ББК 72.3. Я73

СПЛАВ ФИЗИКИ, ТЕХНИКИ И АНАЛИТИКИ

Ю.В. Егоров

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет-УПИ им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина»
620002 Екатеринбург, Мира,9
betenekov@dpt.ustu.ru

Поступила в редакцию 24 февраля 2009 г.

Статья посвящена 60-летию образования физико-технического факультета УПИ им. С.М. Кирова (25 мая 1949 г.). Изложена краткая историческая справка, освещающая историю развития факультета как «драму идей». Это история образования кафедр, формирование их научно-технического прогресса, связанного с ядерной энергетикой и смежными проблемами.

Ключевые слова: Уральский политехнический институт, физико-технический факультет, редкие металлы; молекулярная, экспериментальная и теоретическая физика, ядерная физика и радиохимия, физико-химические методы анализа; научно-технический прогресс, атомная энергетика, инновационные технологии.

Егоров Юрий Вячеславович – почетный профессор ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», доктор химических наук, заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАЕН, «Ветеран атомной энергетики и промышленности», декан ФТФ УГТУ-УПИ (1976-1986), член редколлегии журнала «Аналитика и контроль».

Область научных интересов – общая и прикладная радиохимия; экология; логика, методология и история естествознания.

Автор более 250 статей и 8 монографий.

Историю, в том числе историю науки, можно излагать двояко: «в лицах и судьбах», а также как драму идей. Факультету исполнилось 60 лет. Пора подводить итоги. За время существования и деятельности факультета в сборниках, которые издавались через каждые пять лет, публиковались статьи сотрудников, выпускников и студентов с воспоминаниями о годах и событиях, пережитых ими. Последние два сборника – «Физтехи о физтехах» (1999 г.) и «Физтех вчера, сегодня, завтра…» (2004 г.), казалось бы, уже исчерпывают историю факультета: много написано о возникновении кафедр, о роли и вкладе «отцов-основателей» в развитие этого коллектива и не забыто ни одно имя, оставившее след в памяти тех, кто «родом из физтеха», – ветеранов и современников. При этом каждый автор заметки, конечно, писал о том, что было непосредственно связано с его кафедрой и ближним кругом коллег. Таким образом, основные вехи истории факультета уже расставлены, последнее пятилетие, по-видимому, не принесло особо значимого вклада в его функциональный облик.

Факультет состоялся, факультет выжил, это главное. Изложение его истории «в лицах и судьбах», с освещением ее под другим, более интересным и свежим углом зрения, иначе, чем это уже сделали авторы упомянутых сборников, вряд ли кому сейчас по плечу: «иных уж нет, а те – далече». Конечно, коллективу каждой кафедры есть, в чем отчитаться за прожитые годы, и новый, предлагаемый сборник включает такие неформальные обзоры.

Но возникает желание, не повторяясь, не пересказывая уже высказанных впечатлений и оценок, так сказать, с «птичьего полета» взглянуть на историю рождения и развития частных научно-технических проблем, создавших школы в каждом коллективе, подчеркнуть их связь с промышленностью, ради которой и был организован факультет. И убедиться в том, что после госзаказа, пришедшего по управленческой вертикали и «пришествия варягов» (а основатели факультета, разумеется, были людьми «со стороны», поскольку все начиналось с нуля) физтех предстал как саморазвивающаяся система, в которой научно-исследовательские задачи были тесно объединены с педагогическим процессом, а именно этот признак и свидетельствует о жизнеспособности университетов.

Нижеследующий текст построен в жанре изложения истории не «в лицах и судьбах», а именно как драма идей, как самодвижение научных и научно-технических концепций социума. Такой латеральный взгляд и метод исследования исторического движения в первые

послереволюционные годы пользовался широким распространением (школа М.Н. Покровского, «Русская история в самом сжатом очерке»), но затем официальная историография от него отказалась. Тем не менее, чтобы не повторять написанное в двух, упомянутых выше сборниках, автор предлагаемого текста, будучи практически ровесником факультета, решил изложить историю его научных интересов и достижений «в самом сжатом очерке», соединив в своей памяти внешние события, темы и научные интересы коллективов физтеха, построив рассказ так, как это обычно делается, когда в ответ на чью-то просьбу помочь составить общее впечатление о кафедрах приходится прибегать не к перечислению имен и авторитетов, перечню «остепененных» кадров, списку изданных монографий и т.п. (это тоже необходимо делать, но у каждого жанра своя роль), а рассказывая о том, как из некогда обнаруженного сенсационного эффекта (деление ядра атома), заставившего просвещенный мир отказаться от буквального понимания термина «атом» (что означает по-гречески «*неделимый*»), выросла не только новая отрасль энергетики (а заодно и военной техники), но и преобразилась вся техносфера в XX веке, завещав человечеству в веке нынешнем продолжение научно-технической революции. Балансируя на грани добра и зла, комфорта и опасностей, руководясь точным знанием, люди, будучи «предупрежденными» наукой, в наше время обязаны быть ответственными.

* * *

В конце 30-х годов прошлого столетия немецкие ученые Отто Хан и Фридрих Штрассман (кстати, оба по своему научному «происхождению» химики) обнаружили, что при облучении урана нейтронами (в 1932 г. Джеймс Чедвик доказал его существование и уже были доступными лабораторные источники нейтронов) в мишени образуются щелочноземельные элементы, в частности, барий, обладающий радиоактивностью. Тогда этот эффект был воспринят как научная сенсация. Но уже в 1945 году в конце Второй мировой войны Соединенные Штаты сбросили атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки. То есть, не прошло и десяти лет, как открытое явление деления ядер урана на уровне микромира позволило создать целую отрасль промышленности, производящую атомное оружие, включившую в себя знания и достижения разных естественных и технических наук – физики, химии, технической механики и т.д. Одним словом, для создания атомного оружия потребовалась «мобилизация» практически всего естественнонаучного комплекса знаний, включая науки о Земле и биологию.

Прекращение союзнических отношений нашей страны с Великобританией и США после поражения Японии во Второй мировой войне породило новое глобальное противостояние Советского Союза с мировой капиталистической системой, в первую очередь с Соединенными Штатами Америки. Конфликт между социально-политическими системами стал возможен, поэтому наша страна должна была стремительно организовать оборонительный щит, адекватный возникающей угрозе, создать атомное оружие и укомплектовать им соответствующие армейские подразделения, чтобы *сдерживать* агрессивные намерения США и их союзников.

То, что удалось сделать нашей стране, пережившей Отечественную войну, ввергнувшую ее западные промышленно развитые территории в разруху, представляет собой социально-технический феномен, подобного которому в истории не было. Израненная, сильно обескровленная страна-победитель, не рассчитывавшая на внешнюю помощь (план Маршалла, по которому восстанавливались промышленность и экономика стран Западной Европы, в частности, Западной Германии, не касался СССР), нашла в себе ресурсы, силы и достаточный интеллектуальный потенциал для научно-технического рывка, приведшего к изготовлению первых образцов атомных бомб уже к 1949 году, когда был произведен первый испытательный взрыв. И в этом же году был образован Физико-технический факультет в УПИ им. С.М. Кирова. 25 мая 1949 года был издан приказ директора нашего института Аркадия Семеновича Качко о начале занятий на новом факультете. Сначала его назвали физико-химическим, но затем он быстро был переименован в физико-технический. Собственного здания он еще не имел и «снимал» помещения в главном, 3-м и 4-м корпусах института.

Науку, включая ее прикладные «филиалы», технические науки, соседствующие с фундаментальными, современные философы и методологи называют социокультурным феноменом, развитие которого может протекать как под воздействием внешних факторов (политическая и государственно-экономическая управляющая «вертикаль»), так и вследствие саморазвития и самоорганизации. На уровне сегодняшних представлений мы бы это назвали синергетическим эффектом.

Вне сомнений, никакая естественная наука не может развиваться со стартового нуля, когда еще нет минимальной базы знаний, пусть поверхностных и даже в чем-то недостоверных; кроме того, в отсутствие элементарной техники, применяемой в экспериментах, и, наконец, некоторого количества единомышленников, людей, особенностью которых является не только некий минимум естественнонаучных знаний, но и осознание недостаточности этих знаний для продвижения вперед, понимание необходимости и неизбежности непрерывного самообразования при решении задач на грани достигнутого наукой уровня. Это прекрасно понимал Владимир Иванович Вернадский, писавший, что

«синтетическое изучение объектов природы неизбежно вскрывает черты строения, упускаемые при аналитическом подходе к ним и дает новое. Грани между науками стираются; мы научно работаем по проблемам, не считаясь с научными рамками».

Казалось бы, можно вообразить себе следующий идеальный сценарий. Допустим, можно построить помещение с укомплектованными лабораториями, с новейшим оборудованием, материалами, реактивами. Остается только поставить цель, научно-техническую задачу и открыть двери для любых желающих ее осуществлять … Социальный опыт человечества говорит о том, что ничего из такой задумки не может получиться, так как никакая группа разнородных энтузиастов не представляет собой научно-техническую школу. У этого коллектива должны присутствовать хотя бы минимальные традиции, некое взаимопонимание, концентрирующееся вокруг идеолога, научного лидера этого микросоциума. Это гораздо важнее, чем новизна оборудования. Недаром до сих пор живуча притча, которую часто повторял основатель нашего физтеха Евгений Иванович Крылов, – «лучшие открытия были сделаны в худших лабораториях». Он сам изготовил первый магнитометр и, используя его при исследовании большой группы соединений переходных элементов, явился лидером магнетохимии в нашей стране. В то время приборостроительная промышленность не производила такие изделия. Поэтому была единственная возможность включаться в решение новой проблемы, которая была видна и осознаваема небольшим кругом единомышленников-энтузиастов, – не обходить «вышестоящие инстанции», «пробивая и выколачивая» оборудование и информацию, а садиться в угол и начинать паять, химичить и слесарить, привлекая к этой рутинной, но романтической деятельности студентов и аспирантов. И еще, – кажется, Энрико Ферми говорил, что для освоения и развития какого-либо раздела науки нужно начать его преподавание. Вот по такому сценарию возникали и развивались физико-технические научно-педагогические коллективы Москвы, Ленинграда, Свердловска и Томска.

Ощущение «информационного голода» в первую очередь благотворно сказывалось на мироощущении послевоенной молодежи, оканчивающей среднюю школу. Именно это чувство и порождало романтическую ауру возможностей науки, веру в ее безграничное развитие и надежду на то, что именно наука в сочетании с небывалым энтузиазмом, охватившим наше общество (ведь удалось сломать хребет фашизму, который поставил на колени практически всю Европу!), способны вернуть нашей стране самоуважение и уверенность в завтрашнем дне. Вчерашние фронтовики, возвращающиеся к мирной жизни, для которых после преодоления кошмара и тягот войны не могло существовать никаких умонепостигаемых трудностей, в первые годы функционирования факультета явились «центрами кристаллизации» социальной и психологической среды как в студенческих группах, так и в кафедральных коллективах, которые начали формироваться после первых же выпусков физтеха. В эти годы, образно говоря, возникла мода на физику и другие точные науки, требующие напряжения воли и ума для их освоения.

Советский Союз еще в довоенные годы сумел сформировать корпус среднего общего и среднетехнического образования – школьную десятилетку и техникумы на базе семи лет обучения. Уровень общенаучной подготовки в этих учебных заведениях был достаточным и согласованным с программами вузовского обучения. Любой прилежно занимавшийся ученик, освоивший программу естественных наук и математики, мог, опираясь на этот багаж знаний, поступить в любой вуз и, учась там, не испытывать дискомфорта при условии сохранения интереса к занятиям, что поддерживалось уверенностью в своей востребованности после получения образования. Безработными образованные люди становиться не могли.

Физико-технический факультет возник не так, как складывались научно-образовательные вузовские школы, например, кафедры металлургии чугуна и стали («черная» металлургия) или коллективы, разрабатывающие «тяжелую» химическую технологию, – производство кислот, аммиака, минеральных удобрений и др. Эти виды деятельности уже имели более или менее основательную историю.

Но у промышленности, которая должна была производить атомное оружие, никакой «эволюционной» истории не было. Она не могла создаваться на основе реализации рыночных экономических сценариев, когда спрос и предложение формируются и взаимосогласовываются в русле личных инициатив, в конкурентной атмосфере. Физтех – продукт управленческой «вертикали», подобные ему социальные институты могут возникать только в авторитарно структурированном обществе, примером которого являлся СССР в недавнем прошлом. Да и «атомная» программа Соединенных Штатов под влиянием громадного авторитета Франклина Рузвельта была открыта на базе управленческого, «кибернетического» принципа, а не на рыночной («синергетической») основе. «Разведку боем» Рузвельт уже провел в довоенные годы, усмирив планово-управленческими рычагами знаменитую Великую американскую депрессию, анализ которой вошел во все политэкономические учебники XX века.

Программа создания атомного оружия в нашей стране в послевоенные годы – комплексная по своей сути. Для ее реализации неизбежно было обращение к самым разным

областям науки и техники. Прежде всего было необходимо наладить добычу урана, для чего потребовалась не только разработка его известных месторождений, но и организация дальнейшего геологического поиска. Дело в том, что уран, несмотря на то, что был открыт Клапротом в 1789 году, не нашел себе никакого актуального применения в технике, в частности, в металлургии: сплавы на основе урана не демонстрировали никаких потребительски интересных свойств в рамках уже известных технологий. Из природных радиоактивных веществ наибольший интерес вызывал радий, а уран довольствовался ролью только геохимического «соседа».

Ядерно-физические исследования, предпринятые в научных европейских школах после открытия *деления ядер* урана (а это принципиально другое явление по сравнению с его природной *радиоактивностью*), выявили роль нейтронов, образующихся при делении и способных вызвать лавинообразный процесс ядерных расщеплений (делений), получивший название «цепная реакция». Оказалось, что подобные лавины, моделируемые экспонентой (геометрической прогрессией), с одной стороны, системно и теоретически уже были хорошо изучены исследователями в области химической физики, которые занимались теорией горения, взрывов и катализа (в СССР это школа академика Николая Николаевича Семенова); но, с другой стороны, обнаружилось чрезвычайное влияние сопутствующих примесей – даже не на элементном, а на изотопном уровне, – присутствие которых в системе, где протекает ядерный процесс, «отравляет» его подобно тому, как «отравляется» катализатор в химико-технологическом процессе.

Таким образом, ядерная физика и ядерная химия, выявив особенности ядерных процессов с участием нейтронов, указали технологические пути реализации атомной энергии, исторически начавшейся с создания бомбы. В условиях противостояния социально-политических систем, когда еще не зажили раны, нанесенные Второй мировой войной, все мысли политиков и ученых нашей страны были сосредоточены только над воплощением идеи окончательной победы социализма во всем мире. Именно победы – концепция мирного сосуществования была извлечена из текстов ленинского наследия уже после смерти Сталина. Но для начала атомная бомба должна была предстать в роли сдерживающего фактора.

Оказалось, что программа получения этого сверхоружия фантастически сложна и, как принято говорить сейчас, *наукоемка*. Впервые техника столкнулась с требованиями, «предъявляемыми» веществом не на уровне прежних материаловедческих критериев, которые можно назвать макроскопическими, а на уровне даже не элементном – на изотопном, что выходит за пределы традиционного химического анализа, и в количественном отношении совершенно парадоксальном, микроконцентрационном. Иными словами, возникла необходимость буквально на ровном месте создать новые физико-химические технологии веществ особой чистоты. Для этого потребовалось не только умение осуществлять главные операции в любой технологии, где продуктом является вещество, а именно – разделение, выделение и концентрирование, но и комплексную аналитику этих процессов – качественный, количественный и структурный анализ, причем с недостижимой прежде чувствительностью.

Так, оказалось, что изотопы природного урана – U-235 и U-238 – по-разному реагируют на поглощение нейтронов не очень высокой энергии. Ядра легкого изотопа делятся, осуществляя лавинообразный взрыв, а U-238 превращается путем двух последовательных бета-распадов в плутоний, вторую ядерную «взрывчатку». Отсюда последовали две самостоятельные технологические стратегии приготовления этой «взрывчатки» – выделение урана-235 из природной смеси изотопов (а его в ней содержится всего 0,72%) и ядерно-химический процесс получения плутония.

Но для начала нужно было разработать технологию выделения урана из руд, где он соседствует с геохимическими спутниками, среди которых значительная доля принадлежит редким и рассеянным элементам. Это элементы семейства лантаноидов, а также молибден, ванадий, вольфрам и др. Некоторые из элементов, могущие попасть в технологические среды, были недопустимы из-за своих ядерно-физических свойств. Это – «поглотители» нейтронов кадмий, бор, гафний, гадолиний, присутствие которых резко снижает эффективность цепной реакции деления. Поэтому требования к химической чистоте урана были очень жесткими. Но эти же требования должны были быть обращены и ко всему химическому «арсеналу» технологии – кислотам, щелочам, солям и др. реактивам, без которых невозможно извлечь уран из многокомпонентной руды. Особые требования должны были предъявляться к заключительной стадии технологии – аффинажу, т.е. получению соединений особо высокой чистоты.

Отсюда следовала необходимость решения двух, казалось бы, сходных задач новой технологии. С одной стороны, это сама процедура получения *вещества* в состоянии высокой чистоты. Но, с другой стороны, цель операции может сводиться не к получению пространственно изолированного (выделенного) вещества, а к *информации* о его качественном, количественном и структурном состоянии. Это две взаимосвязанные процедуры, обеспечивающие успех в согласии с научными закономерностями, с которыми технологи обязаны считаться.

Очевидно, что требование разделения на субстанционном (вещественном) уровне и на

информационно-аналитическом не могло быть реализовано без создания новых средств и методов. Нужны были соответствующие приборы и устройства, которые в традиционных технологиях прежде не использовались широко, а то и вовсе были неизвестны. Сейчас мы уже привыкли к этой терминологии – физико-химические методы анализа, рентгено-структурный метод, ядерно-магнитный резонанс, изотопная спектрометрия, хроматография и т.п. Для организации и «запуска» этих новых видов деятельности (новизна их, в частности, состоит и в их обязательном соприсутствии в новой отрасли техники) нужны были новые кадры, не обремененные традициями «дедовских» технологий, которые смогли бы не только эксплуатировать новую технику, но и одновременно совершенствовать ее аппараты, приборы, процессы, и, как выяснилось впоследствии, даже области ее приложений. Так, например, «тонкая» химическая технология разделения, выделения, аффинажа и концентрирования веществ в растворах, возникшая и быстро утвердившаяся в гидрометаллургии редких, рассеянных и радиоактивных элементов, в частности урана и плутония, в последующем была воспринята металлургией цветных металлов, представляя гидрометаллургическую ветвь, приходящую на замену традиционной пирометаллургии. «Богатые» руды со временем вырабатываются, поэтому переход на «бедное» сырье неизбежен. Но уже в XX веке термин «бедное» сырье потребовал переосмысления. Если руда по отношению к интересующему элементу действительно в геохимическом смысле бедна (единицы или доли процентов в общей массе), то в отношении *ассортимента* элементов, содержащихся в ней, она, безусловно, богата.

Поэтому то, что было результатом требований к особо точному составу и к особой чистоте вещества, проистекающих из особенностей ядерно-физических свойств, было освоено разнообразными технологиями, относящимися к горно-металлургическому комплексу, материаловедению в широком смысле слова, космической технике, новому приборостроению на основе гетероструктур, полупроводниковой и лазерной техники, что определило революционное развитие информационных технологий, изменивших культурный облик мира.

Металлургия освоила ионообменные методы разделения элементов в сложных растворных системах наряду с экстракцией неводными растворителями. Высокотемпературная электрохимия расплавов, успехи которой были продемонстрированы в системах с участием урана и вспомогательных элементов (цирконий, ниобий, бериллий, литий, кальций и др.), открыла перспективы снижения доли гидрометаллургических технологий в широком понимании – технологий преобразования вещей и веществ, производящих большие объемы водорастворенных отходов, что порождает затратные и наукоемкие задачи сдерживания техногенного рассеяния, приводящего к ухудшению качества окружающей человека среды.

Именно атомная и ядерная физика, физическая химия твердого тела и высокочувствительная инструментальная аналитика были в авангарде научно-технической революции XX века. Термин «нанотехнология», стремительно ворвавшийся в наш обыденный язык, на самом деле имеет давние корни. И достижения в области генетики, – начавшаяся расшифровка информационного кода ДНК – были бы невозможными без освоения техники управления ионизирующими излучениями. Радиогенетика и «наночувствительные» приборы и методы физической оптики были и остаются а авангарде развивающейся биологии, которая в наши дни прочно становится на физико-химический фундамент.

Управление субстанциями на наноуровне, т.е. высокоточная атомно-молекулярная «сборка» твердых фаз, а также макромолекул и полимеров, включая биополимеры, вещественный и структурный анализ этих объектов на уровне 10^{-9} м, в основе своей опираются на концепции и идеи союза физики и техники, состоявшегося в первые послевоенные годы. Владение и управление этими процедурами с таким глубоким информационно-аналитическим проникновением в материю отражается, в частности, и на тенденции миниатюризации технических устройств. Достаточно вспомнить, каковы были габариты электронно-вычислительных машин даже в 60-е годы прошлого столетия и с какими портативными компьютерами и мобильными приборами беспроводной связи мы имеем дело сейчас. Более того, даже современный уровень еще не является пределом теоретически достижимой миниатюризации технологических, энергетических и информационных преобразователей вещества и полевой материи. Рождается мечта и возникает надежда буквально добраться до управления «демоном Максвелла», обуздывая энерго-информационный хаос и повышая КПД всех целесообразных преобразователей энергии.

Не так давно еще считалось, что мощь и перспективы развития государства определяют такие показатели, как уровень выплавки чугуна и стали, добыча угля и производство электроэнергии. Но не прошло более двух-трех десятков лет и среди показателей индустриального развития появились материалы нового времени и изделия из них – это две трети периодической системы, так называемые редкие и рассеянные элементы, которые в свое время получили такое название вовсе не из-за их геохимической редкости, а вследствие того, что они исторически позже других элементов включились в техносферу и обеспечили даже не

предполагаемую ранее техническую реализацию жизненно важных процессов.

Так, элемент титан еще в первой половине прошлого столетия относился к классификационной рубрике «редких металлов». Но уже в шестидесятых годах его перестали относить к «редким», поскольку он был хорошо освоен в металлургии специальных сплавов, применяемых в атомной энергетике, авиационной технике, ракетостроении и кораблестроении. Мало, кто знает, что по распространенности он находится на десятом месте, а его природное содержание в земной коре, выражаемое величиной массового и даже мольного кларка, выше, чем у углерода!

Оглядываясь на шестидесятилетний путь нашего физтеха, убеждаешься в том, что история факультетской науки есть отражение научно-технической революции, в которую включилась наша страна под воздействием противостояния с блоком НАТО.

Как это ни парадоксально, но именно военно-промышленный комплекс, затратный, не направленный на решение задач рационального природопользования и непосредственного улучшения качества жизни, неким вторым планом, латерально, параллельно, побочно что ли, активизировал деятельность ученых и инженеров «мирных» отраслей промышленности. Не только в военной индустрии, но и в других областях науки и техники, если и появлялась какая-нибудь идея или конструкция узкого, конкретного приложения, то через некоторое время обнаруживались и другие адреса их использования. Так, зрительная труба, изобретенная в Голландии, вовсе не предназначалась для астрономических наблюдений. Но Галилей, усовершенствовав ее, придал ей статус телескопа и, направив его на небесный свод, не только сделал сенсационные открытия (пятна на Солнце, спутники Юпитера, фазы Венеры и др.), но и продемонстрировал методологическую роль инструмента в изучении природы, своего рода посредника между объективным явлением и органами чувств человека.

История естественных наук, в частности, история научных открытий, начиная с эпохи Нового времени и, в особенности, в XX веке, изобилует примерами того, как инструментальные методы исследований одного явления довольно быстро обнаруживали свою универсальность и, будучи осваиваемыми смежными разделами науки и техники, превращались в самоцельную отрасль индустрии. Поэтому понятно, что разработка атомного оружия имела результатом, наряду с определенным числом ядерных боеголовок, создание новой, потенциально многоцелевой технологии, процессы, аппараты, контролирующие и аналитические приборы и методы которой оказались настолько эффективными, что стали усваиваться всеми традиционными отраслями промышленности.

Но все началось с решения конкретно поставленной задачи в конце 40-х годов. Нужны были кадры, способные быстро включиться в новую наукоемкую отрасль промышленности и одновременно ориентированные на ее быстрейшую модернизацию. Образовался своего рода системный триумвират, состоящий из трех тесно связанных подсистем, включенных в единую государственную программу собой важности. С одной стороны, это комбинаты, производящие уран из рудного сырья, а также элементы вспомогательного назначения – цирконий, бериллий, литий (материал для изготовления термоядерных бомб) и др. Затем в составе Академии наук в эту проблему был включен ряд ее институтов – институты Химической физики, Физической химии, Геохимии и аналитической химии, Радиевый институт, а также совершенно новые, «номерные» институты специальной направленности, например, «Лаборатория измерительных приборов Академии наук» (ЛИПАН, теперешний «Курчатовский» институт) и др. Наконец, третья ипостась триумвирата – педагогические коллективы, среди которых был и наш физтех. Эти коллективы должны были спешно готовить кадры для производства, так как комбинаты уже были обязаны давать продукцию, но еще не сложились никакие научно-производственные традиции и приходилось все технологические новинки и находки внедрять непосредственно в заводские процессы после их изучения буквально в условиях лаборатории. В сущности не было никаких «полупромышленных» установок пилотного назначения. Поэтому специалистов начали готовить с «интеллектуальным запасом», во-первых, потому, что отрасль была новой и ее научно-информационная база очень скудной, большое место занимали сведения, добытые нашей разведкой, а собственный заводской опыт первое время был минимальным.

Во-вторых, этот «запас» должен был состоять в разностороннем физико-математическом и физико-химическом кругозоре, сформированным для того, чтобы каждый выпускник физтеха смог, используя эти, казалось бы, избыточные естественнонаучные сведения, смело проходить заросли неведомых проблем, проявлять инициативу и способствовать модернизации атомной отрасли. Все это вполне укладывалось в традиции вузовского обучения инженеров России в прошлом. Например, когда организовывали систему подготовки кадров для уральских металлургических заводов на рубеже 19-го и 20-х веков, обратились к известному русскому металлургу Владимиру Ефимовичу Грумм-Гржимайло с вопросом, какие научно-технические проблемы должны быть отражены в учебных программах, то он ответил почти афористично – научите студентов математике, физике и химии, а металлургии мы их сами научим.

Буквально по этому пути на первых порах и пошел наш физтех. Образование было шестилетним, но первые три года все студенты, независимо от их дальнейшей специализации и распределения по кафедрам, изучали одно и то же, буквально по Грумм-Гржимайло, – физику, химию и математику. Даже те студенты, которые в дальнейшем стали специализироваться в области теоретической физики, изучали оба раздела аналитической химии – качественный и количественный анализ и выполняли лабораторные работы в объеме, не меньшем, чем даже студенты химфака. А будущим технологам, не говоря о предметах физико-химических наук, читали не только общую физику и ее дополнительные главы, освещающие явления переноса, а также теоретическую механику (3 семестра), сопротивление материалов (2 семестра), но и атомную физику, не говоря уж о радиометрии, дозиметрии и радиохимии. Специальные предметы начинали читать только на пятом курсе. Тогда никто не выдерживал гигиенически обоснованных нормативов времени (в сутки и в неделю), когда провозглашается некий максимум нагрузки в академических часах, который нельзя было превосходить. Да и причина здесь простая – не было никаких обязательных норм и приказов к их исполнению.

Первые кафедры физтеха тогда назывались по номерам. Кафедры № 41 и 43 были химико-металлургического профиля. Сорок первая была предназначена для подготовки инженеров по технологии естественных делящихся элементов – урана и тория, а также вспомогательных металлов. Сорок третья должна была готовить технологов для получения плутония и других искусственных радионуклидов, например, в перспективе – урана-233. В середине 50-х годов эти кафедры объединили, и сейчас она называется кафедрой «редких металлов». Курсы лекций, читаемых на ней, с первых же дней ее существования наполнялись сведениями, полученными самими преподавателями, аспирантами и дипломниками, которые выполняли не стандартные инженерные *проекты*, а *научно-исследовательскую работу*, результаты которой использовались преподавателем как лекционный материал буквально на следующий же год.

На кафедре сложились три научных направления, которые в своей основе сохранили основные черты комплексной технологии – получение редких металлов, обеспечивающих ядерно-энергетический цикл от бомбы до атомной станции во всех требуемых сочетаниях: в элементном состоянии необходимой чистоты и в виде разнообразных сложных фаз – многокомпонентных сплавов, тонких покрытий, композиционных материалов и др. Первое направление связано с физической химией ионных и металлических расплавленных сред. Если первоначальное назначение этих систем ограничивалось задачами получения именно *материалов*, то сейчас на основе банка научных данных, созданного кафедрой, открывается перспектива проектирования единого замкнутого *ядерного топливного цикла*, который может успешно конкурировать с гидрометаллургическими технологиями. Второе направление, напротив, связано с самыми широкими задачами ионообменных технологий в водных и неводных растворах, использующих органические и неорганические сорбенты (иониты). Естественно, что на первых порах исследовались системы, обеспечивающие ядерно-топливный цикл. Но в настоящее время возможности этих методов далеко вышли за рамки первых узковедомственных задач. В настоящее время ионообменные процессы используются и имеют хорошую перспективу приложений не только в собственно технологическом смысле – получение веществ в состоянии высокой чистоты, но и в задачах аналитических, когда процесс сводится не к получению вещества, а к информации о его природе и количестве.

Третье направление, которое в первые годы было связано только с соединениями урана (был сделан существенный вклад в физико-химический анализ системы «уран – кислород»), в настоящее время затрагивает чуть ли не половину периодической системы. Сейчас это направление касается основ создания новейших конструкционных материалов, предназначенных для обеспечения оптимальной работоспособности в экстремальных условиях, в частности, в космической технике. Инновационный вектор развития этих научных направлений не имеет затруднений, кроме одного – достаточных инвестиций для их развития. Сырьевая база в нашей стране для обеспечения новейшей техники, служащей как целям обороны (а именно для этого и был создан наш факультет), так и для формирования высокого уровня жизни, очень богата. Помимо известных и еще не обнаруженных (есть еще такая «геологическая вера») месторождений цветных и редких металлов на просторах России в изобилии находятся твердофазные «отходы», «отвалы», «отсевы» и прочие техногенные образования монопродуктовых технологий. Эти многокомпонентные фазы, конечно, «бедны» по содержанию металла (элемента), давшего традиционное название соответствующему сырью (например, «медная руда»), но, как уже было сказано выше, они «богаты» по разнообразному элементному содержанию.

Казалось бы, что еще нужно для технического творчества, не имеющего концептуальных границ? Пусть химические элементы земной коры и синтезированные искусственно буквально перечислимы, порядок их величины 10^2, пусть еще на порядок возрастет перечень, включающий их изотопные разновидности. Любая комбинаторика их сочетаний (химический синтез, растворы, сплавы,

композиты) перечислима, хоть и представляет собой очевидную геометрическую прогрессию. Но вся интрига инноваций, изыскание новых полезных свойств вещей и веществ, создаваемых в поле этой комбинаторики, заключается в том, что есть много скрытых тайн природы, «которые еще не снились вашим мудрецам».

В истории науки таких прецедентов много. Так, никто не мог не то, что предсказать, а даже вообразить себе стремительное вторжение революционных открытий на грани XIX и XX веков: рентгеновское излучение (1895), радиоактивность урана (1896), открытие электрона (1897) и в дальнейшем – возникновение и стремительный рост квантово-механической теории, наконец, открытие путей деления и синтеза атомных ядер.

Здесь присутствует буквально какая-то мистика. Судьбе или тайным силам мироздания человечество обязано тем, что именно двойной сульфат уранила – калия, всего лишь одно из очень многих соединений урана, которые были синтезированы «впрок» химиками, обнаружило способность к люминесценции, – именно это соединение, потому что в его составе присутствовал уран, дало шанс французскому физику и инженеру Анри Беккерелю обнаружить его радиоактивность. Это свойство урана и люминесценция его двойной соли причинно-следственно никак не связаны! После этого мода на изучение всяких проникающих излучений, включая рентгеновское, привела человечество к открытию того, что окружающая нас природа и даже космос погружены в постоянную среду ионизирующих излучений, что заставило людей научиться их измерять, а позже и применять. Разработанные для этих целей техника и инструменты, как это и следует из положений системного подхода, демонстрирующего всепроникающую диалектику, о роли которой люди догадывались еще задолго до Гегеля, стали выполнять двоякую роль: с одной стороны, это *обеспечение информации* о составе, структуре, свойствах и функциях сложных вещественных систем, а, с другой стороны, излучение, т.е. пространственный перенос элементарных частиц (а их перечень стал увеличиваться с момента открытия Томсоном электрона) и жестких квантов электромагнитного поля стали применяться как *фактор направленного модифицирования* этих сложных систем или, если говорить о более частных случаях, как фактор *синтеза веществ с заранее заданными свойствами.*

Наряду с кафедрой редких металлов («наследнице» кафедр № 41 и 43) с первых же дней жизни факультета была организована еще одна технологическая кафедра № 23, которая сейчас называется кафедрой молекулярной физики. Даже в начале 50-х годов никто из «непосвященных» людей не знал, каких специалистов готовит физтех. Многозначительно подмигивая, студенты старших курсов намекали, что на нем обучают «физиков, химиков и металлургов» для особо важных отраслей современной техники. Это завораживало абитуриентов и обеспечивало не только высокий конкурс и проходной балл при приеме на факультет, но и беспрецедентно высокую успеваемость в дальнейшем. Под «физиками» тогда понимали студентов кафедры № 23, под «химиками» и «металлургами» подразумевались будущие специалисты плутониевой и урановой технологии. Но дело в том, что кафедра № 23 тоже должна была готовить технологов по обогащению и разделению изотопов, а эти технологии, основанные на использовании явлений переноса, более «физические», чем «химические». Отсюда вытекала и необходимость основательного изучения более глубоких разделов физики. Им стали преподавать теоретическую физику, молекулярную физику и др. в объемах, сопоставимых с курсами физмата классических университетов. Разделение изотопов урана, на каком бы физическом принципе оно не осуществлялось – диффузии или центрифугирование – связано с различием поведения молекул UF_6, «гексафторида» урана, образованных его разными изотопами, находящегося в газообразном состоянии. Таким образом, без фундаментального изучения гетерогенных систем «газ – твердая фаза», как в термодинамическом отношении, так и в молекулярно-кинетическом, нельзя было совершенствовать эту технологию. Сама инженерная практика потребовала изучения перекрестных эффектов (например, диффузионное скольжение, бароэффект, возбуждение ультразвуком и др.) наряду с детальным исследованием широкого поля теплофизических явлений. Так сложилось концептуальное ядро научно-исследовательских интересов на кафедре, связанных, говоря наиболее общим языком, с молекулярной физикой и физикой агрегатных состояний вещества (физика газов, жидкости и твердого тела) наряду с теплофизикой и неравновесной статистической термодинамикой.

Сложнейшее оборудование, необходимое для столь глубоких физических экспериментов, на первых порах создавалось на кафедре. И это неизбежная черта «биографии» любого раздела новой науки. Ведь никакая приборостроительная отрасль промышленности не может предвосхитить неожиданную потребность исследователя, когда тот выявляет и оценивает эффекты, которые прежде не имели никакой прикладной ценности. Например, явление диффузии газов сквозь пористые тела, а также эффект диффузионного разделения в сплошных средах при центрифугировании были известны и довольно хорошо изучены раньше. Но кому могло придти в голову еще до открытия разновидностей атомов одного и тоже же элемента, называемых изотопами, что именно эти процессы со временем приобретут высокую техническую значимость и эффективность, а управление ими будет

рассматриваться как одна из первостепенных государственных задач?

Суть эффективности любого процесса кроется в деталях, в подробностях. Поэтому любое исследование новых явлений или детализация чего-либо уже в общих чертах известного обязательно сопряжены с модифицированием и приспособлением «стандартной», традиционной базы оборудования и приборов в лаборатории, применительно к накапливающейся информации. Материальная база должна быть адекватна искомым эффектам. В связи с этим есть повод еще раз упомянуть итальянского физика Энрико Ферми, который в равной степени служил развитию теоретической физики и был изобретательным экспериментатором. Современники говорили про него, что изготовляемые им устройства для проведения опытов выглядели внешне грубовато, почти топорно, как бы мы сейчас сказали, – были лишены высокого дизайна, но все они прекрасно выполняли свои функции и были метрологически безукоризненными. Вероятно, таков путь всякой экспериментальной науки, находящейся на фронте, разделяющем базу данных и сферу непознанного.

Если рассматривать научно-исследовательскую деятельность любой кафедры как саморазвивающуюся сферу – сумму взаимосвязанных идей, концепций, результатов и текстов, то в исторической динамике этого явления можно обнаружить системную аналогию с биологической эволюцией. Наука, так же, как и живое вещество, способна эволюционировать и в экстенсивном, и в интенсивном отношениях. Научные области могут формировать ответвления, своего рода подвиды, и даже могут делиться, буквально как амебы. Коллективы и кафедры могут образовывать гибриды («химеры»), способные к сосуществованию и даже к полному слиянию. Здесь возможны интродукции – одномоментное «перенесение» новых объектов (в данном случае кафедр) в сложившуюся сферу факультета. Более детально об этой аналогии – чуть позже.

А вот кафедра молекулярной физики в своем развитии продемонстрировала своего рода социокультурную мутацию, когда в ее коллективе, занятом исследованиями и преподаванием дисциплин, традиционно относимых к молекулярной физике гетерогенных систем, теплофизике и физической статистике, появились, то есть выросли и воспитались ученые и педагоги, взявшиеся за постижение задач, связанных с работой ядерных реакторов. Так, уже во второй половине 50-х годов на кафедре началась подготовка инженеров по ядерным процессам, но в связи с отделением атомных электростанций от Минатома («потомок» Министерства среднего машиностроения) на теплотехническом факультете УПИ (который в свое время сам явился «продуктом деления» энергетического факультета, на электрофак и теплофак) была организована кафедра «Атомные станции», на которую перешла работать часть уже профессионально ориентированных преподавателей с «молекулярки», как говорят студенты. Это можно посчитать ярким примером как деления, так и интродукции.

Еще один пример относится к экологической самооценке всех видов деятельности, сопряженных с внесением в техносферу прежде неизвестного абиотического фактора – ионизирующей радиации и ее источников – приборов, систем и носителей на молекулярном уровне – радиоактивных изотопов химических элементов, искусственных радионуклидов. Если экологизация всех видов деятельности, связанной с преобразованием естественных подсистем, так называемый «новый диалог с природой», затронула во второй половине XX века даже такие почтенные отрасли промышленности, как металлургия, тепловая (угольная) энергетика и «тяжелая» химическая технология (производство кислот, аммиака, соды, минеральных удобрений и др.), которые давно отравляли окружающую человека среду и люди как-то долго мирились с этим, так как негативно влияющие факторы были хорошо известными и даже привычными, но появление таких факторов, как радиация и техногенное рассеяние радионуклидов, не воспринимаемых с помощью органов чувств, заставило ученых и инженеров, связанных с атомной промышленностью, буквально возглавить новое межпредметное движение – разработку курсов инженерной и прикладной экологии и начать научные исследования как в области экологического мониторинга, так и в создании экологизированных технологий.

Кафедра молекулярной физики (МФ), наряду с кафедрами физико-химических методов анализа (ФХМА), радиохимии (РХ), экспериментальной физики (ЭФ) и физических методов и приборов контроля качества (ФМПК) включилась в разработку физических основ промышленной экологии, в частности, радиационной экологии, что послужило мощным аргументом и стимулом для создания в Уральском отделении РАН Института промышленной экологии, укомплектованного в основном, начиная с директора (член-корр. РАН В.Н. Чуканов), выходцами из физтеха. Это еще один пример саморазвития кафедральной науки путем «деления» и «интродукции».

Выше были перечислены кафедры помимо уже упомянутых коллективов кафедр редких металлов и молекулярной физики, которые явились ветеранами физтеха.

Поэтому есть повод и необходимость обсудить «траектории» их исторического (60 лет – это *историческая* веха) развития.

Еще одна кафедра физического профиля, помимо № 23, ответвившаяся от первосозданной «Физической кафедры», которая получила сперва «номерное» название (№ 24), а впоследствии

стала называться кафедрой экспериментальной физики. По замыслу организаторов атомного проекта эта кафедра должна была стать центром ядерно-физического образования и иметь в своем составе различные ускорители элементарных частиц и даже ядерный реактор (в последующем этот реактор был передан Уральскому отделению Академии наук и смонтирован в Белоярском районе). Кафедра предназначалась для подготовки инженеров-физиков по специальности «Электроника и автоматика спецпроизводств». Несколько позже был открыт прием и второй группы, изучающей «Дозиметрию и защиту». Разумеется, под «спецпроизводством» понимался комплекс технологий, обеспечивающих «атомный проект» – от бомбы до АЭС. Но в том-то и состоит латеральный эффект развития научно-технической мысли, что любое целеполагание, будучи реализованным в вещах, веществах или текстах, являет собой не только предполагаемый, желаемый, искомый результат, но и некий побочный эффект, который открывает новые перспективы и дает возможность работать по новым направлениям, которые на первых порах даже не обсуждались. Так, на этой кафедре была сформирована и выросла школа физиков, изучающих процессы физической оптики, явление люминесценции не только классических люминофоров – оксида цинка или гидрида лития, – но и многокомпонентных оксидных кристаллов. Это направление стало способствовать развитию методов спектроскопии и исследованию электронной структуры кристаллов. Для решения таких задач, в частности, был использован имеющийся на кафедре циклотрон, который был модернизирован в конце 70-х годов (регулирование магнитного поля и перестройка резонансной частоты). Несколько позже там был установлен еще один ускоритель – микротрон.

Таким образом, эти устройства предоставляли исследователям пучки (потоки) заряженных частиц (в частности, протонов и электронов) и гамма-квантов. Такая современная приборная база надежно обеспечивала успехи главного научного направления кафедры – «Люминесценция и радиационная физика твердого тела». Это своего рода иллюстрация «возвращения на круги своя», наблюдаемого в природе и обществе: исторически открытие радиоактивности было побочным эффектом исследования люминесценции, затем изучение ядерных свойств урана привело к овладению ядерной энергией, что послужило стимулом создания генераторов ионизирующего излучения, которые стали инструментом дальнейшего и глубокого изучения все той же люминесценции, но уже в содружестве с методами радиационной физики твердого тела.

Но и это еще не все. Новые физические идеи, требующие глубокого понимания и проникновения в атомно-молекулярные структуры твердого тела, стимулируют конструирование и создание адекватной приборной базы и методов технического обеспечения исследований. Так, на кафедре была организована научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов и силами энтузиастов всего физтеха была построена криогенная гелиевая станция.

Приборная база, собранная на кафедре и в значительной степени созданная на ней, по сей день позволяет расширять область приложений физических эффектов, вызываемых взаимодействием ионизирующих излучений с веществом в различных агрегатных состояниях, включая «живое вещество» (решение задач дозиметрии и защиты). Так, кафедра включилась в исследования, имеющие целью поиск приложений ускорительной техники к некоторым проблемам биофизики и медицины: радионуклидная диагностика и нейтронная терапия в медицине, а также широкий круг задач стерилизации различных биотканей и инструментария. В итоге на кафедре была начата подготовка специалистов по абсолютно «мирному» направлению – по физическим приборам и методам медицинского назначения.

Большое разнообразие явлений, наблюдаемых на «стыке» радиационной физики и физики твердого тела, открыло возможности дальнейшего расширения как аналитических исследований (получение информации о составе, структуре, связях, свойствах и функциях различных тел и систем), так и разработки средств и методов управления этими свойствами и функциями. Эта в широком смысле слова материаловедческая проблема оказалась достаточным поводом для формирования автономного направления, что привело к открытию в начале 80-х годов новой кафедры, образно говоря, «излученной» (если пользоваться терминологией ядерной физики) кафедрой ЭФ.

Это кафедра физических методов и приборов контроля качества (ФМПК), организованная на базе лаборатории экзоэмиссионного контроля, которая занималась разработкой методик исследования и контроля дефектности поверхностных слоев различных материалов и изделий.

Новое и быстро развивающееся направление в инструментальной аналитике первоначально затрагивало только приборы и методы неразрушающего контроля, что уже было громадным шагом вперед по сравнению с классическими приемами аналитической химии и даже физико-химическими методами анализа, когда еще можно было «взять пробу» материала для исследования, надеясь на представительность ее состава и структуры, но уже готовое изделие невозможно было подвергать манипуляциям традиционной аналитики, отбирая, отрезая и т.д. какую-то часть от целого. Самые известные приемы контроля и аналитики обычно «оставляют след» от вмешательства в исследуемый объект: как

говорят шотландцы, – проверка качества пудинга заключается в его съедении.

На кафедре ФМПК сложились и продолжают развиваться такие научные направления: «Разработка физических основ и метрологического обеспечения эмиссионных и ядерно-физических методов контроля материалов и изделий», «Твердотельная дозиметрия ионизирующих излучений» (направление, унаследованное от кафедры ЭФ) и «Оптические и ядерно-физические исследования биологических сред», направление, сохранившее преемственные связи с некогда существовавшим при кафедре отделом радиационного материаловедения, реорганизованного затем в отдел прикладной биофизики.

Одним из наиболее значительных достижений кафедры ФМПК является разработка твердотельных детекторов ионизирующих излучений нового поколения (ТЛД 500 К), нашедших широкое применение как в индивидуальной дозиметрии, так и в задачах прикладной радиоэкологии. Этими детекторами обеспечены практически все дозиметрические службы АЭС России и СНГ.

Кроме того, на кафедре представлена и совсем, казалось бы, экзотическая тематика. В лаборатории микроскопии проводятся исследования не только техногенных материалов, но и метеоритов. Сейчас это, вероятно, единственная в России студенческая научная организация, занимающаяся поиском и исследованием этих космических «пришельцев».

На кафедре и сейчас широко развиты исследования в области исследования и приложений экзоэлектронной эмиссии, физического феномена, явившегося центром сосредоточения научных интересов ряда научных сотрудников кафедры ЭФ, что и послужило в свое время поводом для организации и обособления кафедры ФМПК.

Эта кафедра располагает филиалом в Институте физики металлов УрО РАН, что является хорошим примером, по-видимому, неизбежной кооперации академической науки с вузовскими коллективами в ближайшем будущем.

Научно-практический опыт, накопленный коллективом кафедры, позволяет рассчитывать на эффективное включение в такие инновационные разработки, которые сейчас наша научная общественность связывает с «нанотехнологиями». К разработке этой физико-технической концепции готовы коллективы всех естественнонаучных кафедр ФТФ, что, скорей всего, и заставит факультетскую науку, прошедшую этапы дифференциации научных направлений (метафорические процессы «мутации», «деления», «гибридизации» и «интродукции» идей и коллективов), включиться в неизбежные интеграционные процессы, сплачивающие технику и интеллект на новых рубежах постижения материального мира. В частности, кафедра ФМПК своевременно отреагировала на нарастающую потребность в специалистах «межпредметного» уровня, которые предназначаются для проведения перманентного контроля технологических процессов и систем, создаваемых на основе новейших физико-технических концепций. Иными словами, речь идет об опережающей подготовке менеджеров в сфере инноваций и контроля качества, которые будут стоять на страже конкурентноспособности предприятий, связанных с новейшей и непрерывно модернизируемой технической продукцией. По сути, это является неизбежным ответом на возрастание роли экономики и инженерной психологии в современной технике, когда каждый инновационный шаг в техносфере сводится к уменьшению человеческого фактора в управлении сложными системами, которые функционируют автономно. Если человек с возрастающей скоростью продолжает «делегировать» свои функции и даже мыследействия «умным» машинам и системам, то проблема качества и надежности их функционирования превращается в первую заповедь «диалога» человека с техносферой, не отменяющего старые проблемы «диалога» с природой.

В связи с этим *социальным вызовом*, как любят говорить философы, именно кафедра ФМПК «излучила» из своего коллектива группу педагогов и научных работников, которые в 2000-м году основали «дочернюю» кафедру «Инновационные технологии» (ИТ).

Таким образом, саморазвитие концепции взаимосвязи физики и техники (что уже в XX веке демонстрировали школы Энрико Ферми и Абрама Федоровича Иоффе в нашей стране), представляющее аналогию «дарвиновской» эволюции, по истечению шестидесяти лет можно представить как историческую эстафету последовательного порождения самодостаточных коллективов, группирующихся вокруг новой и перспективной идеи. Это всегда отражало объективную дифференциацию науки. Так, если изначальную «Физическую кафедру», интродуцированную (используем этот биологический термин) в УПИ из академической сферы (Уральский филиал Академии наук), принять за источник физико-технических задач, которые нужно было решать во имя выполнения «атомной программы», то эта «эстафета» выглядит следующим образом:

ФК→ ЭФ → ФМПК → ИТ.

Та же самая кафедра-«праматерь» (ФК) явилась источником еще двух «генетических цепочек», представленных в истории физтеха; при этом факультет сам совершил интродукцию в академию:

ФК→ МФ – Институт промэкологии УрО РАН;

ФК → ТФ.

Упоминание последней цепочки снова возвращает нас к первому десятилетию жизни физтеха.

Кафедра теоретической физики (ТФ) была задумана как одна из общефакультетских наряду с кафедрой физико-химических методов анализа (ФХМА), кафедрой химии и технологии редких элементов (ХТРЭ) и, несколько позже, кафедрой радиохимии (РХ). Кафедра ТФ, несмотря на ключевую роль термина «теория», отраженную в ее названии, с самого начала являла собой такой же комплекс физики и техники, как и в целом факультет. Конечно, ее основная педагогическая задача заключалась в разработке и чтении фундаментальных курсов теоретической физики. Это – первооснова всякого прогресса в области точных наук. Но углубленные теоретические исследования и одновременное решение технических задач на «передовом фронте» развивающейся науки представляет собой характерную картину отечественного естествознания. Именно так выглядит научный вклад российских ученых – Пафнутия Львовича Чебышёва, великого математика и механика; Алексея Николаевича Крылова, математика и механика, теоретика кораблестроения; Николая Егоровича Жуковского, создавшего единую научную дисциплину – экспериментальную и теоретическую аэродинамику, обеспечившую прогресс самолетостроения, а также многих других энтузиастов и «первопроходцев» новой техники, наподобие Акселя Ивановича Берга, сумевшего преодолеть косные взгляды многих политизированных и недалеких идеологов и руководителей науки и промышленности в послевоенное время. Как известно, эта публика основательно затормозила развитие генетики в нашей стране и ряда других естественнонаучных направлений, отыскивая «корни идеалистического мировоззрения» даже в теории относительности и квантовой механике. Так что именно кругозору и настойчивости А.И. Берга мы обязаны тем, что с кибернетики удалось снять клеймо «буржуазной лженауки» и включить научно-технический потенциал нашей страны в русло международного развития наукоемких технологий.

Автор этих строк хорошо помнит, как в середине 50-х годов на одном из философских семинаров (тогда еще жила такая форма социального общения в нашей факультетской среде) Георгий Викторович Скроцкий, профессор Уральского госуниверситета, приглашенный возглавить кафедру ТФ, сделал сообщение о кибернетике, как о продуктивном научно-техническом направлении, как о зарождающейся революции в области информационных технологий. Это было время горячих споров на тему – «может ли машина мыслить?». Молодой и дружный коллектив кафедры ТФ сумел объединить свой интеллект, сочетая сложнейшую функцию преподавания теоретической физики, а также атомной и ядерной физики, с экспериментальными разработками в области ядерного и электронного магнитного резонанса и оптической ориентации атомов. На основе этих достижений были созданы образцы квантовых магнитометров и гироскопов. Теоретические, экспериментальные и конструкторские разработки кафедры нашли применение как в оборонной технике, так и в «мирной» сфере – геологии. В 80-х годах при кафедре была организована отраслевая научно-исследовательская лаборатория, в которой были созданы новейшие для своего времени образцы приборов, такие, как, нанотеслометр, аэромагнитометр, многоцелевой магнитометр и др. Исследования и разработки в области квантовой магнитометрии по сей день остаются в сфере интересов кафедры ТФ. В 1997 году кафедра изменила (скорей дополнила) свое название, став кафедрой «теоретической физики и прикладной математики», что было объективным ответом на «веление времени». Ведь неспроста именно на этой кафедре присутствовало понимание фундаментальной важности информационных технологий и, прежде всего, кибернетики, которые используют математический язык не в традиционном бумажно-карандашном режиме, а для решения задач с помощью вычислительных средств, превосходящих интеллектуальные возможности отдельного человека.

На этой кафедре развивается научное направление «Математическое моделирование физических процессов в неупорядоченных системах». Оно включает моделирование атомной структуры, колебательных спектров, транспорта электронов и переноса тепла в твердых телах в кристаллическом и нанокристаллическом состояниях. Такой подход позволяет в значительной степени заменить сложно организуемые эмпирические эксперименты компьютерным моделированием и надежно прогнозировать физические свойства твердых тел, используемых в конструировании новой техники.

Кафедра физико-химических методов анализа (ФХМА) – одна из старейших на факультете, его ровесница. В настоящее время она успешно сочетает напряженную педагогическую деятельность, преподавая курс общей химии студентам всех специальностей физтеха, с научно-исследовательской работой в области самых современных направлений спектрального анализа. Как известно, развитие новой технологии может осуществляться только в сопровождении глубокой, чувствительной и точной аналитики. Без обладания информацией об элементном составе, структуре и связях (на атомно-молекулярном уровне) в конструкционных и потребительских материалах сейчас уже невозможно соответствовать требованиям времени. Но одно дело – аналитические прогнозы при развитии, совершенствовании и модернизации технологий, и другое – актуальная аналитика и контроль реальной продукции на всех уровнях информационной иерархии, и прежде

всего – на элементном. Такая аналитика может быть только эмпирической.

Именно поэтому физико-химические методы анализа, его инструментальные формы (в первую очередь спектральный анализ) не могут быть вытесненными приемами математического системного моделирования. Для оценки качества сырья или пригодности изделия всегда будет необходима конкретная, относящаяся именно к данному объекту, фактология. Это подобно тому, как в педагогике можно бесконечно совершенствовать формы преподносимой информации (все технические средства обучения), но контроль над ее усвоением, т.е. контроль над знаниями при любой форме его организации всегда будет касаться каждого конкретного человека. Прогнозировать можно все, что угодно, но проверить глубину и качество усвоения информации можно только в индивидуальном контакте, будь это классический экзамен или новомодное тестирование.

При любой перспективе развития физико-химической аналитики невозможно обойтись без использования стандартных образцов, представляющих собой реальные физические объекты (тела, фазы) с известным составом и структурой. В настоящее время эта тематика является одной из главных проблем, в решение которых включена кафедра. Так, в кооперации с кафедрами МФ и радиохимии (РХ) на базе кафедры ФХМА более десяти лет назад была организована Российская арбитражная лаборатория испытания материалов ядерной энергетики (как независимый испытательный аналитический центр). Ее основная задача – арбитражный анализ продукции, относящийся к материалам ядерной энергетики и идущей на экспорт, а также разработка и выпуск Государственных стандартных образцов по заказам предприятий. Кафедра является выпускающей уже с 1968 года. Она готовит специалистов по современным методам контроля материалов новой техники с широким научно-техническим кругозором. Таким образом, кафедра ФХМА, совершенно в духе «физтеха», в духе концепции, задуманной и реализованной физиками и физико-химиками «курчатовского призыва», исследователями научно-организационных идей А.Ф. Иоффе и Н.Н. Семенова, выполняет функции учебного и научно-исследовательского центра, отвечая требованиям времени и научно-технической революции. С 1997 года кафедра активно участвует в издании журнала «Аналитика и контроль», отражающего последние достижения в инструментальной аналитике, метрологии, а также проблемы стандартизации и прикладной экологии.

Существующая в настоящее время на физтехе кафедра радиохимии (РХ) является наследницей кафедры химии и технологии редких элементов (ХТРЭ), которая по замыслу организаторов факультета должна была формировать у будущих технологов широкий общий кругозор в области свойств редких, рассеянных и радиоактивных элементов, использование которых уже в середине прошлого века признавалось непременным условием научно-технического прогресса. В частности, «атомный проект» предполагал привлечение обширной и всесторонней информации о физико-химических (включая ядерные) свойствах этих элементов, на которые приходится более половины «контингента» периодической таблицы. Организованная в рамках этой кафедры лаборатория радиохимии (а это наука о физико-химических особенностях систем, в которых присутствуют или возникают радионуклиды) в 1951 году выделилась в самостоятельную общефакультетскую кафедру, а сфера ее научных интересов оформилась под влиянием деятельности проблемной межкафедральной лаборатории п/я 329, которая в составе факультета занималась задачами обезвреживания сточных вод, включая радиоактивные (в последующем там проводились исследования в области синтеза фторсодержащих углеводородов, которые нашли применение в технологии разделения изотопов урана). В 70-х годах кафедру РХ присоединили к кафедре ХТРЭ, хотя это не было следствием саморазвития научно-технических концепций или какой-нибудь дальновидной стратегии, а, скорее, итогом управленческого безразличия и просчета, допущенного в то время как руководством факультета, так и ректората. Тем не менее к тому времени в коллективе радиохимиков сложилось понимание важности исследований по технологии обезвреживания жидких радиоактивных отходов, в особенности, низкоактивных, что является, как это ни странно, более сложной проблемой. Сорбционные приемы извлечения радиоактивных микрокомпонентов из водных растворов естественного и искусственного происхождения с помощью неорганических коллекторов (сорбентов, ионообменников) в равной степени приложимы как к задачам обезвреживания отходов, так и к радиоаналитическим задачам. Таким образом, умение выделить из натурных образцов (пробы воды, биологических материалов и др.), сконцентрировать и идентифицировать (точно установить ядерно-физическую природу) радиоактивные микрокомпоненты является первой и непременно решаемой задачей в радиоэкологии.

В 1979 году «гибридная» кафедра ХТРЭ, включающая коллектив радиохимиков, освоила методы синтеза и практического применения тонкослойных неорганических высокоспецифичных сорбентов для радиоаналитического исследования окружающей среды и вернула свое прежнее название – РХ. Это она начала решать задачи радиохимии Мирового океана (проблема рассеяния искусственных радионуклидов – испытания ядерного оружия, атомный флот и т.д.) и проблемы локальных загрязнений природными

радионуклидами. После аварии на Чернобыльской АЭС резко возросла значимость радиоэкологической информации, особенно получаемой экспрессными методами. А тонкослойные сорбенты как раз и позволили развивать это направление. Преподаватели и сотрудники кафедры принимали участие в морских экспедициях, в поиске сверхтяжелых элементов в термальных источниках Средней Азии, в командировках на ЧАЭС для осуществления радиоэкологического мониторинга. Экспрессные методы не только идентификации, но и вещественного выделения радионуклидов из сложных систем, в настоящее время разрабатываются кафедрой в содружестве с ЗАО ПНФ «Термоксид» (г. Заречный; сотрудники этой организации являются выпускниками РХ). Так, в настоящее время растет спрос на радиоактивный технеций, который применяют в медицине для диагностики и лечения онкологических заболеваний. Технеций отсутствует в природе, но существуют проекты его экспрессного извлечения из раствора активной зоны гомогенного атомного реактора, в частности, сорбционным методом с использованием неорганических сорбентов избирательного действия (речь идет об извлечении его «генетического» предшественника – радиоактивного молибдена, выполняющего роль генератора радиоактивного технеция). Кафедра занимается исследованиями по данной тематике, и такого рода «мирная» сфера приложений радиоактивности, когда сейчас только один этот термин уже отпугивает молодежь (скорей всего, родителей абитуриентов) от изучения ядерно-химической технологии, позволяет надеяться на возрождение былой романтики времен «курчатовского призыва».

В настоящее время кафедре РХ поручено преподавание курса экологии всем специальностям физтеха и радиофака. Она начала выпускать специалистов по системному анализу и управлению (в экологии и природопользованию).

Кафедра вычислительной техники (ВТ) в состав физтеха вошла только в 1972 году, просуществовав в течение 11-ти лет перед этим в качестве общеинститутской. Ее истоки – институтская машино-счетная станция, образованная в 1959 г. в составе энергетического факультета (был такой факультет, позже разделившийся на «электрофак» и «теплофак», существующие по сей день). Машинные вычислительные устройства на базе электронной техники, начиная с первых послевоенных лет стремительно включались в повседневную практику точных наук и развивающихся на их основе новейших технологий. Искусство программирования самоутвердилось как результат соединения, «симбиоза» логики и математики применительно к таким ситуациям, когда не только вычисления, но и функции «святая святых» разума – скрытные, неявные алгоритмы мышления, качественные оценки, сравнения и другие логические операции – люди стали поручать электронным устройствам, компьютерам, «холодному железу».

XX век продемонстрировал яркий пример своего рода «системного автокатилиза» при ускорении развития новой техники. Даже первые скромные возможности машинного программирования раскрепостили творческую фантазию ученых. И тогда наука смело пошла по пути формулирования задач такой сложности, которые прежде сдерживались пониманием того, что «карандашно-бумажным методом» их все равно бы не удалось решить в разумные отрезки времени. Но машинное решение сложных технических проблем позволяло быстро продвигаться в их реализации, что в свою очередь способствовало приборному совершенствованию самих вычислительных средств. Итак, развиваясь ускоряющимися темпами, вычислительная математика в союзе с вычислительной техникой овладела новой прикладной «профессией» – функциями *управления сложными системами*, что является предназначением кибернетики (по Норберту Винеру: кибернетика, или управление и связь в животном и машине). Кафедра ВТ в полной мере отразила неизбежность соединения арсенала вычислительных средств и методов с задачами объяснения и предсказания свойств и функций сложных систем. В техническом вузе такие системы, что называется, «под руками», – это вся техносфера, в первую очередь новая и развивающаяся.

Представляется очевидным, что специалисту, получившему классическое математическое образование, труднее будет придти к пониманию сложного переплетения фактов естественной природы, разнообразных переносов вещества, энергии и связанной с этим информации, нежели инженеру, который связан с обслуживанием процессов и аппаратов техносферы. Такому человеку, досконально знакомому со сложными объектами естественной или преобразованной природы, легче достается освоение «грамматики» науки – математики, поскольку он станет усваивать ее не в «чистоте абстракции», а в действии.

Кафедру ВТ в свое время разместили во вновь построенном пятом учебном корпусе физтеха, как бы предугадав их будущее. Именно физтех, собравший ученых, нацеленных на создание новой техники, и послужил кадровым источником пополнения этого кафедрального коллектива. Сотрудники и выпускники физтеха, физики и химики-технологи оказались ближе всех к пониманию идеологии системного подхода. Поэтому вхождение кафедры ВТ в состав ФТФ прошло удачно и безболезненно.

Она и сейчас сохраняет свой общеуниверситетский статус, обслуживая разные специальности УГТУ-УПИ, но уже с 1988 года

стала выпускать инженеров-системотехников по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» со специализацией «Системотехника нечетких технологий».

Кафедра продолжает развиваться как экстенсивно (она расширила свои площади после ввода в строй 12-го корпуса), так и интенсивно, продолжая успевать за потребностями нового времени, когда возможности ЭВМ показали свою эффективность не только в техносфере, но и в социосфере. Так, были открыты новые направления в подготовке специалистов: «Социальная работа на информационной основе», «Информационные технологии в медицине» и др.

Если кафедра ВТ была «живой веткой, отростком» УПИ, привитым к факультету и вошедшая в него как близкородственная и соседняя подсистема, то кафедра электрофизики явилась результатом неожиданной интродукции (воспользуемся этим биологическим термином) этого научного направления извне.

В 80-х годах Уральский научный центр (УНЦ) был преобразован в Уральское отделение Академии наук и для организации Института электрофизики в его составе был приглашен академик Г.А. Месяц. Перед ним возник выбор кадровой базы для исследования и дальнейшего внедрения в промышленность новейшей технологии, связанной с получением и направленным воздействием сильных импульсных полей, мощных потоков корпускулярного и электромагнитного излучений на вещество. Эти методы очень перспективны в создании материалов с новыми уникальными свойствами. И главная физико-техническая интрига этого нового не только научно-исследовательского, но и промышленного направления заключается в том, что, с одной стороны, уже есть известные сферы приложения этих электрофизических эффектов, требующих высокообразованных специалистов. Но, с другой стороны, систематическое исследование таких явлений может открыть новые приемы воздействий на вещи и вещества, не имеющие аналогов, еще неизвестные материаловедению.

Так вот, академик Г.А. Месяц мог открыть кафедру электрофизики либо в УПИ, либо на физическом факультете УрГУ. И там, и там были хорошие кадры физиков, тем более, что тогда ректором УрГУ был П.Е. Суетин, воспитанник физтеха, некогда бывший его деканом. Надо отдать должное ректору Ф.П. Заостровскому, который заставил факультетское руководство пригласить Г.А. Месяца на кафедру экспериментальной физики и познакомить его с набирающими силу исследованиями в широкой области радиационно-физических явлений.

В памяти автора этого очерка, бывшего тогда участником этой встречи, остался самый первый вопрос, обращенный к нашим физикам, – располагают ли они возможностями анализа и управления процессами переноса на *наноуровне*? Этот термин тогда еще не вырвался в сферу СМИ, тогда его, наверное, и Чубайс не знал, но, по-видимому, ответы наших ученых удовлетворили академика, и он отдал предпочтение физтеху.

Сейчас кафедра электрофизики функционирует буквально по «заповеди» академика А.Ф. Иоффе, которой продолжает придерживаться и наш последний Нобелевский лауреат Жорес Алферов. Это – формирование единой научно-исследовательской (на переднем крае достигнутого наукой) и образовательно-педагогической среды, которая называется «системой физтеха». К преподаванию на этой кафедре привлечены ученые, работающие в Институте электрофизики УрО РАН, но факультет и в своей среде нашел энтузиастов, с увлечением начавших осваивать новые направления. А студенты, решившие связать свои научные интересы с изучением многообщающих эффектов и их технических приложений, получили полную возможность пользоваться уникальным оборудованием академического института. Таким образом, наш физтех и здесь лишний раз подтвердил и оправдал неслучайность своего названия, будучи первопроходцем в совершенствовании вузовского технического образования. Подобные комплексы «вуз-академия» эффективны как в дидактическом отношении, так и в результативности научных исследований.

Наш факультет, отвечая «принципам университета», стал объединять коллективы ученых и преподавателей не только инженерных направлений в области физики и химии, что является основой индустрии, но в конце прошлого столетия включил в свой состав еще две кафедры, казалось бы, исключительно гуманитарного направления. Это – кафедра иностранных языков, открывшая в 1998 году собственную специальность «Перевод и переводоведение» для подготовки лингвистов-переводчиков, и кафедра социальной безопасности (2000-й год), аналогов которой в вузовской системе России еще не было. В этом расширении факультета можно найти внутреннюю логику. Так, глобализация мировой экономики, международные каналы общения резко повысили важность освоения языков индустриально развитых стран. В хорошем смысле слова мода на владение языками, признаваемыми ООН как отражающих культурное лицо нашего мира, в послеперестроечное время проникла и в российский менталитет, поскольку (хотим мы этого или нет) эпоха глобализации уже неотвратимо наступила.

Возможно, что и это является признаком времени: факультет, отражая тенденции общемирового технического прогресса, вполне логично включает в свой состав и кафедру прикладного лингвистического направления, поскольку без «диалога культур» невозможно

представить себе жизнь современного мирового сообщества. Так сказать, «мы фанатики и фонетики, не боимся мы кибернетики».

Если кафедра иностранных языков, имеющая давние корни в нашем вузе, была просто включена в состав ФТФ, а не организована заново, то кафедра социальной безопасности есть отражение системной динамики современной индустрии. Международный технический прогресс в настоящее время невозможно рассматривать вне сферы влияния социально-культурного фактора. И если давно существует прикладное инженерное направление «Безопасность жизнедеятельности» (раньше все соответствующие кафедры имели название «Техника безопасности»), то *социальный аспект* в этой проблеме привлек к себе внимание общества сравнительно недавно. Казалось бы, кто и когда раньше мог предположить рост значимости культурологических и демографических «разломов» в современном мировом сообществе? Оказалось, что научно-технический прогресс не только повышает качество жизни, расплачиваясь за это неким риском природного и техносферного происхождения, признаваемым приемлемым (это по закону Барри Коммонера: «Ничто не дается даром» или «За все надо платить»), но и создает новые риски сугубо социальной природы. Так, любая новейшая техника, созданная людьми «во благо», некими фанатиками (не обязательно религиозного толка), может быть обращена «во зло», чему XX век уже явился свидетелем. Главное в этой проблеме заключается даже не столько в защите общества от негативно влияющих факторов социокультурного происхождения, сколько в разработке и внедрении в жизнь профилактической технологии. В частности, кафедра включена в развитие научного направления «Социальная безопасность личности и общества в условиях антропогенных воздействий».

В наше время помимо безопасности жизнедеятельности, связанной с природой и техносферой, и социальной безопасности резко возрастает роль охраны интеллектуальной продукции. Ее высокая цена, отражаемая буквально во всех аспектах «ноу-хау», вынуждает общество рассматривать эту продукцию как товар, защищая его от утраты, хищения и «пиратства», т.е. предпринимать меры *управления* интеллектуальной собственностью. В сфере науки и технологии ее сбережение и экономически эффективная реализация служит залогом развития общества и качества жизни.

И в этом отношении физтех не отстал от требований времени. В 2003 году секция «Институт патентоведения» Учебно-научного центра интеллектуальной собственности УГТУ-УПИ была преобразована в кафедру «управления интеллектуальной собственностью» (УИС). Эта кафедра еще очень молода, но на ней уже начали формироваться научные направления по исследованию стратегий и механизмов коммерциализации объектов интеллектуальной собственности, управления ею, а также исследование правовых и экономических аспектов управления объектами авторского права и науке, технике и образовании.

Таким образом, за 60 лет существования физико-технический факультет, будучи организованным в трудно переживаемое время на «переднем фронте» развивающейся наукоемкой техники, отразил жизненную устойчивость нашего народа, в частности, уральцев, жителей российской «глубинки». Этот научно-педагогический центр, источник кадров для новейшей техники, за все прошедшие годы не останавливался в развитии, готовя специалистов, которые в свою очередь уже и за рамками своей профессии, соответствуя требованиям совершенствуемой технологии, смело входили в новые научно-технические сферы деятельности.

В своем первом Послании Федеральному Собранию Президент РФ Д.А. Медведев напомнил, что действия России в экономике и в дальнейшем (в расчете до 2020 года) будут основываться на заявленной концепции четырех «И» – Институты, Инвестиции, Инфраструктура, Инновации. Но при этом он добавил еще и пятую составляющую «И» – Интеллект. И еще: «Нам нужно организовать масштабный и системный поиск талантов и в России, и за рубежом. Вести, я бы сказал, настоящую «охоту за головами». Содействовать приходу молодых, одаренных людей в фундаментальную и прикладную науку. Ускорить формирование сильных государственных и частных центров разработки новых технологий. <…> Это – задача всего общества и в то же время шанс для каждого применить свои способности».

Наш факультет всегда стремился к достижению таких целей, но предстоит еще много сделать для привлечения носителей этого пятого «И». Одним словом, как сказал поэт, – «Талантам надо помогать, бездарные пробьются сами».

Физика восходит к греческому слову *physis* (природа), а *техника* к слову *techne* (искусство, мастерство). Поэтому физико-технический факультет скорей всего не случайно отразил в своем названии модернистскую функцию современного человека, осуществляющего на уровне высокого *мастерства* «новый диалог с *природой*».

THE “ALLOY” OF PHYSICS, TECHNICS AND ANALYTICS

Egorov Yu.V.

The article is dedicated to the 60th anniversary of the Physico-Technical Faculty of The S.M. Kirov’s Ural Polytechnical Institute (UPI). The Physico-Techincal Faculty was founded on May 25th, 1949. Brief history of the faculty progress is described as the “drama of ideas”. This is the history of the formation of faculty departments, their scientific and technical progress that was closely connected with nuclear engineering and adjacent problems.

Keywords: Ural Polytechnical Institute (UPI); Physicotechnical Faculty; Rare metals; Molecular, experimental and theoretical physics; Nuclear physics and radiochemistry; Physical and chemical methods of analysis; Scientific and technical progress; Atomic engineering; Innovative technologies.