

**В. КЛЮЧАРЕВ, И. АРХАНГЕЛЬСКИЙ**  
*Московский государственный  
университет им. М.В. Ломоносова*

## Материаловедение в классическом университете

Перед современной системой образования сегодня стоит задача подготовки людей, эффективно создающих и эффективно использующих современные *сложные* товары и услуги. Ее решение немислимо без развития **междисциплинарных отраслей естествознания**, одна из которых – *фундаментальное материаловедение*. Опираясь на опыт Высшего колледжа – факультета наук о материалах (ВКНМ) МГУ им. М.В. Ломоносова, мы хотели бы пояснить логику становления и развития этого важного направления, сформированного на базе традиций классического европейского университета.

Термин «материал» не имеет однозначного определения в науке, его не аннотируют ни универсальные, ни специализированные энциклопедии. Анализируя содержание, которое большинство граждан России вкладывают в это понятие, мы обнаружили три позиции: а) «материал» – это сырье, т.е. то, из чего можно что-то сделать; б) это информация о чем-нибудь или о ком-нибудь, которую можно использовать; в) это тканая материя [1].

Каждая из них несет в себе чисто утилитарный контекст. Опасность такого контекста заключается в том, что его несанкционированное проникновение в науку провоцирует отношение к материаловедению как дисциплине, предназначенной для удовлетворения простейших человеческих потребностей, когда важны не столько знания, сколько навыки. Фундаментальные проблемы науки о материалах как *единых объектах сложной*

*природы* при этом ускользают от внимания, распадаясь на частные проблемы производства, эксплуатации и регенерации материалов.

Если рассматривать материаловедение лишь как прагматически ориентированную дисциплину, то ее нужно и впредь преподавать исключительно в технических и технологических вузах, которые готовят специалистов для разработки и эксплуатации техники и промышленных технологий. Принципиально иная ситуация возникает, если материаловедение рассматривается как *система знаний*, которая учитывает сложную *многоуровневую природу материалов как неоднородных целостностей телесной природы*. В этом случае необходимо опираться на универсальные законы изменчивости, отбора, адаптации и саморазвития. Именно эти законы, переплавляя физику, химию, математику и другие фундаментальные дисциплины в единую систему знаний об эволюции материалов, создают фундаментальное материаловедение. Разработка технологий для такого синтеза лежит в сфере интересов классического европейского университета с его традицией «философского» осмысления мира и человеческой сущности.

Уместно задать вопрос, насколько такой междисциплинарный сплав необходим обществу. Ответ на него дает дифференциация наук. Любая система точных знаний имеет четкое деление на три области: фундаментальную, технологическую и инженерную. Цель первой –

поиск и верификация явлений в их общем виде. Если говорить упрощенно, фундаментальная наука должна ответить на вопрос: что может и чего не может быть в природе. На выходе – законы и системы законов. Цель науки на технологическом этапе исследований заключается в том, чтобы от общих сведений о природном явлении перейти к системе данных, которые характеризуют его в конкретных условиях. На выходе – базы данных. Наконец, инженерная наука, опираясь на данные, полученные наукой технологической, разрабатывает пути создания конкретных изделий с целью удовлетворения разумных потребностей личности и общества в целом. На выходе – формулы изделий и инструкции пользователям.

Онтологическая дифференциация дает ясный ответ на вопрос, зачем нужно развивать материаловедение в *классическом* университете. В производстве знаний [2] фундаментальная наука призвана снизить издержки технологического этапа, уменьшить объемы экспериментальных исследований за счет использования точных правил. Это особенно важно при решении междисциплинарных проблем. **Материаловедение в классическом университете нужно развивать для того, чтобы производство знаний в этой области человеческих интересов было рентабельным.**

Если материаловедению необходимы традиции классического университета, то возникает вопрос: насколько материаловедение необходимо самому классическому университету? На наш взгляд, современная наука о материалах, имея дело с неоднородными целостностями, естественным образом относит проблему формы – ее возникновение, эволюцию, распад и влияние на ход превращений – к числу центральных. Именно в этом плане фундаментальное материаловедение способно обогатить традицию классического университета. Вторжение

фундаментального материаловедения в классический университет, как минимум, изменяет облик учебных планов по физике, химии и математике. Появляется два принципиально разных куррикула. Один – для классических факультетов химии, физики, математики. Второй – для факультета наук о материалах. Это неизбежно, поскольку физические, химические или геометрические законы проявляют себя в отношении веществ и материалов на совершенно разных уровнях сложности. Как следствие, происходят изменения в облике самой химии, физики, математики [3-5]. В качестве наглядного примера отметим, что сегодня публикации результатов в области классической неорганической химии, хорошо знакомой по учебникам, почти исключены из портфеля таких известных журналов, как «Inorganic Chemistry» или «Journal of American Chemical Society». В то же время их можно обнаружить в принципиально ином издании – журнале «Chemistry of Materials», который уже более 10 лет выходит под эгидой Американского химического общества. Такая ситуация объяснима, если принять во внимание, что классическая неорганическая химия ушла на принципиально новый уровень сложности – уровень материаловедения. **Фундаментальное материаловедение, обогащая традиции классического университетского образования, позволяет сохранить классические университеты как тип учебного заведения в нынешнем быстро меняющемся мире.**

В 1991 году по инициативе академика РАН Ю.Д. Третьякова в МГУ им. М.В. Ломоносова был создан Высший колледж наук о материалах (ВКНМ), преобразованный сегодня в Факультет наук о материалах (ФНМ). Предпосылкой эксперимента стала модель специалиста-материаловеда, сформулированная Ю.Д. Третьяковым и его единомышленниками. По мысли авторов, материаловед-иссле-

дователь широкого профиля в процессе обучения должен овладеть:

1) синергетическим подходом к описанию явлений сложной природы;

2) теорией физических явлений, определяющих свойства материалов, что подразумевает углубленное изучение физики твердого тела и механики материалов;

3) теорией химических явлений, определяющих свойства материалов, что подразумевает системный уровень подготовки по общей химии;

4) основами биофизики, биохимии и биоэтики, достаточными для ознакомления с принципами конструирования биосистем;

5) необходимыми знаниями в области математики и математического моделирования, позволяющими сознательно осуществлять конструирование материалов и их направленный синтез;

6) обширной фактической базой материаловедения, включая его основные законы и постулаты;

7) навыками современного физического и химического эксперимента, включая методы синтеза и диагностики;

8) современными средствами для сбора и анализа информации;

9) современными средствами автоматизации эксперимента;

10) современными средствами математических расчетов;

11) знанием иностранных языков, позволяющим без затруднений работать в интернациональном коллективе;

12) основами научной методологии [6].

Такая модель специалиста потребовала создания специфического учебного плана, основанного на принципах взаимного дополнения, непротиворечивости и взаимозависимости физических, химических, механико-математических и гуманитарных дисциплин. Для решения этой задачи были привлечены преподаватели и ученые физического, химического, механико-математического фа-

культета, института государственного управления и социальных исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, а также ряда институтов РАН. Наиболее сложным этапом оказалась разработка парадигмы, в рамках которой могли бы сосуществовать и свободно общаться специалисты разных специальностей. Первый вариант учебного плана был выстроен по аддитивному принципу из блоков физических, химических и математических дисциплин и отразил в себе специфические особенности каждого из них. Однако даже такой план существенно расширил базу знаний у студентов ВКНМ по сравнению со студентами химического факультета, что позволило сформировать у выпускников стремление к овладению наукой о материалах как целостной и самодостаточной отраслью междисциплинарного знания.

После создания ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова стали актуальными новые задачи. Предстоит большая работа по коррекции учебного плана, призванная отойти от принципа аддитивности в его наполнении. Итогом должна стать гармоничная среда обучения, отражающая специфику материаловедения в классическом университете как целостной отрасли науки со своей аксиоматикой и технологиями производства 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 третьего курса переосмыслить пройденные курсы с позиций теории изменчивости, теории отбора, теории адаптации и теории саморазвития. *В результате такого переосмысления на месте химии и физики возникает химическое и физическое материаловедение, на месте математики – математический дизайн материалов, на месте биологии – биомиметика.* 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 единые законы самоорганизации и синергетики. В полном объеме эта работа, как мы надеемся, будет завершена нашими выпускниками.

Известно, однако, что даже при наличии квалифицированных и энергичных профессоров самые замечательные учебные планы нельзя реализовать, если отсутствуют заинтересованные и хорошо подготовленные абитуриенты. Не секрет, что междисциплинарные отрасли естествознания очень остро поставили вопрос о методике и программах обучения в средней школе [7]. Налицо тенденция к усложнению этих программ в США и Германии, попытки ранней профориентации детей, заинтересованных продолжать обучение в областях исследований, значительно более сложных, чем классические. Планка, которую нужно преодолеть, – это развитие способностей к междисциплинарному синтезу знаний. Как следствие, довузовская подготовка, привлечение и отбор профессионально ориентированных абитуриентов должны претерпеть изменения.

Академик Ю.Д. Третьяков еще в 1991 году четко сформулировал главную особенность будущего факультета: она заключается в подготовке специалистов элитного уровня. Это подразумевает как высокий уровень индивидуальной подготовки абитуриента, так и соответствующий уровень его запросов. Следовательно, число обучаемых студентов должно быть весьма ограниченным. В настоящее время прием на ФНМ составляет 25 человек в год. Как найти этих людей? Можно пойти традиционным статистическим путем, как это было сделано в первый набор, когда 25 студентов были отобраны из почти 1500 абитуриентов. Однако такая практика оказалась недостаточно эффективной, т.к.

при колоссальных затратах труда практически не гарантировала отбора «своих» студентов. В результате была разработана многоступенчатая система отбора, включающая в качестве первого этапа контакты с учителями и учениками тех школ, которые ориентированы на естественнонаучную подготовку выпускников. На втором этапе проводился так называемый заочный тур, когда домашнее задание рассылалось всем заинтересованным ученикам и учителям. В последние годы в качестве базы данных использовался список соросовских учителей. На третьем этапе проводились предметные олимпиады, включая выездные сессии в городах России, после которых и формируется основная группа кандидатов в студенты. Затем 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. Такие центры, обеспечивая критическую массу современных исследований в области науки о материалах, могли бы создать хорошие условия для профессиональной ориентации школьников. Такой опыт накоплен ВКНМ и институтами РАН в Черноголовке в ходе их совместной работы. ФНМ и родственные ему «сложные» факультеты при такой системе имеют больше шансов на то, что будущие абитуриенты не ошибутся с выбором профессии. Разумеется, дети, получающие образование в Центрах фундаментального материаловедения, совсем не обязательно будут поступать на учебу только на наш факультет. Однако стремление к познанию сложного даст им больше шансов найти себе применение в том грядущем мире, в котором междисципли-

линарный синтез знаний становится основной выживания.

*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 подарил нам термин «фундаментальное материаловедение».*

### Литература

1. Словарь русского языка: в 4-х томах / Под ред. Евгеньевой А.П. – Т.2. – М., 1983.
2. Antonelli C. The evolution of the industrial organization of the production of knowledge // Camb. J. Econ. – 1999. V. 23. – №2. – P. 243-260.
3. Алесковский В.Б. Проблема химических индивидов // Журн. общ. хим. – 2000. – Т. 70. – № 7. – С. 1081-1087.
4. Арнольд В.И. Антинаучная революция и математика // Вестн. РАН. – 1999. – № 6. – С. 553-558.
5. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Ижевск, 2001.
6. Олейников Н.Н. Система подготовки специалистов-материаловедов в Высшем колледже наук о материалах Московского государственного университета / / Фундаментальные исследования новых материалов и процессов в веществе / Ред. кол. Тихонов А.Н., Садовничий В.А. и др. – М., 1994. – С. 47-53.
7. Komorek M. Elementarisierung und Lernprozesse im Bereich des deterministischen Chaos. – Kiel, 1998.

### Послесловие

Десятилетие Высшего колледжа-факультета наук о материалах МГУ застав-

ляет подвести некоторые итоги его деятельности и наметить перспективы развития хотя бы на следующие 10 лет. Такая попытка сделана в публикуемой статье В.В. Ключарева и И.В. Архангельского, много сделавших для становления нового факультета.

Достоинством публикуемой статьи является акцент на осмысление методологии так называемого фундаментального материаловедения. Здесь, действительно, возникает обширное дискуссионное поле, в котором, по-видимому, найдут место многие специалисты в области материаловедческого образования, как фундаментального, так и технического. Далеко не все примут данное авторами определение «материалов» и «материаловедения». Но если такие дискуссии, может быть, лежат в области софистики, то несравненно более серьёзным является предложение перестроить учебные курсы так, чтобы на месте физики и химии возникли физическое и химическое материаловедение, на месте математики – математический дизайн материалов, на месте биологии (которую пока не преподают на ФНМ МГУ) – биомиметика. *Мне кажется, что реализация таких проектов таит в себе опасность растерять превосходные традиции в преподавании математики, механики, физики, химии и той же биологии, накопленные за 250-летнее существование МГУ.* Было бы лучше, если бы интеграция этих фундаментальных знаний, необходимая для появления и реализации оригинальных материаловедческих идей, происходила в головах универсантов-исследователей в результате целенаправленного поиска, основанного на сочетании научного опыта и непредсказуемых творческих бифуркаций.

*Акад. РАН Ю.Д. Третьяков*