
ИСТОРИЯ. ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ. СОБЫТИЯ

АКАДЕМИК АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ МЕРЖАНОВ: ОТ НАУЧНОГО ОТКРЫТИЯ К ПРОМЫШЛЕННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ



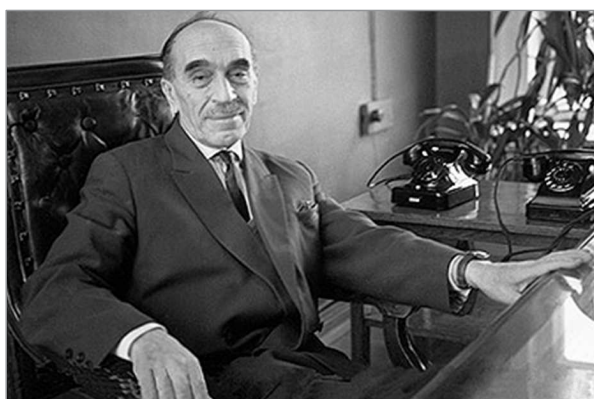
(1931–2013)

Александр Григорьевич Мержанов родился 27 ноября в г. Ростове-на-Дону. Дальнейшее обучение проходило в Ростовском государственном университете, на физико-математическом факультете. После окончания Университета в 1954 г. Мержанов начал свою научную деятельность в Институте химической физики Академии наук СССР, где директором был выдающийся ученый-химик, лауреат Нобелевской премии Николай Николаевич Семёнов. Его определили в группу известного ученого и выдающегося организатора Федора Ивановича Дубовицкого, которая входила в состав лаборатории Николая Михайловича Чиркова и занималась исследованиями в области теплового взрыва.

Перед Мержановым была поставлена первая задача — предвычислять безопасные условия изготовления больших зарядов новых мощных взрывчатых веществ (ВВ) с позиций теории теплового взрыва. Как вспоминал сам Александр Григорьевич,

он стал сразу решать задачи по тепловому взрыву, как будто бы в литературе еще ничего не было, «в то время как любой нормальный человек изучил бы, что сделано, и чего не хватает, и лишь затем сформулировал бы задачу». И только тогда, когда себя исчерпал, стал смотреть, что есть в литературе. А в литературе в работах Н. Н. Семёнова, Д. А. Франк-Каменецкого, О. М. Тодеса — были описаны простейшие модели теплового взрыва. Сравнивая результаты, он с «гордостью» отмечал, что многое из того, что он сделал, было уже известно из этих работ, в частности он повторил в точности теорию Н. Н. Семёнова и преобразование экспоненты по Франк-Каменецкому.

Продолжая работу, вскоре в качестве нового результата обнаружил, что значительную часть времени автокаталитические реакции протекают в квазистационарном режиме и это позволяет получить изящную формулу для расчета времени задержки до взрыва. Великие учителя Николай Николаевич



*Дорогой Семёв на память
о днях грядущих
раб. сем.*
Н. Семёв

Семёнов и Яков Борисович Зельдович новизну работы признали, а на конкурсе молодых ученых Института работа заняла первое место.

Вот так, фактически с первых шагов в науке проявился яркий, самобытный талант Александра Григорьевича, который послужил основой всех его успехов и успехов его учеников в дальнейшей научной и практической деятельности.

Николай Николаевич Семёнов с самого начала относился к Мержанову с большим уважением и ценил его работы.

Хорошее отношение, правда, проявлялось иногда очень своеобразно. Как рассказывал Александр Григорьевич, был такой интересный эпизод, когда к нему по рекомендации Николая Николаевича пришел ученый из Ленинграда с просьбой рекомендовать статью к публикации в «Докладах Академии Наук». Статья называлась «Цепные реакции в силикатах». Мержанов ответил, что Н. Н. Семёнов, наверное, ошибся, так как «ни в цепных реакциях, ни в силикатах он ни черта не понимает». Посетитель заметил, что Николай Николаевич так и сказал: «Ни черта не понимает, но будьте спокойны, разберется в этом лучше многих специалистов». После этих слов Александр Григорьевич взял статью, изучил, написал отзыв, познакомившись с которым, посетитель больше не возвращался.

Вскоре была организована лаборатория Ф. И. Дубовицкого, где А. Г. Мержанов возглавил группу теплового взрыва. В нее вошел университетский товарищ Мержанова В. В. Барзыкин, автори-

тет которого был закреплен еще в ходе его оформления в институт тем, что он «взял» интеграл, который у Франк-Каменецкого считался «неберущимся».

В конце 1950-х гг. Н. Н. Семёнов задумал создать полигон для работы с крупными зарядами взрывчатых систем в районе деревни Черноголовка Московской области. Он назначил директором-организатором полигона Ф. И. Дубовицкого, а в 1960 г. на работу в созданные на полигоне лаборатории пригласил молодых ученых. Александр Григорьевич Мержанов стал заведующим лаборатории воспламенения и перехода горения в детонацию. Вместе с Александром Григорьевичем в Черноголовку переехала его научная группа: В. В. Барзыкин, В. Г. Абрамов — замечательный экспериментатор, Э. И. Максимов, который изучал механизм горения, А. К. Филоненко — экспериментатор, способный проводить тонкие эксперименты. Несколько позднее пришел Б. И. Хайкин — талантливый теоретик, аспирант В. Г. Левича и С. А. Бастанджян, теоретик-гидродинамик, сокурсник Мержанова по Ростовскому университету. Как всегда отмечал Александр Григорьевич, это была сильная команда ученых.

Переезд в Черноголовку совпал с переменой тематики, и лаборатория Мержанова была привлечена к проблеме твердых ракетных топлив (ТРТ). Одновременно с А. Г. Мержановым в Черноголовку переехали Г. Б. Манелис, А. Н. Дремин, Л. Н. Стесик, уже ранее работавшие в ИХФ и проживавшие в Москве. В результате дружной, успешной работы черноголовских коллективов над проблемой ТРТ у Н. Н. Семёнова родилась идея преобразовать полигон в филиал Института химической физики АН СССР, что без труда было сделано. Таким образом, четверо молодых ученых: А. Г. Мержанов, Г. Б. Манелис, А. Н. Дремин и Л. Н. Стесик вместе со своими учителями — фактически заложили первые «кирпичики» в строительство Научного центра «Черноголовка», который в настоящее время известен всему научному миру.

Александр Григорьевич никогда не замыкался в своей работе и с удовольствием работал с партнерами, близкими по тематике исследований. Особенно активно шло сотрудничество с «соседями»: Манелисом, Дреминым, Стесиком. Одним из предметов сотрудничества была химическая кинетика (лаборатория Манелиса), так как кинетические уравнения и константы фигурировали в формулах теории теплового взрыва и без них нельзя было рассчитывать необходимые результаты. Это позволяло успешно проводить работы по экспериментальной проверке теории теплового взрыва.

Очень удачным оказалось сотрудничество с математическим отделом, где работали сильные мате-



Второй Всесоюзный симпозиум по горению и взрыву. Ереван, 1969 г. Слева направо: В. В. Барзыкин, И. П. Боровинская, А. Г. Мержанов, А. С. Штейнберг, В. Б. Улыбин

матики, программисты, была приобретена электронно-вычислительная машина М-20. Работая с математиками, коллектив Мержанова решил много задач, некоторые из них прочно вошли в теорию горения и взрыва. Среди них такие, как численная проверка нестандартной теории теплового взрыва, уточнение формул для скорости распространения ламинарного пламени, описание режима неустойчивого горения. В своих воспоминаниях о годах сотрудничества с математиками — Вандой Томашевой Гонтковской, Сергеем Ивановичем Худяевым и др. — Александр Григорьевич всегда восхищался мудрому решению Федора Ивановича Дубовицкого «завести» в Филиале Института математиков.

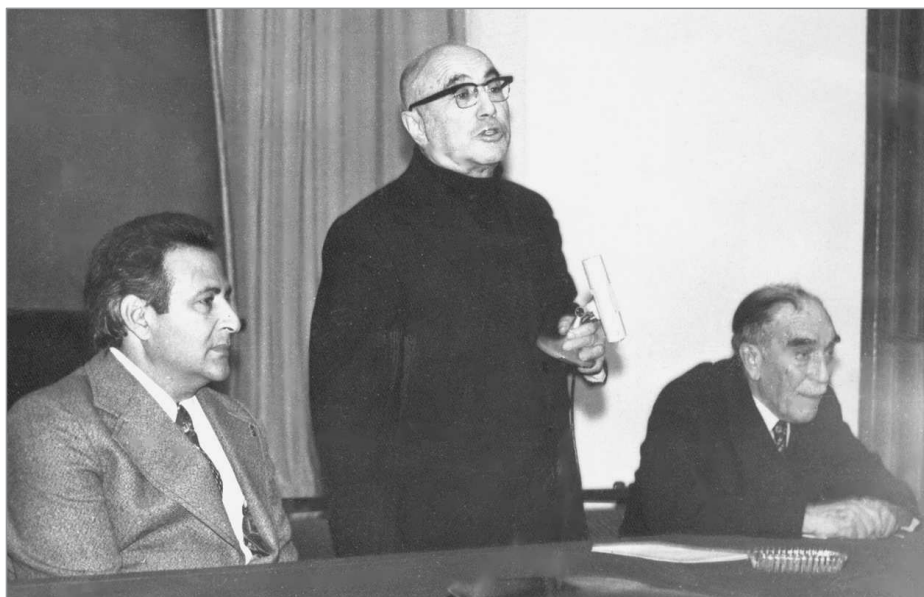
В 1959 г. Мержанов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследования теплового взрыва конденсированных систем», а в 1967 г. — докторскую: «Тепловая теория процессов горения и взрыва в конденсированных системах». Занимаясь научной деятельностью, Александр Григорьевич никогда не забывал о необходимости доводить свои исследования до какого-то практического результата, поэтому его коллектив часто сотрудничал с «прикладными» институтами. У него, например, установились хорошие деловые отношения с технологами Государственного института прикладной химии (ГИПХ).

Лаборатория Мержанова изучила тепловой взрыв всех составов ТРТ. В работе Александр Григорьевич часто общался с директором ГИПХа, выдающимся ученым и организатором Владимиром

Степановичем Шпаком, очень гордился личным с ним знакомством и замечательно сложившимися между ними деловыми и человеческими отношениями.

Если в стране случались какие-то серьезные техногенные аварии, связанные с горением или взрывом, Александра Григорьевича почти всегда включали в государственные комиссии по установлению причин, и он всегда находил ответы в рамках своей деятельности, за что не раз получал благодарности высокого руководства. За время работы в Отделении общей и технической химии Александр Григорьевич был дважды награжден Орденами Трудового Красного Знамени, медалями имени великих ученых разных стран, в том числе золотой медалью имени Я. Б. Зельдовича. В этом же Отделении в 1990 г. он был избран член-корреспондентом АН СССР и академиком АН СССР, хотя ничего «организационного» для этого никогда не предпринимал.

Многие его работы завоевали мировое признание и служили примером «единства» фундаментальной и прикладной наук. О пользе такого «единства» Мержанов говорил и писал неоднократно, в том числе в своей автобиографической монографии «Лучше быть нужным, чем свободным...». Он писал: «Мне противопоставление фундаментальной и прикладной науки никогда не нравилось. Наука едина. Фундаментальными или прикладными могут быть задачи и результаты. При этом, решая фундаментальную задачу, вы можете получить



Симпозиум по горению и взрыву (Алма-Ата, 1980 г.). А. Г. Мержанов, Я. Б. Зельдович и Н. Н. Семёнов

прикладной результат и наоборот, решая прикладную задачу, получить фундаментальный результат». В практике его деятельности примеров справедливости его понимания «наук» было очень много.

Характерной чертой деятельности Александра Григорьевича был «государственный» подход к тем делам, которые могли принести пользу науке, конкретной разработке, стране. И это не громкие слова. Будучи прирожденным организатором, не замкнутым только на свою научную деятельность, он думал, а позже выступал с докладами, много писал и предлагал оптимальные варианты организации науки, структуры академических институтов, системы выборов в члены Академии наук, взаимодействия Академии с вузами, организации конференций, международного сотрудничества и др. Одно из первых практических дел — организация Всесоюзных симпозиумов по горению и взрыву. Он вспоминал, как все происходило: «Почему мы рвемся на Международные Симпозиумы за границу? — спрашивал я сам себя. — Это, конечно, интересно, но большинство наших ученых не могут ездить из-за отсутствия средств и «политического доверия». А почему бы нам не провести свой Советский симпозиум? Н. Н. Семёнов поддержал идею и согласился быть председателем Оргкомитета. Мне как генератору идеи досталась роль «научного конструктора» Симпозиума. Это была трудная работа, так как я еще плохо представлял всю область горения и взрыва. Но в работу активно включился Я. Б. Зельдович, который хорошо знал, «кто есть кто», и помогал мне». Симпозиум удался.

Много внимания Мержанов всегда уделял молодежи, возлагая на молодых ученых большие надежды на сохранение традиций тех институтов, где они потом будут работать, и на дальнейшее успешное развитие важных научных и прикладных работ. Свидетельством этому служит создание системы «Академия—втуз», которую он создал совместно с В. С. Козловым, профессором Куйбышевского политехнического института и проректором этого института С. М. Муратовым. Смысл этой системы заключался в том, что после 2,5 лет обучения в Самаре студенты приезжали в Черногоровку слушать специальные курсы лекций, которые им читали уже известные ученые ФИХФ (ОИХФ) и позже ИСМАНа, в том числе Б. И. Хайкин, Э. Н. Руманов, Ю. М. Григорьев и др. В течение первого семестра обучения студенты выбирали темы, предложенные для дипломных работ, и обучались работам в лабораториях. Когда стало понятно, что такая система себя оправдывает, в Черногоровке создали кафедру «Инженерной химической физики» Куйбышевского политехнического института. Александр Григорьевич очень гордился названием кафедры, которое он придумал и согласился быть ее заведующим.

Система «Академия—втуз» стала устойчивой основой многолетнего сотрудничества с Куйбышевским политехническим институтом, а Александр Григорьевич Мержанов был избран его почетным профессором. И сейчас, когда ищут формы сотрудничества институтов Академии наук с вузами, Александр Григорьевич с гордостью говорил: «А мы это уже проходили».

Продолжая исследования закономерностей горения твердых топлив, А. Г. Мержанов с Э. И. Максимовым изучали механизм горения баллистных порохов. Это была популярная тема, заинтересовавшая их еще во время работы в Москве. Тогда в среде специалистов-горельщиков шел спор, какая из трех зон тепловыделения в волне горения является главной, т. е. определяет скорость горения. Группа сотрудников во главе с Мержановым считала, что это слой, связанный с диспергированием конденсированной фазы, а процессы в газовой фазе не играют никакой роли. Им удалось создать чисто безгазовую модель горения на основе железоалюминиевого термита, забалластированного оксидом алюминия.

Результат был однозначный: скорость горения не зависела от давления инертного газа; значит, ответственной является фаза конденсированная. Эта модель в дальнейшем использовалась для изучения кинетических констант.

Увлечшись этой работой, стали искать более простые системы, первой из которых Александр Григорьевич выбрал ацетиленид меди, распадающийся с большим тепловым эффектом на медь и углерод. Для синтеза ацетиленида меди, поиска новых систем и их изучения Ф. И. Дубовицкий в 1966 г. перевел (с уговорами) в лабораторию Мержанова, где работали фактически только физики-горельщики, химика-синтетика И. П. Боровинскую, работающую у известного ученого-химика Л. Т. Еременко по тематике создания новых фторнитросодержащих компонентов ракетных топлив. До прихода в ФИХФ Боровинская уже имела немалый опыт работы по фторированию соединений урана и других металлов в исследовательском отделе одного из предприятий Министерства среднего машиностроения в «закрытом» городке на Урале. Предприятие возглавлял ученый и организатор промышленности И. Д. Морохов, занявший позднее пост министра этого Министерства.

К идее Александра Григорьевича использовать в качестве модели безгазового горения ацетиленид меди Боровинская отнеслась немного скептически из-за взрывчатых свойств этого соединения, но синтезировать его начала, применив несколько известных методик. Однако до использования ацетиленида меди в качестве модели горения дело не дошло, так как однажды он взорвался с не очень приятными последствиями. Но на этом Александр Григорьевич не остановился, и по его, как оказалось, судьбоносной идее мы стали смотреть термодинамические справочники с целью найти вещества, не разлагающиеся при горении, а, наоборот, «соединяющиеся» с выделением большого количества тепла. Их оказалось довольно много

и после консультаций с неорганиками Г. Н. Нечипоренко (ОИХФ) и Б. М. Таракановым (ИНХП) остановились на системах тугоплавкий металл–неметалл (из-за высокой экзотермичности реакций образования продуктов горения).

По нашей просьбе Борис Михайлович Тараканов — специалист в области синтеза неорганических соединений плазмохимическим методом — дал нам порошки титана и бора, а провести эксперимент по поджигу этой смеси Мержанов поручил Валентину Михайловичу Широ, стажеру Э. И. Максимова из Томского университета. Он только закончил стажировку, и Александр Григорьевич решал его дальнейшую судьбу. Образец сгорел очень красиво, передавая тепло от слоя к слою, меняя цвет от очень яркого к желтому и красноватому. Газы не выделялись, образец не потерял ни формы, ни размеров, а превратился в очень твердый, почти «алмазный» спек.

Довольно долгое время мы, уже работая в группе, проводили исследования закономерностей и механизма горения разных безгазовых смесей, таких как $\text{Me}-\text{C}$, $\text{Me}-\text{Si}$ и $\text{Me}-\text{N}$, сосредоточившись исключительно на теории горения. Мы понимали, конечно, что происходит образование очень твердых соединений, и стекла на окнах сгоревшими образцами уже «резали».



Картина заслуженного художника России В. Мочалова (юбилейный дружеский шарж, 1981 г.)



Симпозиум по макроскопической кинетике и химической газодинамике (Алма-Ата), 1984 г. За столом: А. Г. Мержанов, В. С. Шпак, Жолдасбеков — ректор Алма-Атинского университета, Я. Б. Зельдович, Г. И. Ксандопуло, А. Н. Дремин

Получив значительное количество тугоплавких соединений разных классов: боридов, карбидов, нитридов, силицидов, оксидов, а через некоторое время композиционных материалов на их основе, мы с Александром Григорьевичем поехали в Киевский институт проблем материаловедения НАН Украины на суд специалистов порошковой металлургии, синтез которых возглавлял тогда член Академии наук Украины Самсонов Григорий Валентинович. Он повосхищался «экзотикой», одобрил возможное новое направление и стал приглашать нас на заседания некоторых своих научных советов и конференций.

Металлурги и материаловеды настороженно отнеслись к нашим результатам, говорили, что все это останется «в пробирках», так как технологии сделать невозможно, демонстрировали свое преимущество. Некоторые московские известные неорганики вообще откровенно не приняли этого метода, который Александр Григорьевич назвал «Самораспространяющимся высокотемпературным синтезом» (СВС). Кое-кто из них говорил, что этим методом невозможно получить чистые, однородные продукты, а другие — что все это уже давно известно, имея в виду внепечную металлургию Бекетова и ссылаясь почему-то чаще всего на пример «сварки» рельсов. Но мы продолжали работать. Федор Иванович Дубовицкий, проявив большой интерес к новой работе, укрепил лабораторию Мержанова сотрудниками из ОИХФ и специалистами, пришедшими из других организаций, которые стали «пионерами» СВС. Этот первый небольшой коллектив состоял из экспериментаторов, теоретиков, материаловедов, химиков-анали-

тиков, конструктора оригинального СВС-оборудования и двух аппаратчиков.

Большую роль в понимании природы СВС-продуктов сыграли аналитики — К. М. Никульшина и Н. В. Смирнова, а закономерностями механизма СВС-процессов — теоретики К. Г. Шкадинский и Н. И. Озерковская. Направлению СВС повезло с самого начала — его дальнейшее успешное развитие непосредственно связано с высокой квалификацией, увлеченностью делом и дружной работой первого научного коллектива, возглавляемого Александром Григорьевичем Мержановым.

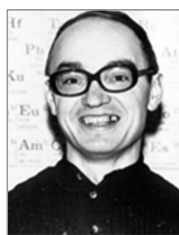
А потом сработала система Мержанова «Академия—втуз». Из Куйбышевского политехнического института, Ереванского университета и Политехнического института из Москвы приехали студенты для учебы на кафедре Александра Григорьевича и работы в ОИХФ. Очень многие из них потом быстро защитили кандидатские и докторские диссертации, работая по тематике СВС в разных направлениях: синтез, теория горения, макроскопическая кинетика, технология, материаловедение. Студенты подошлись способные, увлеченные наукой. Среди них быстро проявились будущие лидеры: Александр Сергеевич Рогачев — серьезный, сосредоточенный ученый, склонный к тонким исследованиям с применением современных приборов; Александр Сергеевич Мукасян — яркий представитель нового поколения ученых и другие не менее способные. Из Санкт-Петербурга (Ленинграда) по приглашению Мержанова переехал в Черноголовку его друг и соратник по работе в области горения и взрыва, талантливый ученый, изобретатель, теоретик Александр Семенович Штейнберг,



*И. П. Боровинская,
химик-синтетик*



*Б. И. Хайкин,
теоретик*



*А. П. Алдушин,
теоретик*



*В. М. Шкиро,
экспериментатор*



*А. К. Филоненко,
экспериментатор*



*В. М. Маслов,
материаловед*



*Г. А. Вишнякова,
материаловед*



*Ю. М. Григорьев,
специалист по
кинетике реакций*



*В. К. Прокудина,
технолог*



*В. И. Ратников,
конструктор,
технолог*

Пионеры СВС

выросший в среде известных поэтов, писателей, людей искусства.

Мержанов и Штейнберг обладали способностью заниматься наукой не только в области процессов горения, но и многих других областях. Забытые однажды во время конференции на Камчатке в «Долине гейзеров», прожив одни в лесу неделю, они разработали там «Теорию гейзерного процесса», написали статью в журнал «Доклады Академии наук», а затем еще 30 статей на эту тему. «Геологические авторитеты» все работы признали, а авторы, вернувшись в Черногоровку, сконструировали модель гейзерного сейсмографа.

В момент пополнения лаборатории Мержанова тематика СВС значительно расширилась. Освоив порошковый вариант СВС, мы во главе с Александром Григорьевичем задумались о совмещении процесса горения с механическими и физическими воздействиями: прессованием, газостатированием, литьем особо высокоэкзотермичных систем, ударными волнами и др. для одностадийного получения компактных материалов и изделий. Простое, по сравнению с печным, оборудование СВС и методика проведения экспериментов это позволяли. А. С. Штейнберг и пришедший в ОИХФ специалист по теории и практике экструзии полимеров А. М. Столин предложили вариант СВС-экструзии. Практически все это работает в настоящее время — так родилось целое научно-техническое направление — «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез».

Первое признание нового направления мировым сообществом материаловедов выразилось выдачей патента на метод СВС разными странами, в том числе ведущими (США, Англия, Франция, Италия и др.). Этот патент мы составляли сами с Александром Григорьевичем, так как в ОИХФ еще не было патентного отдела. Ездили в Патентное ведомство СССР, работали с патентоведом, между делами осваивая сложную систему патентования разных стран. В патенте делали упор на особенности СВС, связанные с процессом горения, понимая, что все новое всегда имеет своих предшественников, и ознакомившись поближе с внепечной металлотермией и случайными, не связанными с синтезом экспериментами (в основном, в системах металл—газ и главным образом в XIX в.), приводящими при горении к образованию соединений.

Все страны, кроме Японии, патенты выдали быстро. Патентное ведомство СССР решило попробовать «отстоять» наш патент, хотя, как потом признались руководители Ведомства, в Японии это почти безнадежно. На суд отправили работника Торговой палаты Лебеву Наталью Георгиевну, а от специалистов — Боровинскую Инну Петровну. История защиты оказалась очень интересной, так как мы, на удивление руководства Патентного ведомства, суд выиграли довольно легко, продемонстрировав все особенности и преимущества СВС. Почти все остальные многочисленные патенты составлялись с помощью сотрудников Патентного отдела ОИХФ,



Выступает Президент Академии наук СССР академик Г.И. Марчук. За столом: министры цветной и черной металлургии, представители Госплана, Отдела науки ЦК КПСС, академики А. Г. Мержанов, Ю. А. Осипьян

который создал Ф.И. Дубовицкий, после нашей «победы» в Японии.

В 1984 г. на процесс СВС было выдано Открытие СССР, сформулированное как «Явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций» № 287, датированное 1967 годом и позже получившее простое название «Явление твердого пламени». Авторы: А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская и В. М. Шкиро. Обсуждая характерные черты открытия, Мержанов выделял главные из них: высокие значения теплового эффекта, сильное кинетическое торможение, самораспространение при малой глубине реакции (не нужно полное превращение вещества), фронтальный (волновой) характер распространения реакции, высокие скорости нагрева вещества в волне горения и высокие скорости распространения фронта, зафронтальные процессы, не влияющие на скорость горения (фазовые и структурные превращения в первичных продуктах), которые считал основной отличительной чертой СВС от горения порохов и ВВ. На основании этих характеристик им были предложены два понятия процессов:

ГОРЕНИЕ = тепловыделение + теплопередача;

СВС = горение + структурообразование.

Предшественниками открытия СВС со стороны «горельщиков» Александр Григорьевич считал «Теорию распространения пламени в газах» (Зельдович, Франк-Каменецкий, 1938 г.), «Механизм и теорию горения газифицирующихся конденсированных систем» (Беляев, Похил, Зельдович, Мержанов, Новожилов, 1939–1965 гг.), «Экспе-

риментальную модель безгазового горения в разбавленном железоалюминиевом термите» (Максимов, Мержанов, Шкиро, 1965 г.). С синтеза ацетиленида меди началось целенаправленное изучение механизма горения конденсированных систем (Мержанов, Боровинская, 1966 г.).

Первый свой научный доклад об СВС А. Г. Мержанов сделал на Втором симпозиуме по горению и взрыву в Ереване в 1969 г. Некоторые старые друзья-горельщики обиделись на Александра Григорьевича, считая, что он отходит от классических процессов горения.

Большим достижением лично Мержанова в дальнейшем расширении СВС было его предложение проводить школы-семинары по теории и практике СВС-процессов один раз в 2–3 года в разных городах Армении.

Школы были замечательные. Александру Григорьевичу удалось создать непринужденную обстановку, но деловую и очень интересную, никто не прогуливал. Число участников доходило до 100 человек. Гостями были известные ученые — представители смежных дисциплин (металлургии, химии, химической физики и др.). На одной из школ в гостях был известный писатель и журналист Ярослав Голованов. Увидев и услышав, как все проходило, он сказал Мержанову: «Ну, ты, старик, можешь теперь помирать — твое дело будет жить и без тебя», за что мы на него очень обиделись.

В конце 1970-х гг. в судьбе СВС произошли важные изменения. По предложению Ф. И. Дубовицкого наш процесс посмотрел приехавший в Черноголовку Председатель Планового комитета СССР



Друзья-соседи встречают нового академика у его дома: Лев Николаевич Стесик и Вилен Вагаршович Азатыан

Н. К. Байбаков. Ему очень понравились и сам процесс, и идея создания новых технологий производства твердых сплавов, в особенности вариант силового СВС-компактирования (СТИМ-технология¹). Он предложил подготовить Постановление Совета Министров по развитию и практическому использованию работ по СВС в народном хозяйстве. Постановление вышло 12 января 1987 г. за № 47 вскоре после доклада Мержанова на заседании Правительства, на котором он показал небольшую выставку продуктов СВС и подробно изложил суть процесса, его особенности и преимущества по сравнению с традиционными технологиями, а также предложил создать в Госкомитете СССР по науке и технике Научный совет по теории и практике СВС-процессов, что вскоре было сделано.

Постановление содержало перечень и условия выполнения мероприятий по развитию направления СВС, в том числе создание Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Межотраслевого научно-технического комплекса (МНТК) «Термосинтез», выполненного в 1985 г. Кроме чисто производственного раздела в Постановлении Правительства были внесены задания по социальному развитию и инфраструктуре Черноголовки. В 1987 г. был создан Институт, которому Александр Григорьевич дал название «Институт структурной макрокинетики» (ИСМАН). Его основу составил Отдел макрокинетики и газодинамики Института химической физики АН СССР, которым уже то-

гда руководил Мержанов. В структуру Института были внесены конструкторско-технологические службы, экспериментальные производства, опытный завод и Учебный центр по подготовке специалистов. Институт стал головной организацией МНТК «Термосинтез», а Александр Григорьевич Мержанов — генеральным директором МНТК. Через некоторое время Мержанова назначили также директором вновь созданного ИСМАНа. К сожалению, его назначение проходило не так просто и гладко, как, казалось бы, должно было быть, что связано с возражениями некоторых уважаемых членов Академии наук, которые, с одной стороны, не очень доброжелательно относились к СВС и старались принизить его значение, а с другой — на заседании у Президента Академии наук академика А. П. Александрова открыто (с фамилиями) предлагали другие кандидатуры на место генерального директора МНТК и директора Института вместо А. Г. Мержанова. К счастью, все тогда обошлось «по справедливости».

Вскоре по предложению руководства Академии наук Александра Григорьевича с Институтом из Отделения общей и технической химии (ООТХ) АН СССР, где он сделал свои первые успешные работы, имел много соратников и друзей, был переведен в Отделение физико-химии и технологии неорганических материалов (ОФХТНМ) АН СССР (теперь ОХНМ РАН — Отделение химии и наук о материалах).

¹СТИМ — синтетические твердые инструментальные материалы.



А. Г. Мержанов. «Встреча у доски почета СамГТУ»



На заседании Научного совета по горению: «поединок» с Сергеем Михайловичем Фроловым

Будучи человеком очень коммуникабельным, быстро установил дружеские отношения с такими известными учеными и замечательными людьми, как Б. Ф. Мясоедовым — во всем хорошо понимающим Александра Григорьевича, И. О. Моисеевым, А. А. Саркисовым, А. Ю. Цивадзе, К. А. Солнцевым и др. Не забывал и своих прежних друзей. Любил встречаться с молодыми — Ю. М. Михайловым, С. М. Фроловым, И. Г. Ассовским и всеми, кто к нему обращался.

Мержанов, проанализировав состояние работ по новому направлению и обсудив это с Н. Н. Семёновым, определил три главных направления развития Института структурной макрокинетики:

- (1) фундаментальные и прикладные работы по СВС, включая производство (которое в виде технологических участков и опытного производства уже развивалось в ОИХФ);
- (2) ударно-волновую тематику, включая совмещение двух процессов (имея в виду лабораторию А. Н. Дремина и его сотрудников, с которыми уже проводились совместные работы);
- (3) фундаментальные и прикладные работы по цепным реакциям (по предложению Н. Н. Семёнова и В. В. Азатяна).

С целью развития этих направлений было создано сразу несколько лабораторий на базе научных групп лаборатории Мержанова, уже сложившихся в ОИХФ, и ударно-волновой лаборатории, которую позже возглавил сотрудник А. Н. Дремина — Ю. А. Гордополов, перешедший в ИСМАН по его просьбе и ставший заместителем Александра Григорьевича по строительству (в том числе ударно-волнового корпуса), уже активно проходящем на территории ИСМАНа.

В 1970-х гг. «волна СВС» прокатилась практически по всем республикам СССР. В состав МНТК вошли созданный на базе уже работающей при Томском университете лаборатории СВС Центр СВС, получивший позже статус филиала ИСМАНа, а в настоящее время ставший Отделом структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения РАН. Руководителем СВС-центра, филиала ИСМАНа и Отдела был выбран бывший аспирант Мержанова, а позже крупный ученый — Максимов Юрий Михайлович, который начал свою

научную деятельность с разработки теории и практики азотирования сплавов для получения хладостойких сталей, а затем значительно расширил тематику за счет поиска и осуществления новых исследований: изучения спиновых волн в системах твердое–твердое, синтеза продуктов горения в магнитном поле, наблюдения и изучения полиморфных превращений веществ в волне горения твердое–газ, увеличивающих скорость движения фронта горения. Ю. М. Максимов — очень творческий человек, всегда выбирающий новые сложные проблемы СВС, которые блестяще доводит до решения.

В 1988 г. Приказом Минвуза РСФСР был создан Инженерный центр СВС Самарского университета, который также вошел в МНТК «Термосинтез». Основная тематика этого Центра складывалась из разработки азидной СВС-технологии керамических нитридных порошков, фильтрационной технологии композитных порошков, силового СВС-компактирования материалов, синтеза СВС-лигатуры для алюминиевых сплавов, изучения чувствительности СВС-составов к механическим воздействиям. Возглавил Центр высококвалифицированный специалист Анатолий Петрович Амосов, прошедший школу А. Г. Мержанова и известных самарских ученых — умный, доброжелательный человек. Главным направлением в Инженерном центре стали разные варианты СВС-технологий с использованием азидов в качестве реагентов.

Вскоре на базе Московского института стали и сплавов Министерства цветной металлургии СССР был создан Научно-учебный центр (НУЦ) СВС, который также вошел в МНТК «Термосинтез». Директором Центра был назначен молодой специалист — талантливый, энергичный, коммуникабельный Евгений Александрович Левашов, который возглавляет этот Центр и в настоящее время, став широко известным специалистом в области структурной макрокинетики. Тематика Центра очень разнообразна, включает подготовку и обучение студентов, переподготовку кадров, а в научной сфере изучается роль ультразвука в процессах СВС, силовое компактирование, ведется разработка составов режущего инструмента, находятся новые классы композиционных электронных материалов и катодов мишеней, разрабатываются режимы магнетронного напыления СВС-покрытий, механоактивации реагентов в СВС-процессах, исследуются процессы структуро- и фазообразования продуктов горения. Разрабатываются также теоретические модели горения и структурообразования различных гетерогенных систем. Научно-учебный центр СВС активно работает со многими сотрудниками ИСМАНа, участвуя в различных организационных делах в сфере СВС.

В Ереване в Институте химической физики под руководством известного ученого Налбандяна Арама Багратовича образовался Армянский центр СВС, тесно сотрудничающий с ИСМАНОм практически по всем научным и прикладным направ-



Вручение переходящего Красного Знамени Совета Министров СССР. Слева направо: Г. И. Марчук, А. Г. Мержанов, П. В. Жирков, Ю. А. Осипьян, Ф. И. Дубовицкий

лениям, проводя при этом свои оригинальные исследования, например по процессам СВС-гидрирования металлов, кинетики реакций горения в водороде, СВС с восстановительной стадией оксидов и др. К работам по металлургическим проблемам СВС присоединился Грузинский Научно-исследовательский центр во главе с замечательным человеком и известным ученым Георгием Фердинандовичем Тавадзе и его соратником Георгием Шотаевичем Ониашвили. Казахский институт горения, возглавляемый широко известным ученым и замечательным человеком Ксандопуло Георгием Ивановичем, прославился в среде специалистов по СВС исследованиями и практическими работами по синтезу сложных оксидов, предназначенных для использования в качестве высокотемпературных огнеупоров, а также активных катализаторов.

Постановлением Правительства в «Термосинтез» были включены технологические участки заводов в Кировоке, Дальнегорске, Баку, Дзержинске, Нижнем Новгороде, Самаре, Ижевске, Чусовой, куда ИСМАН и другие Центры передали опытные технологии керамических и твердосплавных порошков, режущих пластин, высокотемпературных изоляторов и др. В первые два года существования общий объем производства материалов и СВС-изделий составил 2000 т/год. Предполагалось, что в дальнейшем эти заводы будут развивать промышленные СВС-производства. Межотраслевой научно-технический комплекс «не подкачал», ему дважды вручали переходящее Красное Знамя Совета Министров СССР как победителю среди 16 МНТК. В то время укрепление научно-технической деятельности было частью государственной политики. Результаты обсуждались на самом высоком уровне.

Огромную роль в укреплении кадрами ИСМАНа сыграло строительство трех 17-этажных домов, которое сумел организовать Мержанов за счет финансирования всех работ исключительно Министерствами, без участия АН СССР. Дома сейчас называют «Мержановскими», а Александру Григорьевичу по совокупности заслуг Муниципалитет Черногловки и НЦЧ РАН присвоили звание «Почетного гражданина г. Черногловки», и небольшой сквер у домов назвали его именем. Недавно его имя получил также ИСМАН. Позже для пополнения молодыми кадрами ИСМАНа Мержанов выстроил на территории Института студенческое аспирантское общежитие. Александром Григорьевичем вместе с А. М. Столиным были разосланы письма в университеты и учебные институты многих российских городов, откуда сразу откликнулись руководители, и приехали студенты.



«Мержановские» дома

Был создан Научно-образовательный центр (НОЦ) ИСМАН, который успешно работает и в настоящее время. Директором НОЦ был назначен доктор физико-математических наук А. М. Столин.

Глядя сейчас на деятельность коллектива ученых, связанных с проблемой СВС, возглавляемых А. Г. Мержановым, увлеченных его талантом, государственным подходом ко всем делам и, главное, его личными качествами, можно сказать, что именно в этот период были получены почти все основополагающие результаты по теории и практике горения конденсированных систем с их особенностями и неожиданными открытиями новых явлений, связанных с распространением фронта горения или проявляющимися во фронте горения.

Мержанов считал новыми такие явления, как автоколебания фронта (гармоничные, релаксационные), спиновые волны, явления хаоса (тепловая «турбулентность»), гистерезисные эффекты в тройных системах, эффект столкновения и отражения фронтов и т.д. Новые явления в волне горения: капиллярное растекание, гравитационная пропитка, агломерация легкоплавких элементов, саморегулируемое фильтрационное горение (пористое тело — газ), сверхадиабатический эффект (увеличение температуры горения, а также самопроизвольная очистка продуктов горения от примесей в процессе горения. И в продуктах горения: анизотропный эффект в направлении распространения фронта горения, эпитаксиальный эффект (на тонких пленках), эффект расслоения продуктов горения, неединственность структуры и свойств продуктов горения одинакового состава.

К основным научным результатам и достижениям школы Мержанова в области твердопла-



Георгий Борисович Манелис поздравляет. . .

менного горения (ТПГ) этого периода можно отнести: изучение разновидностей и обобщение характеристик ТПГ, исследование особенностей безгазового и фильтрационного горения, разработку экспериментальной диагностики ТПГ, изучение механизма и создание теории ТПГ, создание неравновесной теории распространения пламени, обнаружение впервые спинового горения, хаотического распространения волны горения, разработку теории и математического моделирования неустойчивых режимов ТПГ, изучение кинетики тепловыделения при высоких температурах, изучение ТПГ в электрических, магнитных, электромагнитных полях, в поле гравитационных сил, в том числе на космических станциях. И главное — формулирование представлений о новой науке — структурной макрокинетики, объединяющей науку о горении с наукой о материалах (материаловедением).

Со временем рамки ТПГ значительно расширились, и СВС начал самостоятельную жизнь уже в качестве научно-технической области знаний, охватившей большую часть неорганической химии, часть металлургии, а в настоящее время такие области науки и техники, которые нам никогда «не приходили в голову».

Исследования СВС за рубежом (США, Япония) начались в 1980 г. Как говорили иностранцы, их некоторое время пугало слово «горение», и они «присматривались» к результатам советских ученых.

Толчком для последующего очень бурного развития СВС за рубежом послужила статья Джона Крайдера, вышедшая в 1982 г. в США под названи-

ем «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез — советский метод получения материалов». Эта статья вызвала большой интерес во всем мире, и через какое-то время число стран, в которых ученые начали развивать СВС, уже составило 50. В настоящее время последний анализ публикаций литературы (Web of Science) показывает, что ученые из 117 стран мира занимаются исследованиями в области СВС. Число публикаций растет по экспоненте, дойдя примерно до 2500 в 2015 г. Большую роль в этом сыграли Международные симпозиумы, которые «придумал» Александр Григорьевич и бесценно возглавлял до 2013 г. Места проведения первых Симпозиумов предложил сам Мержанов: Алма-Ата (Казахстан, 1991 г.) и Гонолулу (Гавайи, США, 1993 г.). Затем они проводились по предложениям участников (проводятся и сейчас, уже 15 раз).

Тематика Симпозиумов очень разнообразна: от теории горения до практического применения СВС-продуктов, включая материалы и изделия промышленного СВС-производства. Сам Мержанов сделал несколько докладов не только на Симпозиумах СВС, но и на зарубежных конференциях материаловедов в разных странах, в том числе США, Франции, Италии, Израиле, Испании, Кракове, Москве, приобретя много последователей и друзей.

В 1993 г. по предложению одной из ведущих фирм США (UTC) бюро Президиума РАН своим Постановлением поручило А. Г. Мержанову начать адаптацию СВС-технологий за рубежом с целью проверки их пригодности работать на западном сырье в рыночных экономических условиях. С этой

целью на базах UTC в Испании (как говорили американцы — ближе и политически спокойнее) был начат проект «Прометей» с участием России, США и Испании. Проект показал еще более высокие результаты, чем ожидали, и закончился созданием нового модернизированного оборудования и системы «высокой» автоматизированной и роботизированной СВС-технологии порошков нитрида бора и кремния.

Промышленную СВС-технология разработали фактически испанцы атомной фирмы ENUSA с нашими некоторыми консультациями и отработкой технологической стадии синтеза. Они же построили и сам завод недалеко от г. Саламанка. Американцы повели себя неожиданно для нас, решив стать «главными» в этом большом деле. А как только поняли, что это не удастся сделать, стали от него отходить, нарушая свои обязанности главных потребителей порошков. Как мы поняли, их испугала конкуренция завода на «русской технологии» с такими гигантами США, как UK (Union Carbide), Art и другими, производящими подобную продукцию. Один из вице-президентов UTC, очень хорошо относящийся к этой работе и лично к Александру Григорьевичу, сказал ему как-то: «Что поделаешь, Алекс, американцы всегда и везде хотят быть только первыми». Мержанов тут же ответил, что мы тоже умеем быть первыми, и в этом случае других «первых не будет». Но работать заводу американцы все-таки помешали. Как мы потом слышали, они грозили «наложить санкции» на продукцию ENUSA — «твелы», главными потребите-

лями которых были. Этот завод является лучшим образцом внедрения российской отечественной СВС-технологии в промышленное производство, и хочется надеяться, что когда-нибудь такие заводы появятся и в России.

Ликвидация в конце 1990-х гг. МНТК «Термо-синтеза» (да и других научно-технических комплексов) свела на нет возможность участников доводить свои разработки до практического применения, а другой системы взаимодействия науки с практикой до сих пор нет. В зарубежных странах большую помощь на первых порах оказывает, как ни странно, Правительство и региональные власти — так было в Испании. Поэтому уже сейчас, например, в Китае работает 30 СВС-заводов только по производству труб с защитными покрытиями для перекачки агрессивных сред, в том числе по 25-километровому трубопроводу, а сколько там заводов по производству СВС-порошков как сырья для порошковой металлургии и других СВС-технологий — они не афишируют. В Англии на заводе производятся твердосплавные СВС-порошки сложного состава, в США — нанопорошки диборида и других тугоплавких соединений, в Японии — сиаконы и т. д.

В России работает промышленное производство на Магнитогорском металлургическом комбинате по производству азотированных ферросплавов и лигатур для спецсталей.

«Параметры» цеха:

площадь 1200 м²;
новые реактора объемом 150 л (20 шт.);
одновременная загрузка ~ 0,5 т шихты;
объем производства — 2,4 тыс. т в год;
утилизация тепла — отопление цеха.

Производство создали томские ученики Мержанова М. Х. Зиатдинов и Ю. М. Максимов с участием сотрудников ИСМАНа.

Во многих странах созданы опытно-промышленные производства СВС-продуктов разного назначения. Наше лидерство в мире сохраняется пока, в основном, в тех вариантах технологий СВС, которые позволяют синтезировать непосредственно при горении, в одну стадию материалы и изделия, в том числе «в размер» (силовое СВС-компактирование, СВС-газостатирование, СВС-литье, СВС-экструзия, прямое получение тонких пленок и др.). Это происходит благодаря высокой квалификации многих наших сотрудников, связавших свою судьбу с СВС, воспитанных на уроках школ Н. Н. Семёнова и А. Г. Мержанова и понимающих сложные нюансы и особенности синтеза горением. К сожалению, уход с поста директора Александра Григорьевича в 2004 г. (по возрастному цензу, правда



Производство СВС-керамических порошков на заводе ENUSA (Испания) (фирма «SHS-Ceramics», совместно с ИСМАН)



Промышленное СВС-производство в Китае труб для транспортировки абразивных материалов и агрессивных сред

вскоре отмененному в Академии наук) принес невосполнимые потери дальнейшему гармоничному развитию ИСМАНа. На это были и объективные причины, но не только они.

Но Александр Григорьевич и его единомышленники продолжали начатые дела. В Институте создавались опытно-промышленные технологические участки по разным вариантам СВС для наработки порошков, материалов и изделий с целью испытаний их свойств. Наиболее продвинутым оказался «порошковый» участок лаборатории СВС, производящий нитриды алюминия, кремния и другие порошки, имеющие большой спрос во многих отраслях промышленности, в том числе связанной с производством дефицитных и импортозамещающих материалов и изделий.

В настоящее время ИСМАН почти «монополист» производства некоторых из этих порошков. Сотрудники Лаборатории СВС вместе с представителями частной фирмы ОАО «Техмаш», активно поддерживаемой правительством Кабардино-Балкарской Республики, проделали большую работу по организации на территории ИСМАНа совместного производства мелкодисперсных порошков карбида вольфрама, очень важных, прежде всего, для оборонных отраслей промышленности, в связи с почти полной ликвидацией твердосплавной промышленности в 1990-е гг. С этой целью было создано и куплено модернизированное СВС и вспомогательное оборудование на средства ОАО «Техмаш». Был разработан по-настоящему замечательный проект промышленного производства порошков карбида вольфрама с привлечением высококвалифицированных специалистов таких организаций, как ГИНЦВЕТМЕТ, Гидроцветмет, НИИхиммаш,

РХТУ им. Д. И. Менделеева и др. Были закуплены уникальные зарубежные аппараты для фильтрации тонких порошков и другое вспомогательное оборудование. Запланированный объем производства порошков составляет 150 т/год на первых порах с доведением до 500 т/год. Специалистами завода «Гидрометаллург» из г. Нальчика отработаны режимы высокой очистки сточных вод и отходов производства, разработаны правила техники безопасности.

Еще одним важным примером попытки внедрения СВС является «победа» сотрудников ИСМАНа на конкурсе венчурной фирмы «Республика Идей» (1 млн долларов) для поддержки освоения новых научно-технических разработок на заседании комиссии Торгово-промышленной палаты России. Этот проект содержит работы по полной реконструкции порошкового участка ИСМАНа с разработкой усовершенствованного СВС-оборудования и закупки некоторого вспомогательного. Проект был утвержден в соответствующих службах Академии наук и даже «финансировался» какое-то время Минэкономпромом в письмах, присылаемых в Институт.

Есть еще несколько проектов, в том числе по важнейшим государственным программам, но пока еще реально практически ничего до конца не доведено, кроме работ по хозяйственным договорам с партнерами. Причины разные и, к сожалению, рожденные самим ИСМАНОм не в последнюю очередь. Иногда начинает казаться, что СВС опередил время своего рождения и потому пробивался с трудом.

Александр Григорьевич, переживая за происходящее, сформулировал в одной из своих записок, что надо для ускорения работ:



Выигран первый приз на создание опытного производства на конкурсе под эгидой Торгово-промышленной палаты РФ

- понять руководящим наукой ведомствам, что СВС — это не просто рядовая технология, это целое научно-техническое направление, которое может определить будущее материалов нового поколения: высокотемпературной, коррозионностойкой, термостойкой керамики, особенно с вариантами прямого, одностадийного получения компактных материалов и изделий, уже сейчас работающих в опытных условиях при температурах 2500–3500 °С, высокоэффективного производства качественного сырья для традиционных технологий, производящих материалы для разных отраслей промышленности, в том числе оборонной, атомной, электронной и др.;
- создать Национальную программу государственного уровня, в которой отразить все главные вопросы от фундаментальных исследований до создания производств;
- возглавить такую программу должен авторитетный чиновник высокого ранга;
- искать подходящих партнеров, не жалеть делиться с ними идеями и результатами;
- ориентироваться на омоложение направления, создать условия для привлечения талантливой молодежи;
- в развитии различных видов деятельности отдавать приоритет всему российскому.

С этими предложениями Александр Григорьевич обращался с письмом в разные инстанции, в том числе в 2010 г. к Президенту Академии на-

ук академику Ю.А. Осипову, но ответа так и не получил.

Сам Александр Григорьевич понимал, какие возможности теряет ИСМАН и как меняется обстановка в Институте. Начиная с 2005 г., очень переживал и сосредоточил свою деятельность на общении и работе с отдельными сотрудниками Института, по составлению и публикациям предложений по новому устройству академических институтов, в первую очередь на примере «молодого», еще не все показавшего ИСМАНа, и создании Международной ассоциации СВС под знаменем Мировой академии керамики (WAK), с Президентом которой обо всем уже договорился.

В дальнейшие годы после ухода из жизни Александра Григорьевича кардинальных изменений в жизни ИСМАНа не произошло, хотя он очень надеялся, что еще успеет помочь новому руководству, проводя некоторую реконструкцию Института, поднять его авторитет и сохранить мировое лидерство. Не успел. Опираясь на то, что в среде многочисленной институтской молодежи, может быть, уже подрастают «новые Мержановы», а среднее поколение экспериментаторов, теоретиков и других сотрудников ИСМАНа не опустило высокую «Мержановскую» планку и отношение к науке, можно надеяться, что этот Институт еще «скажет свое слово» в укреплении позиций российской науки и на благо людей.

Взгляд со стороны

«Александр Григорьевич Мержанов... крупный российский ученый в области физической химии,

