

Фундаментальное материаловедение в классическом университете

И. В. Архангельский, В. В. Ключарев

ИГОРЬ ВАЛЕНТИНОВИЧ АРХАНГЕЛЬСКИЙ — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов: общая и неорганическая химия, углеродные материалы, термический анализ.

119899 Москва, Воробьевы горы, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет, тел. (095) 939-36-83.

ВАЛЕНТИН ВИКТОРОВИЧ КЛЮЧАРЕВ — старший научный сотрудник Института проблем химической физики РАН. Область научных интересов: теория превращений, общая и неорганическая химия, термический анализ.

142432 Черноголовка, Институт проблем химической физики РАН, тел. (09652) 2-16-57,
E-mail vvk@icp.ac.ru

Междисциплинарная наука о материалах как отдельная область знаний начала формироваться в середине 50-х годов XX века [1]. В 1961 году благодаря содействию президента Джона Кеннеди работам в этом направлении был придан статус стратегической научно-технической программы США. В том же году при Массачусетском технологическом институте открыли первый учебный центр для подготовки материаловедов принципиально новой формации [2].

Как известно, понятие «материал» в узком смысле слова означает сырье, т.е. то, из чего можно что-то сделать. В русском языке это также тканая материя или информация о чем-нибудь или о ком-нибудь [3]. Утилитарный подтекст формирует отношение к материаловедению как к прикладной дисциплине. В фундаментальной науке о материалах предмет изучения имеет иное содержание. Это не утилитарная функция и способы ее исполнения, а базовые закон которым подчиняются неоднородные целостности сложной организации. Изменение сущности материаловедения влечет за собой системную перестройку в производстве знаний, что влияет на все сферы человеческой жизни. Цель настоящей статьи — поделиться опытом работы Факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова в решении ряда проблем, связанных с развитием фундаментального материаловедения в России.

Многим из тех, кто будет создавать современную науку о материалах, предстоит найти ответы на следующие вопросы. Зачем материаловедению классический университет? Необходимо ли обществу университетское материаловедение? Может ли материаловедение принести пользу классическому университету? Практика показала, что ответы могут быть разными в зависимости от того, какое содержание вкладывается в понятия «материаловедение», «фундаментальная наука», «университет».

Если рассматривать науку о материалах как утилитарную дисциплину, то, значит, ее надо развивать исключительно на базе высших учебных заведений, которые готовят специалистов для разработки новой техники или новых промышленных технологий. Принципиально иная ситуация возникает, если материаловедение рассматривают как единую систему

знаний о зарождении, функционировании и гибели неоднородных целостностей. Тогда его основу составляют не потребительские интересы, а универсальные законы изменчивости, отбора, адаптации и саморазвития. Именно они, «переплавляя» физику, химию, математику и другие дисциплины в единую систему знаний об эволюции материалов, создают фундаментальное материаловедение как отдельную область науки. Разработка технологий для такого синтеза лежит в сфере интересов классического европейского университета с его традицией философского осмысления окружающего мира. Отсюда, видимо, и ответ на первый вопрос. Классический университет необходим материаловедению как источник технологий для своего развития.

Однако не всякое развитие прогрессивно. Поэтому возникает вопрос: насколько такой «сплав» — фундаментальное материаловедение — необходим обществу. Попробуем дать ответ на основе дифференциации наук. Любая система точных знаний имеет четкое деление на три области: фундаментальную, технологическую и инженерную. Каждая из них имеет свой язык, аппарат, цели и продукты. Фундаментальная наука должна ответить на вопрос: что может и чего не может быть в природе. На выходе — законы и системы законов. Наука технологий обеспечивает переход от общих сведений о природных явлениях к конкретным процессам, детально изучая свойства избранных объектов в разных условиях. На выходе — базы данных. Инженерная наука, опираясь на результаты технологических исследований, разрабатывает пути, необходимые для создания конкретных изделий с целью удовлетворить разумные потребности личности и общества. На выходе — формулы изделий и инструкции пользователям. Онтологическая дифференциация дает ясный ответ на вопрос, зачем нужно развивать материаловедение в классическом университете. В производстве знаний фундаментальная наука призвана снизить издержки технологического этапа, уменьшая объемы рутинных экспериментов за счет соблюдения точных предписаний и правил. Это особенно важно при решении междисциплинарных проблем, когда незнание общих законов или неумение их использовать делает

непомерными объемами поисковых исследований на технологическом этапе. Материаловедение в классическом университете необходимо развивать для того, чтобы производство знаний в этой области человеческих интересов было рентабельным.

Третий вопрос самый сложный. Не отторгнет ли система классического университета фундаментальное материаловедение как инородный элемент? Может быть, имеет смысл развивать автономный университет наук о материалах подобно тому, как это было сделано в английском Лидсе? Однозначного ответа мы не знаем до сих пор. Решая этот вопрос, в МГУ исходили из того, что современная наука о материалах, имея дело с неоднородными целостностями, способна принести классическому университету недостающий опыт в исследовании формы природных явлений [4]. В конце XX века эта возможность стала очень актуальной в связи с изменениями в содержании химии, физики, геометрии, которые возникли под влиянием развивающегося фундаментального материаловедения [5–10]*. Известно, что химические, физические и геометрические законы проявляют себя в отношении веществ и материалов на совершенно разных уровнях сложности [7, 11]. Как следствие, становятся неизбежными изменения в облике химии, физики и даже математики. В качестве примера отметим, что сегодня результаты из области классической неорганической химии, хорошо знакомой по учебникам Менделеева, Реми или Некрасова, такие журналы, как «Inorganic Chemistry» или «Journal of American Chemical Society», почти не публикуют. В то же время их можно обнаружить в принципиально ином издании — журнале «Chemistry of Materials», который уже 16 лет выходит под эгидой Американского химического общества. (Двумя годами позже Британское королевское общество начало издавать «Journal of Materials Chemistry».) Такая ситуация закономерна. Классическая неорганическая химия перешла на принципиально новый уровень сложности — уровень материаловедения. Соответственно, изменилось ее содержание и стали другими ее цели. Фундаментальное материаловедение, как нам кажется, обогащая традиции университетского образования, позволяет сохранить классические университеты как тип учебного заведения в нынешнем быстро меняющемся мире.

Первой попыткой проложить дорогу фундаментальному материаловедению в России стало создание Высшего колледжа наук о материалах (ВКНМ) по инициативе акад. РАН Ю.Д. Третьякова и по поддержке ректора МГУ им. М.В. Ломоносова акад. РАН В.А. Садовниченко. Предпосылкой для этого эксперимента послужила модель специалиста, сформулированная Ю.Д. Третьяковым и его единомышленниками. По этой модели материаловед-исследователь должен владеть широким кругом знаний и умений, включающим

— синергетический подход к описанию явлений сложной природы;

— теорию физических явлений, определяющих свойства материалов, что подразумевает углубленное изучение физики твердого тела и механики материалов;

— теорию химических явлений, определяющих свойства материалов и возможности их синтеза, что подразумевает системный уровень подготовки по общей химии;

— основы биофизики, биохимии и биоэтики, достаточные для ознакомления с принципами конструирования биосистем;

— знания в области математики и математического моделирования, позволяющие осознанно осуществлять конструирование материалов и их направленный синтез;

— обширную фактическую базу материаловедения, ее основные законы и постулаты;

— навыки современного физического и химического эксперимента, включая методы синтеза и диагностики;

— современные средства сбора и анализа информации;

— современные средства автоматизации эксперимента;

— современные средства математических расчетов;

— знание иностранных языков, позволяющее без затруднений работать в интернациональном коллективе;

— основы научной методологии.

Такая модель специалиста потребовала создать неординарный учебный план, основанный на принципах взаимного дополнения, непротиворечивости и взаимозависимости физических, химических, механико-математических и гуманитарных дисциплин. Для разработки такого учебного плана были привлечены преподаватели и научные сотрудники Физического, Химического, Механико-математического факультетов, Института государственного управления и социальных исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, а также ряда институтов РАН. Первый вариант учебного плана, реализованный в ВКНМ, был построен по аддитивному принципу из блоков физических, химических и математических дисциплин и отразил в себе специфические особенности каждого из них. Оказалось, что даже такой, еще несовершенный план, позволил существенно расширить знания студентов ВКНМ по сравнению со специалистами Химического факультета, нацеленных на решение задач в области материаловедения. Выпускники ВКНМ проявили стремление к познанию науки о материалах как целостной и самодостаточной отрасли междисциплинарных знаний. Проведенная работа и накопленный опыт позволили сформулировать новую область обучения студентов, которая была официально утверждена в Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования как направление 511700 «Химия, физика и механика материалов» для степеней бакалавра и магистра материаловедения.

Сегодня мы уже знаем, что фундаментальное материаловедение может развиваться на базе клас-

* Акцентируя внимание на публикациях [5–10], мы не утверждаем абсолютную бесспорность этих работ или отсутствие иных, более достойных. Просто эти работы достаточно хорошо иллюстрируют смысл настоящей статьи.

сического европейского университета. В 2001 году Высший колледж наук о материалах был преобразован в Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова. Началось создание сети учебно-научных центров фундаментальной науки о материалах при участии университетов Санкт-Петербурга, Воронежа, Екатеринбурга, Кемерово. Все это ставит в повестку дня новые задачи. Предстоит большая работа по коррекции учебного плана с отходом от принципа аддитивности. Новый учебный план должен обеспечить гармоничную среду обучения, полностью отражая специфику материаловедения в классическом университете как целостной отрасли науки со своей аксиоматикой и технологиями в производстве знаний. Это означает создание таких учебных программ по физике, химии, математике и биологии, т.е. первичных систем фундаментального знания, которые могли бы дать возможность студентам, начиная уже с третьего курса, переосмыслить пройденные дисциплины с позиций теории изменчивости, теории отбора, теории адаптации и теории саморазвития. В результате переосмысления на месте химии и физики появляется химическое и физическое материаловедение, на месте математики — математический дизайн материалов, на месте биологии — биометрика. Вместе взятые, возникшие в результате единой трансформации физики, химии, математики и биологии (а в дальнейшем, наверное, и геологии), эти дисциплины должны сформировать язык фундаментального материаловедения, в основе которого лежат принципы самоорганизации и их взаимодействия.

Намечая новые задачи в области междисциплинарной науки о материалах, конечно, необходимо принимать во внимание нынешнее состояние дел в России. Наша страна до сих пор не осознала, что в производстве знаний произошла вторая технологическая революция. В основе ее лежит принцип Гарфильда — одно из самых крупных открытий в истории человечества [12]. Именно это достижение позволило создать технические средства для междисциплинарного синтеза знаний. Советский Союз этот рывок оставил без должного внимания, и в результате производство знаний стало нерентабельным, со всеми вытекающими последствиями.

Нетрудно догадаться, что России грозит такая же участь. Достаточно вспомнить основные идеологические установки нынешней «либеральной» реформы российского образования: 1) переход от школоцентризма к детоцентризму; 2) отказ от когнитивных подходов в пользу ценностно-смысловых; 3) замена чувства долга на приоритеты личного развития [13]. Между тем, новые междисциплинарные отрасли естествознания очень остро поставили задачи прямо обратные. Налицо тенденция к усложнению школьных программ и попытки раннего отбора детей, способных продолжать обучение с целью освоения новых областей исследований, многократно более сложных, чем классические [5,14]. Планка, которую нужно преодолеть, очень высока. Это, прежде всего, развитие способностей к междисциплинарному синтезу знаний. Именно к этому готовят кадры в тех странах, которые ставят целью быть или стать лидерами мирового прогресса.

Основатель ВКНМ акад. Ю.Д. Третьяков еще в 1991 году, на стадии создания колледжа, четко

сформулировал главную особенность будущего факультета. Она заключается в подготовке специалистов элитного уровня, что подразумевает как высокий уровень индивидуальной подготовки абитуриента, так и высокий уровень его потребностей и запросов. Возникает проблема: как найти отвечающих таким требованиям выпускников школ, как воспитать и подготовить из них специалистов?

Факультет наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова разработал многоступенчатую систему отбора абитуриентов. На первом этапе она включает контакты с учителями и учениками тех школ, которые ориентированы на естественно-научную подготовку выпускников. В качестве примера можно отметить экспериментальную школу № 82 г. Черноголовки, в которой целый ряд предметов преподают научные сотрудники институтов РАН. На этом этапе учителя характеризуют своих воспитанников с точки зрения их возможной профессиональной ориентации, а сотрудники факультета знакомятся с ними на проводимых занятиях.

На втором этапе отбора проводится так называемый заочный тур — всем заинтересованным ученикам и учителям рассылается домашнее задание.

На третьем этапе проводятся предметные олимпиады, включая выездные сессии в городах России, что позволяет сформировать основную группу кандидатов в студенты. Затем, естественно, следуют обычные вступительные экзамены.

Дальнейшее развитие этой системы мы видим в создании центров фундаментального материаловедения, в состав которых должны входить: классический университет, профильные институты РАН и обязательно средние школы с классами ранней специализации. Эти центры, обеспечивая специалистами в количестве, необходимом для развития современных исследований в области науки о материалах, могли бы создать хорошие условия для профессиональной ориентации школьников. Такой опыт накоплен ВКНМ и институтами РАН в ходе их совместной работы. Здесь школьники старших классов могут получить не только современное базовое образование, но также имеют возможность вести поисковые исследования, что способствует целенаправленному выбору будущей деятельности. Факультет наук о материалах и родственные ему «сложные» факультеты при такой системе имеют больше шансов на то, что будущие абитуриенты не ошибутся с выбором профессии. Разумеется, выпускники, получившие образование в центрах фундаментального материаловедения, совсем не обязательно будут поступать на учебу только на факультеты наук о материалах. Однако стремление к познанию сложного, раскрывшееся еще в школе, даст им больше возможностей найти себе применение в том грядущем мире, в котором междисциплинарный синтез знаний станет основой выживания.

В заключение сформулируем основные выводы. Фундаментальное материаловедение есть неотъемлемая часть науки о материалах. Отсутствие этой важнейшей дисциплины в системе подготовки специалистов делает малорентабельным производство знаний в современном мире. Подготовка специалистов в области фундаментального материаловедения целесообразно проводить в учебно-научных

центрах, созданных на базе университетов классического профиля и институтов РАН, с обязательным включением в состав таких комплексов учебных заведений среднего образования. Учебные планы средней школы, высших учебных заведений и аспирантуры должны содержать комплекс предметов, ориентированных на подготовку специалистов в области фундаментального материаловедения.

Авторы статьи выражают признательность сотруднику журнала «Химия и жизнь» С.М. Комарову, который в дискуссии о природе исследований в области наук о материалах первым обратил наше внимание на то, что в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона отсутствует само понятие «материал». Мы также благодарим академика Ю.Д. Третьякова, который предложил термин «фундаментальное материаловедение» и профессора Р.А. Андриевского за полезную критику.

Статья подготовлена к печати в соответствии с программой работ по проекту Б0 -115 ФЦП «Интеграция» на 2002 – 2006 годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Birnbaum H.K.* MRS Bull, 2001, v. 26, № 1, p. 4–7.
2. *Олейников Н.Н.* В сб.: «Фундаментальные исследования новых материалов и процессов в веществе». Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. М.: Изд-во МГУ, 1994, с. 47–53.
3. Словарь русского языка. В 4-х томах. Под ред. А.П. Евгеньевой. Т. 2. АН СССР, Ин-т рус. языка. 2-е изд. М.: Русский язык, 1983.
4. *Арнольд В.И.* Вестн. РАН, 1999, № 6, с. 553–558.
5. *Ellis A.B., Geselbracht M.J., Johnson B.J., Robinson W.R.* Teaching general chemistry: A material science companion. Washington: Amer. Chem. Soc., 1993.
6. *Алесковский В.Б.* Ж. общей химии, 2000, т. 70, № 7, с. 1081–1087.
7. *Stanley H.E., Amaral L.A.N., Buldyrev S.V., Goldberger A.L., et al.* Physica A, 1996, v. 231, № 1–3, p. 20–48.
8. *Varma A., Rogachev A.S., Mukasyan A.S., Hwang S.* Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1998, v. 95, № 19, p. 11053–11058.
9. *Кольцова Э.М., Третьяков Ю.Д., Гордеев Л.С., Вертегел А.А.* Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии. М.: Химия, 2001.
10. *Ключарев В.В.* Докл. АН, 2003, т. 390, № 3, с. 355–358.
11. *Третьяков Ю.Д.* Успехи химии, 2003, т. 72, № 8, с. 731–763.
12. *Garfield E.* Science, 1955, v. 122, № 3159, p. 108–111.
13. *Лебедева В.П., Орлов В.А., Ясвин В.А.* Концептуальные подходы к локальной профильной школе (III ступень общего среднего образования). Эксперимент. Черноголовка: Издательский отдел ЦКФЛ РАО. 2002, с. 22–23.
14. *Kotorek M.* Elementarisierung und Lernprozesse im Bereich des deterministischen Chaos. Kiel: IPN. 1998.