации, и я поручил ей синтезировать ацетиленид меди. Она успешно справилась с заданием, получила нужное соединение разными методами, но при изучении горения нас ждало разочарование. Безгазовой модели не вышло – при горении ацетиленида выделялось много газов. Потом мы поняли, что при горении из-за высоких температур может выделяться кристаллизационная вода, испаряться медь. Учитывая также, что ацетиленид меди – вещество взрывоопасное, мы от него отказались и стали по справочнику химика искать другие объекты. Мне очень хотелось найти безгазовые реакции распада (наверное, потому что других реакций я до этого не изучал), но все подходящие, на первый взгляд, объекты (карбиды, бориды, силициды и др.) распадались с поглощением тепла и, очевидно, что волну горения образовывать не могли. Тогда, обсуждая с Инной Петровной в очередной раз ситуацию, мы вдруг поняли «тривиальную истину» – если реакция распада идет с поглощением тепла, то обратная реакция синтеза должна протекать с его выделением. И решено было осуществить безгазовое горение в смеси порошковых реагентов. После ряда консультаций с химиками-неорганиками был выбран первый объект – смесь порошков титана и бора. В это время к нам вернулся после окончания Томского университета В.М. Шкиро, и ему было поручено изучение горения этой системы. Валентин Михайлович успешно справился с поручением (основная трудность была связана с зажиганием). В первых же экспериментах мы обратили внимание на продукт горения – он сохранил форму, был подплавленным и твердым, резал стекло. И мы сразу сообразили, что имеем дело с синтезом в волне горения ценного тугоплавкого продукта.

Процесс получил название «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез» (или, сокращенно, СВС). В.М. Шкиро продолжал заниматься системой титан – бор, а И.П. Боровинская стала изучать горение металлических образцов в азоте в целях синтеза нитридов.

У этих работ в институте было много противников, но остановить исследования было уже невозможно. Даже двухлетнее отсутствие В.М. Шкиро (служба в армии) не уменьшило объема экспериментов, появились новые сотрудники. Работы стали развиваться в двух направлениях – механизм и теория горения (одно), химия и технология СВС-продуктов (другое). Именно в работах по первому направлению процесс был изучен и сформулирован в виде научного открытия «Явление твердого пламени» (твердые вещества реагируют друг с другом при высоких температурах с выделением тепла в автоволновом режиме, образуя твердые продукты реакции). Заметим также, что понятие СВС стало быстро и неконтролируемо расширяться, выйдя за строгие рамки твердого пламени.

Далее исследования начали развиваться как в научном, так и в организационном плане. Вот основные вехи:

□ 70-е годы – расширение химических направлений, начало технологических работ, математическое моделирование и теория, технологии прямого получения методом СВС материалов и изделий, создание инициативных групп в Ереване, Томске, Киеве и других городах;

□ 80-е годы – государственная поддержка, строительство зданий в Черноголовке, создание Научного совета «Теория и практика СВС-процессов», создание МНТК «Термосинтез» и Института структурной макрокинетики. Промышленные внедрения. Начало работ в США и Японии, а затем в Польше, Китае и других странах;

□ 90-е годы – распад деятельности МНТК, лишение государственной поддержки, работа в условиях жесткого дефицита средств. Начало развития международных связей. Проведение международных симпозиумов по СВС, издание международного журнала. Создание растущего международного сообщества специалистов.

Но вернемся к Вашим вопросам. Мне кажется, что суть СВС понятна. Мы инициируем экзотермическую

реакцию в тонком приповерхностном слое. Она выделяет тепло, которое благодаря теплопередаче прогревает соседние слои и возбуждает в них реакцию. И так далее. В результате образуется фронт реакции (его часто называют фронтом горения), который самопроизвольно распространяется по веществу с определенной скоростью, разогревая смесь и переводя исходные реагенты в продукты горения (синтезированные материалы). Кстати, рекомендую посмотреть на сайте ИСМАН в Интернете (www.ism.ac.ru) справку об СВС-процессах, написанную для начинающих работать в этой области. Достоинства СВС очевидны. Это – отсутствие затрат электроэнергии для нагрева до высоких температур (работает тепло, выделяемое реакцией), большая скорость процесса, возможность работать с большими количествами вещества, простота оборудования и др. Трудность – в необходимости правильного выбора шихты (она должна при реагировании выделять тепло, что ограничивает подбор реагентов). Сейчас синтезировано в опытных и производственных условиях свыше тысячи веществ и материалов. Они имеют разные применения: в машиностроении (абразивы, твердые сплавы, инструментальные материалы и др.), металлургии (огнеупоры, ферросплавы и др.), электротехнике и электронике (высокотеплопроводные керамика и клеи – герметики, электропроводные твердые смазки, оксидные монокристаллы, нагревательные элементы, сверхпроводниковые материалы и др.), да и практически во всех отраслях промышленности. Интересующихся СВС-материалами приглашаем ознакомиться с выставкой, постоянно действующей в ИСМАН.

И наконец, Ваш вопрос – почему мы дожили до широкого применения нашего открытия в производстве? (Не обижайтесь, это я попробовал пошутить). Причина, по-моему, одна. Мы много и широко работали и хотели увидеть результаты своего труда. И кое-что увидели. Но хотим увидеть больше.

Широко известно, что Ваши работы по СВС-технологиям получили высокую правительственную оценку. В связи с этим в конце 80-х годов был создан специальный Институт структурной макрокинетики РАН, окончание строительства которого было приостановлено из-за происшедших в нашей стране событий. Как Вы оцениваете дальнейшие перспективы развития ин-

ститута, занимающегося такой важной для промышленности проблемой? Не могли бы Вы рассказать о том, чем занимался институт, например, в июне текущего 2001 года.

Несмотря на трудности, которые испытывает российская наука, наш институт работает в обычном режиме, когда творческий интерес сочетается с целевыми заданиями и организационной активностью. Июнь 2001 года в этом отношении не был исключением. Хотя несколько отличался от других месяцев большей оживленностью.

В июне, конечно, продолжалась научная работа. Как и положено академическому институту. В наших работах с Т.П. Ивлевой получены новые результаты по трехмерному моделированию неустойчивых режимов безгазового горения и впервые исследован хаос. Направлена статья в журнал «Доклады Академии наук». И.П. Боровинская, К.Л. Смирнов и Е.А. Чемагина, используя оригинальные приемы структурного регулирования свойств, синтезировали электропроводную керамику на основе силанов и нитрида кремния, перспективную для изготовления анодов электролизеров. В лаборатории В.И.Юхвида осуществлен переплав отходов никельсодержащих жаропрочных сплавов с получением качественных слитков. Начаты новые исследования. Молодой сотрудник М.Ю. Сенковенко стал исследовать условия синтеза диборида магния – нового сверхпроводника, обладающего высокими критическими значениями напряженности магнитного поля. В лаборатории А.С.Рогачева начались интересные исследования СВС-процессов в наноразмерных многослойных пленках, важные для теории горения и перспективные для нанесения покрытий. И так далее. Это только примеры.

Активно прошла защита докторской диссертации Ю.Г. Морозовым по электрическим и магнитным явлениям в процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Не спадала активность и в организационной деятельности. Мы с А.Е. Сычевым и программным комитетом VI Международного симпозиума по СВС завершили работу над программой симпозиума и книгой тезисов, а с В.А.Веретенниковым разработали информационный проспект Всероссийской конференции «Процессы горения и взрыва в физикохимии и технологии неорганических материа-

лов», проведение которой планируется в июне 2002 г. в Москве. Большую работу со школьниками проводил А.М. Столин.

В июне в нашем институте были проведены два мероприятия, которые потребовали от нас затрат сил и средств. С 12-го по 15-е состоялась X встреча российской и индийской делегаций по вопросам научно-технического сотрудничества двух стран. С нашей стороны делегацию возглавлял академик Г.И. Марчук, с индийской – профессор С.N.R. Rao. Встреча прошла на высоком организационном уровне и завершилась подписанием протокола, утверждающего программу сотрудничества на ближайшие годы (мы активно участвуем в этой программе). Говорят, что впервые такая встреча прошла на базе научного института (ранее проводилась в государственно-административных учреждениях), и всем это понравилось.

А 20 июня мы, не переводя дыхания, провели выездную сессию Отделения физикохимии и технологии неорганических материалов Российской академии наук, посвященную деятельности нашего отделения. Гости заслушали шесть докладов: мой (об институте) и пять научных, которые сделали И.П. Боровинская, В.И. Юхвид, Ю.А. Гордополов, В.В. Азатян и А.С. Рогачев. Участники сессии были ознакомлены с выставкой СВС-материалов и некоторыми лабораториями. Приятно, что наша деятельность получила высокую оценку.

Не успела закончиться сессия, как к нам приехала группа специалистов и бизнесменов из Японии и Тайваня с предложениями о масштабном сотрудничестве.

Вот так прошел июнь. Скучать не приходилось.

Что касается Вашего вопроса о перспективах, то могу ответить так.

В перспективы верю, но надеяться надо только на самих себя. Чтобы обеспечить развитие института, надо научиться правильно реализовывать свои разработки и вырученные средства (хотя бы часть) вкладывать в развитие науки. Это возможно и реально, учитывая популярность нашей тематики. Но надо научиться. Сейчас мы пытаемся делать так, но пока удается лишь в малых масштабах.

Думаю, что читателей журнала «Наука-Производству» интересуют Ваши сегодняшние контакты с российской промышленностью, с деловыми кругами стран

СНГ и дальнего зарубежья, какова обстановка и перспективы?

Во времена Межотраслевых научно-технических комплексов (МНТК) у нас были отличные контакты с промышленностью. Как Вы знаете, наш институт был головной организацией МНТК «Термосинтез», задачей которого было развитие и внедрение СВС-технологий. И мы в то время организовали немало СВС-производств (в Кирово-Актюбске, Баку, Закарпатье, Алма-Ате, Ижевске, Чусовой, Дальнегорске, Куйбышеве и других городах). В 1992 г. общий объем производства составил 2000 тонн, что для этого класса продуктов немало. Кроме того, пользуясь государственной поддержкой, мы создали ряд научно-технических центров СВС (в Тбилиси, Куйбышеве, Алма-Ате), Томский филиал нашего института, Научно-учебный центр СВС МИСИС-ИСМАН и др. Все развивалось отлично – гармонично и эффективно.

Но... в 1992 г. Советский Союз распался, и новая власть не одобрила идею деятельности комплексов, прекратила финансирование, и система МНТК развалилась. Это был большой удар по научно-техническому прогрессу. Наш институт устоял и постепенно стал налаживать новые связи. Но, к сожалению, мы сейчас не так сильны, как были в 1992 г. Тем не менее, сил на сотрудничество хватает. За последние два года заметно повысилась активность специалистов-производственников.

Сейчас прорабатывается ряд новых программ. Наиболее значительной из них является создание завода по производству на основе СВС порошков карбида вольфрама. Технические свойства нашего продукта отличные, экономические показатели тоже хорошие. На первой стадии организации производства получение СВС-продукта будет организовано в Черноголовке, а его переработка в порошки – в Нальчике. В дальнейшем возможно создание более крупного производства в одном месте. Обсуждается вопрос и о создании производства режущих пластин группы СТИМ в Ростове. Ростовские специалисты достигли больших успехов в переработке твердых сплавов и выгодно дополняют наши возможности. Но этот вопрос пока в стадии разработки.

Из научно-технических программ наиболее масштабной является программа сотрудничества ИСМАН

с ФНПЦ ММП «Салют». Это огромное предприятие, успешно работающее в области авиационного моторостроения. Вместе с генеральным директором Ю.С. Елисеевым, человеком увлеченным и, в то же время, высокоответственным, хорошо знающим свое дело, мы создали ряд проектов, направленных на эффективное использование СВС-процессов в технологии двигателей (СВС-порошки для нанесения износостойких покрытий на лопатки турбин, керамические стержни для литейной технологии лопаток, тигли для плавки жаропрочных сплавов, штампы для изотермической штамповки, СВС-переплав бракованных и отработанных лопаток, СВС-сварка деталей и др.).

Кроме того, и это для нас очень ценно, в программу сотрудничества входят работы по созданию новейшего СВС-оборудования по идеям и предварительным разработкам ИСМАН. Здесь будет использован богатый конструкторский опыт предприятия «Салют». Программа предусматривает также совместную подготовку кадров. Мы рассчитываем, что такое сотрудничество принесет обоюдную пользу.

Говоря о наших контактах с деловыми кругами дальнего зарубежья, нужно отметить, что наиболее значительный результат – создание завода по производству СВС-порошков в Испании. Этому событию предшествовала длительная работа, целью которой было доказать, что СВС-технология может успешно работать не только в России, но и в западных условиях (сырье, оборудование, зарплата, дисциплина труда и пр.). Успех этой работы (очень важный для нашего престижа) и привел к созданию завода и новой фирмы «SHS Ceramikas» (учредители: испанская компания ENUSA и ИСМАН). Завод на сегодня по техническому оснащению не имеет себе равных среди других СВС-производств – он малочислен по персоналу, все операции автоматизированы, загрузку и разгрузку реакторов проводит центральный робот. Сейчас линии запущены, и начался трудный и длительный процесс «притирки» к рынку. Зарубежный интерес к нашим разработкам велик, но не всегда выгодно сотрудничать, и мы это хорошо понимаем.

В свое время мы много сделали для республик бывшего СССР. Работы в Армении, Грузии, Азербайджане, Казахстане, Украине, Белоруссии начинались при нашей поддержке и участии. Кое-что мы успели

сделать и в производственном отношении. Например, внедрение в производство СВС-технологии дисилицида молибдена было осуществлено нами совместно с Ереванским институтом химической физики. Но сейчас, к сожалению, деловые связи распались, сохранились лишь дружеские контакты.

Мы считаем, что перспективы объединения усилий специалистов разных стран и разных организаций для крупномасштабного развития и промышленной реализации СВС-технологий есть и они обнадеживающие. Сейчас споры о том, выгодно это или невыгодно, что лучше – новое или старое, прекратились, амбиции классиков-материаловедов утихли (а их в свое время было много), и движение вперед определяется интересами дела и средствами.

Александр Григорьевич! Известно, что существует давний спор о взаимоотношениях фундаментальной и прикладной науки. Как Вы считаете, существует ли такая проблема и, если да, как Вы лично относитесь к сотрудничеству между прикладной и фундаментальной наукой? Где должна проходить грань между ними?

Откровенно говоря, эта проблема мне не нравится. Она вносит нездоровые элементы в отношения между учеными. Да и проблемы как таковой нет. По моему представлению, нет науки фундаментальной и прикладной. Наука едина. Фундаментальными и прикладными могут быть задачи, результаты. Фундаментальная задача направлена на понимание, описание явления, прикладная же – на использование.

Решая фундаментальную задачу, можно получить прикладной результат, и наоборот. Приведу примеры из нашего опыта. В поисках моделей безгазового горения мы открыли явление твердого пламени (фундаментальный результат), которое тут же было использовано для целевого синтеза тугоплавких соединений и создания технологии (прикладной результат). Противоположный пример. Исследуя горение титана в азоте в целях нахождения оптимальных условий синтеза нитрида титана для практических применений (на заре СВС, в конце 60-х годов), И.П. Боровинская (одна из авторов открытия) и ее помощник лаборант В.М. Андрюхин обнаружили необычную, ранее неиз-

вестную форму горения – спиновую волну, в которой реакция горения была локализована не в плоском слое, как обычно, а в очаге, движущемся по поверхности образца по винтовой траектории. Это был крупный фундаментальный результат. Сейчас спиновые волны изучают не только специалисты по СВС, но и ученые, не связанные с этой проблемой – физики, механики, математики.

Я помню такой случай. Это было в начале 60-х годов, в первое время работы в Черноголовке. Наш руководитель, Федор Иванович Дубовицкий, составлял план работы филиала Института химической физики. Ему хотелось сделать два раздела – фундаментальный и прикладной. И оказалось, что все мы дали предложения только в фундаментальный раздел. Тогда в следующий раз он поступил по-другому. Он также сделал два раздела, один – это работы, имеющие практическое значение, к другому относились работы, не имеющие практического значения (т.е. фундаментальные). На сей раз все предложения попали в раздел работ, имеющих практическое значение. Так что не надо спорить, делить, а надо увлеченно работать, заниматься своим делом. Любой полезный результат – будь он фундаментальный или прикладной – должен приветствоваться и оцениваться.

И я горжусь тем, что, развивая науку в области общей и структурной макрокинетики, теории горения и взрыва и имея значительные фундаментальные результаты, мы с удовольствием беремся за прикладные задачи, радуемся производственным успехам.

Мы уже давно сотрудничаем с Вашим институтом. Хотелось бы узнать, как Вы оцениваете издательскую деятельность ООО «Выраж-Центр», выслушать ваши замечания и предложения.

Очень высоко. И считаю, что успех НТП «Выраж-Центр» связан с именем двух людей – Мензуллова Михаила Анварьевича, который глубоко понимает необходимость связи науки и производства и широко ее пропагандирует, и Брагинского Исаия Ионовича, который знает потенциал черноголовских ученых и умеет мастерски его использовать.

Пользуясь случаем, хочу Вам обоим сказать спасибо.