

ЦЕПНАЯ РЕАКЦИЯ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

Физика есть наука, развивающаяся последовательно, и последние достижения в физике опираются на предпоследние. Предпоследние на пред-предпоследние, и так далее.

Л. Д. Ландау

1 Становление и развитие самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

Многие современные технологии, которые мы сегодня считаем необходимыми и даже инновационными, были изобретены нашими соотечественниками. Мы ценим не только научный гений тех, кто отважился выступить с новаторскими идеями, но и их смелость, которая нужна, чтобы не побояться выглядеть безумцем и защищать свои убеждения. Увидеть научную истину раньше других порой означает принять на себя тяжелое испытание. Многие люди готовы цепляться за устоявшиеся теории, отрицая необходимость их переоценки. Хорошо, когда они просто пытаются убедить новатора в ошибочности его предположений. Хуже, когда общество осыпает этих новаторов насмешками.

К выдающимся ученым современности следует отнести академика Александра Григорьевича Мержанова, который благодаря своей потрясающей научной интуиции и широте мышления существенно расширил области применимости теории горения, создал научные и технологические основы альтернативной технологии неорганических материалов — неэнергоёмкой, ресурсосберегающей, высокопроизводительной, экологически чистой, основанной на принципе оптимального использования тепла химических реакций. В ее основе лежит открытие нового типа горения, которое было названо твердым пламенем.

В 1967 г. российские ученые А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская и В. М. Шкиро зарегистрировали открытие мирового уровня «Явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций», № 287, при котором исходные реаген-

ты, промежуточные и конечные продукты остаются в твердом состоянии в течение всего времени превращения. Это открытие авторы назвали самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС; *англ.* SHS — Self-Propagating High-Temperature Synthesis). Создание СВС и разработка теории такого синтеза является выдающимся достижением российской науки.

Академик Александр Григорьевич Мержанов обладал удивительной способностью предвидения. Он прозорливо оценил масштабы и перспективы этого открытия как основы новой экономической технологии получения неорганических соединений и композиционных материалов. Ему было тогда 35 лет. Открытие твердого пламени имеет счастливую судьбу. На основе этого открытия была создана технология СВС — химический процесс, протекающий с выделением тепла в режиме распространения волны горения и приводящий к получению практически востребованных материалов. Это дало мощный импульс к развитию широких теоретических и экспериментальных исследований и созданию ряда новых экономических ресурсо- и энергосберегающих технологий получения порошков тугоплавких соединений, технической керамики, жаростойких изделий и покрытий.

Открытие СВС коренным образом расширило ранее существовавшие представления о горении. Был обнаружен новый класс процессов горения, которые образуют полностью или преимущественно твердые продукты — не газы, как, например, при горении угля и ракетных топлив, а твердые вещества. Это были смеси порошков металлов (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta и др.) и неметаллов (B, C и Si), образующих тугоплавкие вещества: бориды, карбиды, силициды. Это открытие вызвало двойной

интерес. С точки зрения науки о горении образование твердых продуктов приводило к множеству неизвестных и неизученных явлений и эффектов, а с точки зрения технологии материалов продукты синтеза с использованием процесса горения представляли собой ценные тугоплавкие соединения, синтез которых традиционными методами связан с большими трудностями из-за их высокой температуры плавления.

Казалось, что преимущества нового способа получения материалов и изделий, основанного на использовании горения, по сравнению с традиционными печными технологиями очевидны: сам процесс синтеза происходит за доли секунд (вместо часов), при этом технология существенно упрощается и отпадает необходимость в сложном и дорогом оборудовании. Все это делает заманчивым использование горения для синтеза многих тугоплавких соединений и материалов, таких как керамика, керметы, твердые сплавы, покрытия и др. Однако новой идее СВС пришлось разделить судьбу всех принципиальных новых открытий и пройти этапы «этого не может быть», а потом «это все давно известно».

Многие специалисты, привыкшие к традиционным технологиям, встретили новые идеи А. Г. Мержанова «в штаны», с отчуждением и недоверием. Это было нежеланным вторжением в сферы их интересов. Сказалась и сила привычки: постоянно стремясь к новому, человек с трудом отказывается от старого. Сейчас уже стало забываться, сколько ран, тяжелых ударов и потрясений пережили основоположники СВС А. Г. Мержанов и его незаменимый помощник, соратник и супруга И. П. Боровинская, сколько усилий и стараний, умения терпеть и держать удары потребовали от них эти научные и околonaучные баталии. Они убедительно доказали, что ответственность за дело для них важнее личного благополучия. Здесь проявились и редчайший талант А. Г. Мержанова как организатора, умение доходчиво и четко объяснять результаты работы ученых и связывать их с интересами производителей. Именно в это время технология СВС рассматривалась как альтернатива металлургическим технологиям. В результате решения задач управления процессом структурообразования СВС-продуктов были определены технологические возможности СВС, создана производственная и материаловедческая базы этой технологии.

Постепенно, расширяя круг исследований на основе открытия, Мержанов и его ученики создали много новых направлений в науке и технологии и достигли производственных успехов, которые оказали некоторое влияние и на развитие общества.

В течение нескольких десятилетий внимание исследователей в этой новой области науки и технологии было сосредоточено на изучении весьма сложных кинетических и структурных механизмов собственно процессов горения. Целью этого этапа исследований было получение химических соединений и материалов. Была создана новая область науки — структурная макрокинетика (СМК), основной задачей которой является изучение структуры вещества в ходе химического превращения с учетом процессов тепло- и массообмена. Сформулированы основные идеи и подходы в СМК как фундаментальной теории СВС.

2 Признание российских достижений в области самораспространяющегося высокотемпературного синтеза за рубежом

Постепенно скептиков и критиков СВС становилось все меньше и меньше — понадобились время, силы и нервы. А самое главное, были получены конкретные результаты и достижения. Основополагающие работы в области СВС были выполнены школой академика Александра Григорьевича Мержанова, основателя Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук (ИСМАН). Эти работы дали мощный импульс теоретическим и экспериментальным исследованиям и привели к созданию ряда новых экономичных ресурсо- и энергосберегающих технологий получения порошков тугоплавких соединений, технической керамики, жаростойких изделий и покрытий, применяемых в авиационной и аэрокосмической промышленности, машиностроении и других областях. Для этого пришлось активно заниматься внедрением технологических разработок. Одним из примеров практических результатов такой увлеченной работы является создание экологически безопасной промышленной СВС-технологии при сотрудничестве с испанской компанией ENUSA. В Испании был спроектирован и построен мощный современный завод по производству ряда керамических порошков. Этот завод обеспечен автоматическими линиями подачи шихты и выгрузки продукта с помощью регулирующего робота, ведется маркетинг продукции. Потенциал научных работ в области СВС раскрыт еще далеко не полностью. Полученные результаты научных исследований дают базовые знания для дальнейшего развития прикладных иссле-

Тепловой взрыв 	Экспериментальная диагностика теплового взрыва, взрывчатых веществ и твердых ракетных топлив Теория теплового взрыва в конденсированных средах, компьютерное моделирование
Воспламенение и горение 	Экспериментальная диагностика процессов в конденсированных и дисперсных средах (модельные объекты) Теория и математическое моделирование процессов
Макрокинетика неизотермических процессов 	Экспериментальные исследования и теория химико-технологических процессов Неизотермическая кинетика Аналоги горения в химии, механике, физике
Твердопламенное горение 	Открытие явления, закономерности и механизм горения нового класса систем (безгазовое, фильтрационное) Неустойчивые твердые пламена Физические поля и воздействие Кинетика и термодинамика
Самораспространяющийся высокотемпературный синтез 	Химия горения Химический синтез и анализ Химическое регулирование Аттестация продуктов
Структурная макрокинетика СВС-процессов 	Идеология и методология Структурная статика и динамика Динамика фазо- и структурообразования в химических процессах Модельные эксперименты
Технология неорганических материалов 	Новые приемы производства порошков, материалов, изделий, нанесение покрытий, соединений деталей, математическое моделирование, реологические модели, непрерывные СВС-процессы Специализированное оборудование и техническая документация
Создание СВС-производств (участие) 	Маркетинг, эффективность, технико-экономическое обоснование предложений

Развитие научной и научно-технической проблематики школы А. Г. Мержанова

дований, направленных на получение новых материалов с уникальными свойствами, востребованными при создании новых образцов техники.

Не каждое научное открытие имеет счастливую судьбу. По этому поводу мне представляется полезным процитировать некоторые ответы из моего интервью у А. Г. Мержанова накануне празднования 40-летия СВС. Я согласился взять это интервью, оставив за собой решение, о чем спрашивать (зачастую тот, у кого берут интервью, сам готовит

не только ответы, но и удобные для него вопросы).

Мы накануне празднования 40-летия самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Что же произошло 40 лет назад?

Спасибо, Александр Моисеевич. С удовольствием отвечу на этот и другие более сложные вопросы. Мы сумели пройти тяжелый путь от научного открытия до его масштабного промышленного освоения. На этом пути нам пришлось покорить

не одну вершину, преодолеть множество преград. Говоря мы, я имею в виду не только наш черномосковский коллектив, а всех, кто работал над этой проблемой. Мы последовательно решали все задачи, овладевали знаниями и находили оригинальные решения по экспериментальной диагностике и теории горения, термодинамике и кинетике высокотемпературных химических реакций, структурным и фазовым превращениям, по химическому и физическому материаловедению, неорганической химической технологии материалов, конструированию и эксплуатации специализированного оборудования, современным проблемам техники (особенно в части использования материалов). При освоении того или иного нового для нас вопроса нам удавалось сделать что-то новое, важное для этого дела.

Не можете ли перечислить, что именно?

Трудно, так как результатов слишком много. Скажу, что же получилось в крупном плане в результате этого. Мне хочется отметить пять результатов.

1. Создана пограничная область знания между наукой о горении и наукой о материалах. В результате родилась новая научная дисциплина — СМК, рассматривающая как образуются материалы при протекании химических реакций с учетом взаимодействия химических процессов с физическими (тепло- и массопереноса, структурными и фазовыми превращениями). Структурная макрокинетика «подружила» специалистов по горению с материаловедцами. Возникли новые термины: «материалообразующие процессы горения», «материаловедение продуктов горения», понимание того, что горение может не только разрушать, но и созидать.
2. В науке о горении создан новый, крупный, прогрессивно развивающийся раздел — «твердодопламенное горение», обнаружено и описано множество ранее неизвестных явлений, процессов, режимов, эффектов (не будем входить в детали — это очень профессионально).
3. Созданы новые направления в материаловедении, имеющие самостоятельное значение: динамическая рентгенография быстротекущих материалообразующих процессов и электротермография высокотемпературного взаимодействия металлов с газами.
4. Созданы основы так называемой альтернативной технологии неорганических материалов — неэнергоемкой, ресурсосберегающей, высокопроизводительной, экологически чистой, основанной на принципе оптимального использования тепла химических реакций. В ее основе лежит открытие СВС.

5. На основе СВС сформировано мировое сообщество специалистов, объединившихся вокруг ИСМАН, создавшее собственный журнал, организующее международные встречи и связи.

Сделано, действительно, немало. И нет ничего удивительного в том, что хотим по поводу 40-летия СВС устроить праздник.

Я с Вами согласен. Кстати, почему Вы назвали свой доклад «40 лет самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: счастливая судьба научного открытия»?

Да, потому что она действительно счастливая. Не каждое научное открытие имеет такую судьбу. Есть открытия, которые ярко вспыхивают, но быстро погасают. Не будем приводить примеры. Такой вопрос мне уже задавали, и я процитирую ответ: «Жизнь открытия со счастливой судьбой может иметь четыре фазы:

- 1-я фаза — авторы открытия спокойно продолжают свое дело, работая над проблемой в одиночестве;
- 2-я фаза — открытием заинтересовались другие ученые, в других творческих коллективах. Их немного. Все они известны авторам, которые следят за их работой и с некоторыми из них сотрудничают;
- 3-я фаза — ученых, увлеченных идеей открытия, становится много. Авторы уже не успевают следить за ними, многих не знают. Но новые исследователи знают основоположников этой проблемы, ссылаются на их работы или сознательно не ссылаются;
- 4-я фаза — процесс появления новых исследователей вышел из «индукционного периода» и стал быстро нарастать (как при воспламенении). Многие новые авторы не интересуются основоположниками, они увлечены понятой идеей и применяют ее к решению своей задачи, естественно, не упоминая авторов открытия. Проблема оторвалась от них и развивается по своему собственному сценарию.

Вот сейчас наш СВС входит в 4-ю фазу своего развития. В последнее время появилось большое количество новых работ. Я как-то зашел в интернет и был поражен обилием ссылок на СВС. В одной информационной системе я нашел сообщение о том, что в ней содержатся 1 240 000 ссылок. Я увидел множество ранее не известных мне результатов, направлений, авторов. Например, разве можно было догадаться о том, что СВС будет использоваться для уничтожения секретной информации или, например, что по СВС будут проводиться конкурсы дипломных работ?



А. Г. Мержанов объясняет свой концептуальный взгляд на процессы и проблемы СВС

И я совсем не обижаюсь, когда на меня не ссылаются, так как чувствую себя в роли композитора, про песню которого говорят: «Музыка народная». Высшей похвалой для меня является фраза из популярной интернетовской энциклопедии «Википедия»: «Создание СВС и разработка теории такого синтеза является выдающимся достижением российской науки».

Вы написали увлекательную книгу с мужественным названием «Лучше быть нужным, чем свободным». Наверное, не все принимают этот тезис. О себе могу сказать, что я принял его лишь после некоторого осмысления. Будет ли продолжение этой книги?

Прежде всего, хочу сказать, что за эти два года существования книги я получил множество отзывов. Читатели были единодушны в одном: «Написана легко, интересно, увлекательно, читаем с удовольствием». Большинству читателей книга понравилась в целом и в отдельных частностях, одним понравилась правдивость изложения («с самого начала веришь всему, что написано»), другим — искренность (я не стеснялся посмеиваться над собой), третьим — лояльность к противникам (ни о ком не говорил плохо). Обращали внимание на характеристики людей, с которыми я работал или сталкивался, на описание выборов в Академию, на остроумные эпизоды жизни, на преданность делу, на бойцовский характер — мой и моей жены — Инны Петровны и т.д. Были, на мой взгляд, и курьезные высказывания («Ваша жизнь — это пример для молодежи», «Ваша книга — это ода дружбе народов Кавказа», «Вашу книгу рекомендую изучать в 10 классе»). Но так отзывались, в основном, нейтральные люди — те, о которых в книге не могло быть написано, которые меня мало знают.

Мои друзья и коллеги разбились на две группы. Те, о которых я написал много — хвалили книгу. Те, о которых я написал мало или совсем ничего, отзывались о книге сдержанно или вообще не отзывались.

Теперь о названии. Конечно, автор может называть свое творение так, как ему хочется. Мне хотелось назвать ее «лучше быть нужным, чем свободным», заимствовав эти слова из известной песни. Мне кажется, что совершенно ясно, о чем эти слова говорят и содержание книги соответствует этому названию. Но дискутировать по этому вопросу не хочется. Конечно, я рад, что сумел написать эту книгу. Написал я ее на одном дыхании, быстро и легко, так как не вымучивал, а писал только о том, что запомнилось.

Многое Вами сделано для молодежи. В свое время Вы организовали кафедры и научно-учебные центры в нескольких институтах страны. Как хороший тренер, Вы по-прежнему уделяете много времени общению с молодыми учеными. Чтобы Вы сказали в напутствие молодым ученым в их научной карьере?

Я всегда считал и считаю сейчас, что каждый человек должен знать и найти свое собственное место в жизни (как говорят, «найти себя»). Иными словами, он должен жить и работать на пределе своих возможностей и многие наши беды происходят от того, что людей «заносит» и они начинают работать на уровне своей некомпетентности. Ведь не секрет, что многие конфликты происходят потому, что подчиненные умнее (в широком смысле этого слова) своего начальника. Когда человек берется за какое-нибудь дело, то он должен сам понимать, соответствует ли он этому делу, и не делать того, что ему не под силу. Поэтому всем молодым я желаю найти свое место в жизни для того, чтобы получать



Медаль им. А. Г. Мержанова для награждения молодых ученых за научные достижения

удовлетворение (а иногда и удовольствие) от ими содеянного.

Если Вы помните, Александр Моисеевич, когда я был на «руководящей работе» (заведующим группой, лабораторией, отделом, директором и генеральным директором), я всегда знал, что любят и умеют делать мои «подчиненные», а что не любят или не умеют, и всегда старался делать так, чтобы им нравилось работать.

Умным людям я советую идти в науку. Если талантливым повезет с темой, они, несомненно, останутся в науке. Падение престижа науки их не будет смущать, так как они понимают, что это временное явление. Если не повезет, то, поработав в науке некоторое время, они уйдут на другую работу, более оплачиваемую (например, в коммерцию) и там опыт, приобретенный в научных исследованиях, им пригодится. Буду рад, если мои советы кому-нибудь будут полезны.

Сейчас много говорят об интеграции науки и образования. Спорят, нужна ли наука студентам. Ваше мнение по этому поводу?

Реформа образования, безусловно, нужна. Нужна потому, что студентов и школьников обучали не только тому, что нужно, но и тому, что им в жизни не пригодится, и они это легко забывают, а значит, и тратят понапрасну свое драгоценное время.

Вы всегда подчеркивали, что решения фундаментальных проблем должны сочетаться с решениями прикладных задач, причем равновесие должно быть сдвинуто в сторону фундаментальных исследований. Поэтому полной неожиданностью для многих сотрудников института стало Ваше мнение, высказанное в одном из Ваших интервью, что ИСМАН должен

стать Институтом третьей категории (без бюджетного финансирования) и превратиться в производство. Прокомментируйте, пожалуйста, это утверждение.

Александр Моисеевич, давайте сначала приведем цитату. В статье было написано: «Институты третьей группы будут развивать одну, но очень важную проблему, здесь исследования будут проводиться не так широко, как в институтах второй группы, но более целенаправленно и иметь преимущественно прикладной характер. Таков наш Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения». Где было сказано, что ИСМАН должен стать институтом третьей категории (без бюджетного финансирования) и превратиться в производство? Правильно понять то, что написано, не стоит никакого труда. В Вашем вопросе искажены факты.

Вы, наверное, помните, что наш Институт создан в качестве головной организации межотраслевого научно-технического комплекса МНТК «Термосинтез». Он действовал отлично. Сотрудники Института занимались успешно и прикладными, и фундаментальными работами. И все были довольны.

В этой беседе, на которую Вы ссылались, я, по-существу, изложил идею МНТК с некоторыми поправками, связанными с рыночной экономикой. Я понял, что без производства трудно будет развиваться науке. Часть наших исследований — такие очень наукоемкие процессы, как СВС, внедрять очень трудно, так как к производству предъявляются новые требования. Разработчику легче овладеть пониманием, как надо создать СВС-производство и управлять им. А производственнику научиться понимать СВС значительно труднее. И то, что сейчас уже сделано по производственной части, — это дело рук разработчиков (т.е. ученых, занимающихся прикладными исследованиями). Поэтому я считаю, что к созданию научного производства надо привлекать ученых. Но здесь есть и другой аспект. Если ученые Института будут участвовать в создании производства, то Институт (да и сами разработчики) будут получать дополнительные средства. И часть этих средств руководство Институту может использовать для дополнительного финансирования фундаментальных исследований. Разве это плохо? Когда я говорил это в беседе, мне и в голову не пришло, что можно так неверно понять (хотя при желании все можно).

Вы как-то назвали 5 своих любимых учеников. А остальные? Они что, нелюбимые? Я был ответственным редактором книги «Цепная реакция Научной школы А. Г. Мержанова» и знаю, как многие Ваши ученики были счастливы попасть в список Вашей Школы.



VII Всероссийская с международным участием школа-семинар по структурной макрокинетики для молодых ученых. 2007 г. Ректор школы-семинара академик А. Г. Мержанов

Вот здесь есть неточность, в которой виноват, наверное, я. Я говорил об учениках, с которыми я больше всего работал легко, с которыми я любил работать, так как у них учился сам. Конечно, их больше пяти, и это, по-видимому, привело Вас к мысли, что это любимчики. Ваши слова о том, что многие ученики были бы счастливы попасть в список моей так называемой школы, меня радуют. Надеюсь, что Вы не включили в список тех, кто несчастлив.

Судьба так распорядилась, что некоторые известные ученые из нашего Института уехали за границу. Понятно Ваше разочарование по этому поводу. Держите ли Вы до сих пор на них обиду?

Нет, это не разочарование. Это переживание по поводу того, что мы их потеряли. Когда что-то происходит, я всегда стараюсь найти причину. И в большинстве случаев, я понимал, почему уезжает тот или иной ученый. Мне было немного обидно, что достойные люди уезжают без приглашения и в какой-то мере униженные ищут работу.

Все знают Вашу фантастическую работоспособность. Кажется, что с годами эта способность только увеличивается. Спасибо за откровенное интервью. Извините, если некоторые вопросы были неудобными. Здоровья и творческого долголетия Вам.

Спасибо Александр Моисеевич за беседу. Извините, если некоторые ответы были неудобными. Я всегда вспоминаю Ваши замечательные слова об игре в настольный теннис: «Я все делаю так, как Вы, но только чуточку хуже». Желаю Вам всего доброго. Не буду огорчаться, если свои воспоминания Вы напишите «чуточку лучше».

3 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез за рубежом

Надо отметить, что за рубежом высоко оценивают перспективность и эффективность СВС-технологии. В США и Японии эта проблематика стала активно развиваться в 1980-х гг. В активе американских и японских ученых — разработки функционально-градиентных материалов, изготовление с помощью центробежного СВС-литья крупногабаритных труб. Несколько позже возник интерес к СВС в Китае, который за последние годы достиг впечатляющего прогресса.

Активно работают исследовательские группы СВС в Индии, Польше, Корее, Испании, Франции, Югославии и других странах.

Издается журнал *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis* с редакционной коллегией в ИСМАН. Практически во всех основных зарубежных публикациях признается приоритет российских ученых. Вот лишь некоторые высказывания зарубежных ученых в иностранной печати.

«Советы продемонстрировали, что метод СВС является экономичным методом производства различных керамических материалов. Некоторые материалы обнаруживают исключительные свойства, непосредственно обусловленные уникальностью СВС-процесса. Технология СВС этих материалов показала свой потенциал для производства в промышленном масштабе тугоплавких соединений, а в случае карбида титана и дисилицида молибдена заменила об-



А. М. Столин не сразу понял новую СВСовскую идею А. Г. Мержанова. Наверное, это было не очень просто

щепринятый процесс производства, который требует больших затрат энергии. . . Никаких параллельных технологии в США не существует». (Crider, 1983).

«Существующий интерес к СВС в значительной степени обусловлен интенсивными исследованиями в этой области в Советском Союзе, например получения соединений титана» (Rice, 1986).

Пионерская и лидирующая роль современной отечественной школы СВС общепризнана. Есть только отдельные попытки американских ученых изменить термины «СВС» и «СМК», честь введения которых по праву принадлежит А. Г. Мержанову. Создание в рамках этого направления принципиально новой технологии, разработка ее теоретических основ являются величайшим достижением российской науки и вызывают чувство гордости у сотрудников института. Приоритет российских ученых в открытии «твердого пламени» и создании технологии СВС получения различных неорганических материалов и изделий признается у нас в стране и за рубежом. Постепенно расширяя круг исследований на основе открытия, Мержанов и его ученики создали много новых направлений в науке и достигли производственных успехов, которые оказали влияние и на развитие общества, а ИСМАН сыграл ключевую роль в развитии этих важнейших стратегических направлений, которые уже делают его мировым лидером в области СВС.

Бесспорное право на название СВС принадлежит только авторам открытия твердого пламени. Однако сегодня мы обнаруживаем, что шаг за шагом предпринимаются попытки подменить название СВС (SHS), которое им дали авторы открытия твердого пламени А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская и В. М. Шкиро, на другое «альтернативное» назва-

ние: «combustion synthesis». На одном из симпозиумов во Франции (Дижон, 2007) была организована специальная дискуссия по этому поводу. Александр Григорьевич Мержанов справедливо считал, что такая подмена в терминологии противоречит научной этике. Он категорически возражал против использования альтернативного названия «синтез горением». В качестве дополнительного аргумента он отметил, что новое название «синтез горением» является в научном и технологическом смысле неверным, так как продукты синтеза материалов и изделий образуются не только процессом горением, а в результате взаимосвязанного (сопряженного) протекания многочисленных физических, химических, механических, реологических и других процессов.

Большое количество российских ученых считают, что статьи из России в области СВС в зарубежных научных журналах, мол, не берут из-за политики. Поэтому они предпочитают использовать альтернативное название. Можно сделать вывод, что требование ко всем научным сотрудникам публиковаться в высокорейтинговых иностранных журналах может привести к недооценке результатов исследований отечественных ученых. Мы должны сохранять приоритеты российских ученых.

4 О проблемах академической науки

Александр Григорьевич был человеком публичным (public person — человек, известный общественности). В своих интервью он высказывался по

самым острым проблемам академической науки, инновационной и образовательной деятельности. Однако не все его предложения воспринимались однозначно. И это нормально. Масштаб и значение его стратегических предложений выходят за рамки отдельного института и важны для всей нашей академической науки в целом.

Суть взгляда Александра Григорьевича на проблему состоит в необходимости «реформирования не только структуры академических институтов, но и всей Академии. До сих пор считается, что основным предметом деятельности институтов РАН должны быть фундаментальные исследования. Однако, по мнению А. Г. Мержанова, надо широким фронтом развертывать научные исследования и в направлении инновационных и прикладных разработок.

Приведу цитаты из его выступлений.

«Мне кажется, что все три направления развития науки должны быть представлены в Академии наук. Фундаментальные исследования отвечают на вопрос «что», инновационные работы отвечают на вопрос «как сделать», прикладные исследования отвечают на вопрос «где и когда их следует организовать, чтобы быстрее получить результаты». Поскольку Академия является главным органом науки, то она должна шире подходить к выборам направлений исследования. Если раньше Академия занималась только фундаментальными исследованиями, теперь этого недостаточно, так как фундаментальные исследования на экономику страны прямого влияния не имеют».

Важно отметить, что, по мнению автора, необходимо само реформирование Академии и академических институтов с учетом их специфики и особенностей.

«По госзаданию институту сверху устанавливаются нормы в количестве статей и в баллах, которые должен выполнить научный коллектив за год. От выполнимости планов зависит финансовая надбавка не только научных сотрудников, но и подразделений, и всего института в целом.

Досталось даже нашей гордости — знаменитым научным школам. Начались распри между различными органами управления наукой. Несмотря на успешное использование нефтяной трубы, приносящей большой доход России, в науку поступает недостаточно бюджетных средств».

«Действительно, на самом высоком уровне звучат угрозы существованию РАН и в отдельности академическим институтам. И здесь извечный вопрос — «что делать?» — звучит как нельзя более кстати. Нам сверху предлагается простое решение этого вопроса: придуманы многочисленные показатели и критерии успешности академических

институтов (и вузов) по единой шкале показателей успешности. От ученых требуется приложить все свои старания соответствовать новым высоким требованиям. Иначе сверху могут признать научный коллектив отстающим со всеми вытекающими из этого последствиями. Это напоминает успешно проводимые в прошлом соцсоревнования среди колхозов и предприятий, которые, зачастую, принимали карикатурные формы. Однако каждый академический институт самобытен и имеет свою специфику. Попытки подвести под общий знаменатель все институты (как бы это помягче сказать?) не всегда корректны. Нельзя все институты измерять общей меркой, они имеют разные размерности. Это все равно, что отвечать на вопрос, кто сильнее: кит или слон?

К результатам рейтингов надо относиться с большой осторожностью. Известно, что важно не только получить экспериментальные результаты, но и правильно их трактовать. Зачастую неправильная трактовка экспериментальных данных приводит к большим заблуждениям. Так и с рейтингами. Но, самое главное, рейтинги не решают проблем академической науки и отдельных институтов. Это лишь тактические задачи, решение которых создает иллюзию спасения науки. Есть еще один аспект в деле с рейтингами. Они сильно увеличивают бюрократизм в Академии, бюрократический аппарат и влияние чиновников и менеджеров в науке. Именно они определяют правильные, как им кажется, критерии рейтингов и повышающие коэффициенты. Рейтинги становятся инструментом этого влияния».

Александр Григорьевич привел интересные факты из истории создания ИСМАН в конце 1980-х гг. Эта история из советского прошлого очень поучительна с точки зрения отношения к науке вчера и сегодня. Он выделил один замечательный факт из этой истории. Правительством было принято решение о выделении финансирования строительства Института и трех «мержановских» домов в Черноголовке из средств отдельных министерств. Какой-то министр отказался участвовать в этом процессе. Его обругали и через несколько дней сняли с должности за плохое отношение к ученым и науке. Сегодня создается впечатление, что уважительное отношение к ученым потеряно. Радует, что на защиту российской науки и нашего будущего все сильнее раздаются голоса самых авторитетных членов РАН.

5 ИСМАН сегодня

Уникальность ИСМАН состоит в его предназначении — создании принципиально новых про-

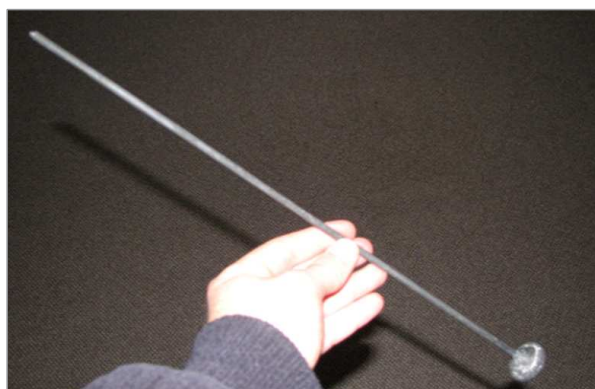
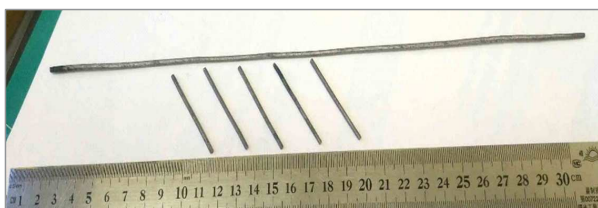


Продукты и изделия, полученные СВС-методами

цессов и технологических способов производства материалов и изделий, а не только улучшении потребительских свойств самого конечного продукта. По смыслу это разные задачи. Вторая задача — более техническая по своему характеру, а первая — технологическая. Практически во всех основных публикациях зарубежных ученых признается лидирующая роль ученых ИСМАН в этой новой области науки и техники. Несмотря на большой масштаб мировых исследований в данной области, результаты российских ученых занимают достойное место, а в ряде направлений российские ученые сохраняют мировое научное лидерство.

За последние 10 лет в стратегии направлений научных исследований произошли изменения. Перечислим лишь некоторые новые достижения ученых ИСМАН:

- создание новых веществ с уникальными физико-химическими свойствами, приобретаемыми благодаря использованию экстремальных условий ударно-волнового воздействия, с целью поиска экзотермических конденсированных систем, способных к химическому превращению в режиме самоподдерживающейся безгазовой детонации;
- развитие прикладных направлений СВС-металлургии, связанных с созданием новых и развитием известных технологических вариантов и применением их для решения сегодняшних и завтрашних задач промышленности, расширение номенклатуры продуктов синтеза и новых партнеров в прорывных направлениях промышленного развития. Одним из таких технологических направлений является создание фильтрационной СВС-пропитки, сочетающего горение смесей термитного типа и селективную пропитку металлическим расплавами продуктов горения элементных систем. Этот метод позволит создавать трубчатые изделия из твердых сплавов и композиционных материалов с уникальными структурой и свойствами;
- разработка метода синтеза высокоактивных многофункциональных полиметаллических катализаторов на основе сложных многокомпонентных СВС-интерметаллидов, не содержащих благородных металлов, является новым и весьма перспективным подходом в химии гетерогенно-каталитических процессов. Метод отличается малостадийностью, энергоэффективностью, использует в качестве сырья дешевые компоненты (оксиды металлов) и дает возможность получать катализаторы заданного состава;
- разработка высокоэффективных опытных СВС-технологий наиболее востребованных порошкообразных, компактных материалов и изделий, включая разработку технологической документации и освоение областей использования СВС-материалов и изделий. Исследования и практические работы проводятся с целью создания высокотемпературной коррозионно-стойкой керамики нового поколения и высокоэффективных технологий, способных производить импортозамещающие важные для практического использования СВС-продукты.



Изделия, полученные в условиях горения в режиме СВС и высокотемпературного сдвигового деформирования

Перспективным направлением в области материаловедения металлокерамических и керамических материалов различного назначения является изучение влияния высокотемпературного сдвигового деформирования на структуру и свойства изделий из этих материалов.

Важный вопрос развития СВС состоит в изучении возможности прямого получения изделий (термин академика А. Г. Мержанова, основателя технологии СВС), минуя стадию получения порошков конечного продукта. В 2003 г. А. Г. Мержанов отметил: «Из всего многообразия наиболее важных задач в области развития технологии СВС можно выделить две задачи, одна из которых «связана с прямым

получением методом СВС (в одну технологическую стадию) изделий нужной формы, размеров, состава и структуры и в конечном счете с заданными эксплуатационными свойствами... Будущее СВС-изделий многообещающее».

В ряде работ выделены различные механизмы влияния высокотемпературного деформирования на структурообразование в процессах СВС. Они обнаружены на разных объектах и не носят универсального характера. На современном этапе развития твердофазных технологий композиционных материалов оказалось, что использование известных представлений реологии не может удовлетворить в достаточной степени разработчиков процес-

сов и методов получения изделий из новых тугоплавких материалов без достаточного углубления знаний о структурных механизмах, определяющих протекание процесса сдвигового деформирования в технологии обработки продуктов синтеза внешним давлением. Развитие исследований в этом материаловедческом направлении актуально и имеет фундаментальное значение для понимания формирования микроструктуры и механизмов структурообразования порошковых материалов в условиях сдвигового деформирования. На наш взгляд, в такого рода исследованиях важно учитывать роль технологических факторов (влияние температурного режима формования изделий, степени деформации, внешнего давления и других технологических параметров). Будущее практическое значение этого направления состоит в перспективе установления возможностей получения наноструктурного состояния материала за счет управления процессом экструзии, прессования, прокатки, штамповки и другими технологическими процессами и рассмотрения комплекса междисциплинарных задач: СМК, материаловедение, реология порошковых материалов и механика сплошных и дисперсных систем.

Поставленные задачи в твердофазных технологиях СВС являются принципиально новыми. Разработанные впервые в ИСМАН технологические процессы до сих пор не реализованы другими авторами как в России, так и за рубежом. А самое главное — произошло омоложение творческого коллектива и его молодые перспективные сотрудники не стремятся уехать на работу за границу. За время работы в жестких условиях ИСМАН так укрепился разными фундаментальными и прикладными результатами в направлении исследований наукоемких процессов СВС, что нас нескоро смогут догнать. Мы последовательно решаем междисциплинарные задачи, овладеваем знаниями и находим оригинальные решения по экспериментальной диагностике, кинетике высокотемпературных химических реакций в условиях сдвигового высокотемпературного деформирования, структурным и фазовым превращениям, по химическому и физическому материаловедению, неорганической химической технологии материалов, конструированию и эксплуатации специализированного оборудования (которое, по правде сказать, устарело и требует своего обновления), современным проблемам техники. Эти работы привели к созданию ряда новых экономических ресурсо- и энергосберегающих технологий получения порошков тугоплавких соединений, технической керамики, жаростойких изделий и покрытий,

применяемых в авиационной и аэрокосмической промышленности, машиностроении и других областях. Для этого пришлось активно заниматься внедрением технологических разработок. Таким образом, наши достижения получили «юридическое» признание.

Принято считать, что крупный бизнес в России не находит мотивации в финансировании отечественных научных исследований. Нам повезло: спрос на наши технологические методы проявила компания РУСАЛ для решения мировой проблемы: получение инертных электродов для электролиза алюминия. Сегодня проявляют интерес к нашим разработкам и другие заинтересованные компании: Росатом, Точмаш. Однако бизнес-компании не поддерживают наши фундаментальные исследования, справедливо считая, что такого рода исследования должны финансироваться государством.

Александр Григорьевич Мержанов в 1991 г. писал: «Мечтой исследователей в области СВС остается прямой синтез изделий в виде продуктов горения». Это предсказание сбылось: разработано новое фундаментальное и технологическое направление: получение изделий методами СВС в условиях высокотемпературного сдвигового деформирования.

Сегодня, несмотря на трудности, Институт по-прежнему работает на высоком мировом уровне в различных областях физики и химии процессов горения, материаловедения, СМК, технологии химического синтеза неорганических материалов. Институт тесно сотрудничает с институтами РАН, с МЧС, Минатомом, Министерством обороны и, конечно, с Минобрнауки. В настоящее время в ИСМАН фундаментальные исследования, прикладные разработки и деятельность по внедрению сбалансированы, причем равновесие смещено в сторону прикладных исследований. Это требование времени.

Использованная литература

1. Буклет ИСМАН. http://www.ism.ac.ru/n_about/booklet/booklet.pdf.
2. Цепная реакция научной школы А. Г. Мержанова / Сост. А. М. Столин. — Черноголовка: Территория, 2001. 70 с.
3. Мержанов А. Г. Лучше быть нужным, чем свободным. — Черноголовка: Территория, 2005. 255 с.
4. Технологическое горение / Под общ. ред. С. М. Алдошина, М. И. Алымова. — М., 2018. 612 с.
5. Мержанов А. Г. С мыслями об академии // Горение и взрыв, 2011. Вып. 4. С. 379–418.

А. М. Столин