

УДК 378.1

Проблемы и перспективы высшего химического образования

А. Я. Юффа, С. А. Паничев

АЛЕКСАНДР ЯКОВЛЕВИЧ ЮФФА — доктор химических наук, профессор Тюменского государственного университета, заведующий лабораторией Института проблем освоения Севера СО РАН. Область научных интересов: нефтехимия, органический катализ, химическая экология и химический мониторинг, химическое образование.

СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПАНИЧЕВ — кандидат химических наук, доцент кафедры органической и экологической химии Тюменского государственного университета. Область научных интересов: органический катализ, кинетика сложных реакций, математическое моделирование, методология естествознания.

625003 Тюмень, ул. Семакова, 10, Тюменский государственный университет, Химический факультет, тел. (3452)24-33-09, E-mail lpanicheva@utmn.ru

Наука, образование и практика — неотделимые друг от друга стороны химической деятельности человечества. Особую роль в этой системе играют отношения химической науки и химического образования. Неразрывная связь науки и образования приводит к тому, что проблемы, постоянно возникающие в ходе их исторического развития, являются взаимообусловленными — недостатки в системе образования тормозят развитие науки, а застой в науке приводит к упадку системы образования. Статья посвящена анализу некоторых аспектов химической науки и химического образования на современном этапе.

Несмотря на быстрый, в целом, прогресс, химическая наука и химическое образование в настоящее время сталкиваются с рядом характерных проблем и трудностей, достаточно хорошо отраженных в специальной литературе [1]. Все эти проблемы, с одной стороны, являются объективным отражением процессов, происходящих на современном этапе в обществе и связанных с серьезными изменениями в общественных представлениях о ценностях и приоритетах. С другой стороны, причина многих трудностей лежит в наблюдающихся в последнее время существенных изменениях характера и стиля самой химической науки, ее экспериментальных и теоретических методов, самого характера химических знаний.

Наука. При обсуждении проблем развития научных исследований в области химии часто отмечается экспоненциальный характер увеличения числа публикаций. Такой быстрый рост числа публикуемых работ не приводит, однако, к пропорциональному увеличению объема химических знаний. Химия, как и всякая наука, должна в идеале представлять собой единство теории и эксперимента, но анализ современной научной периодики показывает, что большинство статей в химических журналах и докладов на конференциях разного уровня (как в нашей стране, так и за рубежом) посвящены главным образом описанию экспериментальных результатов. По данным обзора И.В. Мелихова [2], доля работ экспериментальной направленности в химии составляет 93%. Оставшиеся на долю теории

7% публикаций также не дают адекватного представления о темпах развития теоретической химии. Во-первых, большая часть этих работ посвящена применению уже известных теоретических методов и моделей, тогда как публикации, содержащие новые теоретические обобщения и концепции, встречаются весьма редко. Во-вторых, публикуемые теоретические обобщения, как правило, относятся к отдельным узкоспециальным областям химии. В-третьих, значительная часть концептуальных исследований принадлежит не химикам, а философам, которые, успешно решая свои философские проблемы, не могут, однако, внести конкретного вклада в собственно теоретическую химию из-за чрезмерно высокой степени общности своих подходов.

Гипертрофированное развитие экспериментальной составляющей приводит к возрастанию структурных диспропорций, что является одной из характерных особенностей процесса развития химической науки, приобретенных ею в XX веке. Преобладание эмпиризма в научных исследованиях имеет множество негативных последствий. Во-первых, эмпиризм вызывает потребительское отношение со стороны общества к химии вообще и к химической науке и образованию в частности, которое адекватно сформулировано в цитированном обзоре И.В. Мелихова [2]: «*Современная химия является экспериментальной наукой, нацеленной, в первую очередь, на обеспечение человечества материалами, здоровьем и нормальной средой обитания*». Полностью признавая огромную практическую значимость химии и все ее достижения в этой области, невозможно согласиться с пренебрежительным отношением к познавательной, мировоззренческой и общекультурной роли химической науки в современной цивилизации. Особенно важно то, что потребительское отношение общества к химии в значительной мере определяет реальные направления научных исследований посредством принятия организационных и финансовых решений. В частности, получить грант или средства на решение теоретических проблем химии весьма трудно, если на выходе не обещано новое вещество,

материал или технологический процесс. Так, посвященный химии раздел федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» для предоставления на открытые конкурсы Минпромнауки России, имеет характерное название «*Новые материалы и химические продукты*». (Для сравнения: название физического раздела — «Фундаментальные исследования в области физических наук»).

Во-вторых, это определенная застой в теоретической химии. Судя по содержанию современных вузовских учебников по химическим дисциплинам, последними теоретическими обобщениями, имеющими общехимическое значение и заслуживающими включения в учебники, являются результаты, полученные в 50—60-е годы: концепция ЖМКО (Р. Пирсон), квантовохимические правила отбора в химических реакциях (Р. Вудворд, Р. Хоффман, К. Фукуи и др.) и некоторые другие. В то же время современные учебники достаточно точно и полно отражают достижения экспериментальной химии в получении новых веществ и материалов, в применении новых инструментальных методов и т.д.

В-третьих, преобладание эмпиризма в науке обуславливает соответствующую ориентацию учебного процесса в средней и особенно в высшей школе. Раз уж сами химики-исследователи считают наиболее важным делом накопление экспериментальных данных, то и химическое обучение должно сводиться к (см. содержание примерных программ по специальности 011000 — Химия):

1) ознакомлению учащихся с длинными списками сведений о веществах, реакциях и экспериментальных методах;

2) конструированию «объяснений» различных фактов, явлений и закономерностей в рамках существующих теорий;

3) получению практических навыков самостоятельного добывания новых фактов и сведений.

Ненормальность сложившейся ситуации приводит к тому, что большинство опытных химиков испытывает некоторый интеллектуальный дискомфорт, приводящий к стремлению подвести некую методологическую базу, должную обосновать крен в сторону эмпиризма. Для этой цели чаще всего используются афористические высказывания типа «химия — наука экспериментальная», откуда как бы должно следовать, что истинный удел химиков — именно работа в лаборатории. При серьезном анализе ошибочность или по крайней мере однобокость таких высказываний становится очевидной. Все естественные науки в равной степени «экспериментальные», поскольку основным критерием истинности их теоретических конструкций и заключений является соответствие реальности, устанавливаемое экспериментально. В то же время все науки являются в равной степени «теоретическими», поскольку без теории невозможно ни сформулировать цель эксперимента, ни интерпретировать получаемые числа, точки, кривые, спектры и т.д.

Действительные причины современного «перерождения» эмпиризма в химии, видимо, несколько другие. Ясно, что данная проблема является сложной, многоплановой и из-за ее важности заслуживает систематического и детального анализа. Однако рамки

статьи вынуждают ограничиться указанием лишь на некоторые, достаточно очевидные причины.

1. Чрезвычайный прогресс в развитии экспериментальных средств (главным образом — измерительные приборы и вычислительная техника), которые стали доступными практически для всех. Располагая современным автоматизированным комплексом (РСА-, ЯМР-, хромасс- и т.д.), хочется непрерывно вспахивать огромное нетронутое поле: снимать спектры, строить кривые и графики, предоставляя постановку проблем и теоретическое осмысление результатов другим. (Следует отметить, что использование хорошего компьютерного обеспечения позволяет получать вполне разумные результаты даже без сколько-нибудь глубокого понимания собственно химических проблем.) Распространение мощных компьютеров привело к появлению большого числа экспериментальных работ особого типа — по компьютерному моделированию, которое в большинстве случаев сводится к машинному решению некоторой системы алгебраических или дифференциальных уравнений и изучению влияния численных значений параметров на получаемые результаты расчетов. При этом сама система уравнений и смысл входящих в нее параметров заранее определены в рамках известной теоретической системы (например, формальной кинетики). Очевидно, что работы данного типа носят почти такой же характер, что и типичный химический эксперимент, только аналоговые вычисления заменены цифровыми. Среди работ по компьютерному моделированию имеются, конечно, и работы теоретического плана, направленные на формулировку принципиально новых задач, обоснование и введение новых понятий и т.д., однако доля их в области компьютерного моделирования вряд ли превышает таковую в химии в целом.

2. Исследователь, способный квалифицированно выполнить теоретическую работу и достаточно опытный для понимания ее необходимости, чаще всего не имеет достаточно времени, так как загружен организационной деятельностью (руководство коллективом, преподавание, составление заявок, проектов, планов и отчетов, участие в многочисленных советах и комиссиях и т.д.). Ясно, что в таких условиях конкретная исследовательская работа выполняется, как правило, начинающими химиками — аспирантами или даже дипломниками, основная целевая установка которых — защита диссертации или диплома, а не гармоничное развитие химической науки.

3. Ориентация практики химического образования всех уровней на преимущественно репродуктивное усвоение экспериментальных результатов воспитывает в идущем в науку и административные органы пополнении неосознаваемое убеждение в том, что «химия — наука экспериментальная» и что именно в этом направлении лежит наиболее эффективный путь для реализации научной карьеры химика.

Таким образом, крен в сторону эмпиризма характеризует не столько саму химию как науку (нет никаких объективных внутренних причин, которые делали бы химию более эмпирической наукой, чем физика), сколько психологические установки создающих ее химиков-исследователей. Именно они, имея возможность выбора, делают его, сознательно или бессознательно, в пользу эмпиризма. Проблема заключается в

том, насколько такой выбор оправдан современными историческими обстоятельствами.

Преодоление эмпирического уклона современной химии, наносящего значительный ущерб ее собственному развитию, делу химического образования и химической деятельности человека, *стало в настоящее время острой необходимостью*. Нахождение рациональных и эффективных способов решения этой проблемы возможно только на основе глубокого анализа смысла всей химической деятельности, роли в ней собственно научного компонента и логико-понятийной структуры самой химической науки. В этом отношении наиболее существенными, с нашей точки зрения, являются следующие соображения.

Научные знания можно разделить на две категории. Первая из них — это знания первичные, непосредственно получаемые в ходе конкретного исследования; именно они обычно публикуются в периодической печати (журнальные статьи и сообщения, препринты, тезисы докладов и т.д.). Однако теоретические и экспериментальные результаты, добываемые естественными науками, в том числе и химией, имеют свойство становиться со временем более компактным за счет постепенной выработки более экономных и более общих средств выражения — понятий, классификационных схем, теоретических моделей и т.д. Так, например, три закона Ньютона содержат в себе всю классическую механику, которую грамотный физик-механик может при необходимости легко «развернуть» в форму, пригодную для решения конкретных практических задач. Именно поэтому учебники, по мере развития науки и совершенствования ее логической структуры, становятся все тоньше и компактнее. Например, классический курс механики (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Механика. М.: Наука, 1973) имеет объем всего 208 страниц; в то же время легко представить себе объем учебника по механике, автор которого задался бы целью описать все известные или хотя бы практически важные задачи из области механики.

Химику-исследователю, занятому решением конкретной исследовательской проблемы, принципиально важно располагать знаниями именно первичными, только что полученными. Только так он может эффективно общаться с коллегами, корректировать ход своего собственного исследования, критически оценивать полученные результаты и текущую ситуацию в своей области в целом. Однако за пределами конкретной узкой области исследований такие первичные знания не нужны (по данным работы И.В. Мелихова [2], эффективность использования информации, публикуемой в химических научных изданиях, составляет около 10^{-5}). Напротив, необходимы знания уже максимально свернутые, компактифицированные, представляющие собой смысловой «экстракт» общехимического уровня. Поэтому химик-исследователь должен заботиться не только о получении надежных экспериментальных результатов, но и разрабатывать способы их компактификации, позволяющие сделать добываемую им информацию общедоступной, включить ее в общий массив химического знания. Ясно, что такие способы должны носить именно теоретический характер и единственным «инструментом», пригодным для их эффективной разработки и реализации, является мышление.

Своеобразие химической науки, ее индивидуальность в ряду других естественнонаучных дисциплин определяется особым, присущим только ей, способом мышления — *химическим*, который позволяет адекватно и максимально эффективно решать выделенный класс теоретических и практических задач. Наиболее существенной частью «механизма» мышления любого типа являются понятия. Соответственно химический способ мышления реализуется посредством системы *химических понятий*. Химические понятия всегда имеют выражение в виде слов-терминов, каждый из которых обладает совокупностью потенциальных значений и определенным смыслом в конкретном контексте. Очевидно, что существуют определенные правила построения высказываний с использованием химических понятий-терминов, выполнение которых необходимо для того, чтобы эти высказывания (предложения) имели химический смысл. Можно сказать, что совокупность химической лексики (понятий-терминов) и специфического синтаксиса (правил построения осмысленных высказываний) составляет особый *химический язык*, соответствующий химическому способу мышления. Эффективность химического языка как средства логической переработки и компактификации информации обусловлена рядом особенностей химических понятий и химического синтаксиса.

1. Химические понятия отражают стоящие за ними реальные природные референты не во всей полноте их качественного многообразия, а только в определенном ракурсе — с химической точки зрения, обеспечивая такую функцию химического языка, как *узнавание*. В разнообразных и разнокачественных природных явлениях химик всегда выделяет и идентифицирует их химический аспект посредством приложения определенных (химических) категорий и понятий. Выделенное в качестве специфически химического и идентифицированное посредством языковой конструкции (дефиниции, описания, обозначения) явление химик всегда относит к определенному типу, определяет его место (положение) в некоторой классификационной схеме. Это позволяет оптимально определить характер практической задачи, требующей решения, и выделить адекватные ей способы решения и методы оценки качества (надежность, правильность, точность) этих решений.

2. Конкретная информация о природных явлениях, получаемая исследователем, подвергается длительной и многоступенчатой логической обработке, осуществляемой языковыми средствами, такими как понятия и их совокупности (классификационные схемы, структурные модели, теории). Одним из важнейших способов такой переработки является *обобщение*, реализуемое за счет того, что понятия не только обозначают некоторый идеальный объект, но и выражают существенные взаимосвязи данного объекта с другими. Соответственно, всякое понятие включено, встроено в определенную структуру взаимосвязанных понятий. Такая структура иерархична, в ней можно выделить ряд подструктур и структурных уровней. В результате логической переработки информация превращается в *знание* и может быть включена в имеющуюся согласованную систему химических знаний. Такое включение обычно осуществляется посредством выработки новых понятий или перестройкой структуры некоторой под-

системы понятий. Химические знания могут быть выражены в наиболее систематизированном и общем виде именно на химическом языке. Такое знание, закрепленное в химическом языке, в отличие от информации, является гораздо более консервативным, устойчивым, не подверженным быстрой девальвации. Конечно, химический язык постоянно развивается, обогащается новыми «словами» и «синтаксическими правилами». Тем не менее, это развитие отнюдь не сводится к простому увеличению объема, что характерно для массива первичной экспериментальной информации.

3. Химия, как и всякая наука, представляет собой общественную (коллективную) форму деятельности, и в принципе невозможна без средств коммуникации представителей научного сообщества друг с другом и с обществом в целом. Наиболее эффективным средством такой коммуникации является именно химический язык, позволяющий точно и кратко выражать смысл и логику химической проблематики и результатов химического мышления. Коммуникативная функция обеспечивает и необходимые связи науки с практикой и обществом в целом. Химический язык позволяет не только эффективно аккумулировать химические знания и опыт, но и передавать их от поколения к поколению. Только таким образом возможно прогрессивное развитие науки, неуклонное возрастание ее практической мощи и эффективности. Можно сказать, что преемственность в химии в целом и химическое образование в частности возможны только благодаря существованию развитого химического языка.

4. Специалист-химик при решении теоретических или практических задач обязан не только действовать определенным, адекватным стоящим задачам, образом, но и ясно понимать, почему он действует именно так, а не иначе, почему выбранный им способ может считаться наилучшим из возможных или хотя бы достаточным и эффективным. Такое рефлексивное мышление представляет собой важнейшую разновидность деятельности химика. Именно благодаря владению химическим языком химик имеет возможность осмысливать проблему, формулировать вопросы и возможные ответы на них, обобщать накопленный эмпирический материал, осуществлять критический анализ своих знаний и действий. Ясно, что единственным эффективным средством рефлексии является химический язык.

Из сказанного выше следует, что осознанное, целесобразное развитие химии как науки должно быть направлено не столько на расширение массива сведений о веществах и реакциях, сколько на развитие и усовершенствование химического языка, его лексики и синтаксиса, а также способов увязывания высказываний на таком языке с химической практикой. Именно владение химическим языком, его понятиями и приемами мыслительной деятельности составляет сущность важнейшего умения квалифицированного специалиста-химика — способности развертывать компактифицированное научное знание в форму, пригодную для оптимального решения конкретной практической задачи.

Следует подчеркнуть один важный аспект обсуждаемой проблемы. В химическом языке особое место занимает математическая составляющая. Математические средства являются неотъемлемой частью теоретического аппарата любой естественной науки. В на-

стоящее время математика, используемая в химии, представляет собой преимущественно более или менее обширный арсенал вычислительных алгоритмов. Математика, однако, способна на большее: она дает естественным наукам логические средства для глубокой структурной переработки информации, в том числе и экспериментальных данных. Среди этих средств наиболее полезными являются математические структурные модели (векторные пространства, группы, графы, скалярные и векторные поля и т.д.), полезность которых обусловлена высокой степенью и совершенством их структурированности. Так, группы имеют богатую внутреннюю структуру: подгруппы, классы смежности и классы эквивалентности, неприводимые представления и т.д., которые можно эффективно использовать для систематизации и обобщения химической информации. Математические структуры являются наиболее эффективным средством для компактификации знаний, поэтому степень совершенства естественнонаучных дисциплин напрямую связана с широтой использования таких структур. Максимальное внедрение математических структурных моделей является одним из главных способов прогрессивного развития теоретической химии и совершенствования химического языка как системы химических понятий.

Образование. Химическое образование, как общее среднее, так и профессиональное, в последнее время сталкивается с рядом серьезных проблем. Их внешним проявлением является падение популярности химических специальностей у абитуриентов, снижение спроса на специалистов-химиков, несоответствие между бурно растущим объемом химических знаний и тенденцией к уменьшению учебной нагрузки учащихся, проблемы, связанные с материально-техническим обеспечением учебного процесса современным оборудованием, приборами, реактивами и др.

Одной из наиболее серьезных проблем высшего химического образования на современном этапе является противоречие между новыми целевыми установками и традиционно сложившейся практикой обучения химии. Авторы многочисленных работ, опубликованных за последнее десятилетие по проблемам образования, почти единодушно утверждают, что целью высшего образования должна быть подготовка активного, творчески и самостоятельно мыслящего специалиста. С этой точкой зрения согласны химики и философы, педагоги и исследователи, рядовые преподаватели и министры. Такой подход нашел отражение и в официальных документах, в том числе в действующей Федеральной программе развития образования (от 10 апреля 2000 года № 51-ФЗ): «Главной целью Программы является развитие системы образования в интересах формирования гармонично развитой, социально активной, творческой личности».

При реализации этих целевых установок в непосредственной практике высшего образования их смысл и ориентация несколько изменяются. В основе организации непосредственного учебного процесса лежат Государственные образовательные стандарты (ГОС) и примерные (типовые) учебные программы. Именно такие программы определяют реальное содержание химического образования и его качество. Анализ этих программ позволяет выделить некоторые их негативные особенности.

1. Программы, как для средних школ, так и для вузов, преимущественно ориентированы на репродуктивное обучение и представляют собой весьма обширные и неоднородные перечни «материала» (факты, сведения, теоретические конструкции), подлежащего изучению. Кроме того, такие перечни довольно слабо структурированы, в большинстве программ имеется только рубрикация по крупным разделам соответствующей науки.

2. Все программы «высоконаучны» в том смысле, что их составители стремятся учесть все современные научные достижения. Так, в пояснительной записке к университетской программе по курсу «Неорганическая химия» прямо указано: «Объем и содержание Программы соответствует современному состоянию неорганической химии». Этой же установки последовательно придерживаются и составители остальных типовых программ. В результате все программы имеют чрезмерно большой объем, не пропорциональный нормам учебного времени.

Из сказанного видно, что общие требования, сформулированные в ГОС, при переходе к непосредственному обучению приобретают сугубо идеальный характер и не могут быть реализованы практически, так как требования по любой конкретной дисциплине («соответствующие по объему и содержанию ее современному состоянию») заметно превышают уровень даже доктора наук. Вынужденные попытки педагогов-практиков реализовать такой подход к обучению химии приводят лишь к колоссальной перегрузке учащихся.

Противоречие между целями высшего химического образования и практикой их реализации наблюдается не только в области химии, но характерно для образования в целом. Наиболее отчетливо существующая проблемная ситуация сформулирована в проекте Московского научного центра по культуре и информационным технологиям при РГГУ «Универсальная компонента образования» [3, 4].

В этом проекте существующая практика образования, определенная термином *ЗУН* (*знания, умения, навыки*), рассматривается как «сфера массового производства, лучшим продуктом которой является добротный профессионал, *homo faber* — человек умеющий, т.е. человек, который многое знает, многое умеет, но не всегда задумывается над пониманием смысла того, что он знает». Основным недостатком такого специалиста, по мнению авторов проекта, является «неспособность строить ответы на существенные вопросы — явный признак непонимания предмета, которое вполне может сочетаться с виртуозным операциональным владением формами». В отличие от современной практики, «продуктом университета XXI века должен быть *homo sapiens* — человек понимающий».

Очевидно, что экстенсивный подход к целям, задачам и содержанию химического образования, до сих пор составляющий основу практического обучения химии, уже не соответствует ни современному состоянию химической науки, ни современным потребностям хозяйственной деятельности. Более того, практическая реализация этого подхода становится все более трудной ввиду неразрешимого противоречия между быстрым увеличением объема химических знаний и невозможностью увеличения учебной нагрузки студентов в той же пропорции. Количественные измене-

ния, наиболее ярко выразившиеся в многократном увеличении за последние десятилетия «материала» химии, предлагаемого к изучению в сложившейся практике высшего химического образования, достигли той критической отметки, за которой неизбежен качественный скачок. Поэтому решение данной проблемы возможно только в результате *принятия принципиально нового подхода к целям и содержанию химического образования*. Отсюда следует, что важной и актуальной задачей является всесторонний анализ проблемы и разработка конкретных путей и методов ее эффективного решения, ориентированных на отказ от экстенсивного классического подхода к содержанию химии как учебной дисциплины.

При внимательном анализе ГОС и типовых программ становится ясно, что в них подразумевается некий идеальный специалист-химик, который сразу после окончания университета и вручения диплома готов приступить к эффективной практической деятельности. Именно поэтому в ГОС специалист характеризуется посредством терминов «знает», «умеет», «владеет». Именно из этого представления вытекает стремление обучить выпускника многочисленным практическим навыкам и умениям, приемам научно-исследовательской работы, «обогащать» его память максимально возможным объемом знаний и сведений, изложенных на уровне, соответствующем современному состоянию науки и т.д. Опыт, однако, показывает, что этот идеал никогда не соответствует практике. Ни один выпускник университета не способен сразу успешно работать в конкретной должности с определенным кругом специфических задач: лаборант, инженер, педагог, методист, менеджер, технолог, исследователь, контролер и т.д. Чтобы действительно стать специалистом, выпускник должен пройти процесс адаптации, вживания в обстановку, освоения конкретных задач и требований к их решению. Практика показывает, что адаптационный период более или менее продолжителен и требует напряженной работы (фактически — дополнительного обучения и самообразования).

Таким образом, университетское образование завершается выпуском отнюдь не готового специалиста, а некоего «полуфабриката», подлежащего доведению до кондиции в специальных условиях, в принципе нереализуемых в рамках самого университета. Понимание данного обстоятельства позволяет сформулировать реальные требования к содержанию подготовки выпускника. Их можно разделить на два блока:

— **субстанциональные (предметные) требования**, которые делают подготовку именно химической: химическое мировоззрение (как часть общего естественно-научного), владение химическим языком, достаточная эрудиция в области химических явлений, твердое понимание принципов научной методологии, знакомство с общехимическими и общенаучными представлениями и моделями, с содержанием и возможностями основных теоретических и экспериментальных методов классической и современной химии;

— **функциональные требования**, позволяющие выпускнику успешно пройти адаптацию, определяющие его «восприимчивость»: развитые мыслительные способности, навыки логического, рефлексивного и критического мышления, способность и осознанное стремление к самообразованию, умение работать с

литературой и базами данных, практическое владение методами и приемами экспериментальной работы, понимание своей роли в обществе.

Сформулированные выше требования определяют и основное содержание университетской химической подготовки — относительно компактное ядро химических знаний, необходимых и достаточных для реализации указанных выше требований. Это не означает простого урезания объема имеющейся в распоряжении химиков информации. Напротив, всю имеющуюся информацию следует компактифицировать посредством кардинальной логической переработки, систематизации и обобщения. В результате такого свертывания и получится то самое «компактное ядро», которое будет содержать не просто сведения, а именно «знания». По нашему мнению, именно такой подход позволит привести содержание химического образования в соответствие современному уровню химической науки. Глубина проработки этого ядра могут (и должны) существенно варьироваться, в зависимости от специальности студента. Таким образом, одной из наиболее важных и актуальных задач химического сообщества является разработка такого варианта содержания и структуры высшего химического образования, который позволил бы эффективно и в заданные сроки выработать субстанциональные и функциональные качества выпускника, необходимые и достаточные для его адаптации и превращения в полноценного специалиста в выбранной области практической деятельности.

Для более детального рассмотрения этого вопроса целесообразно провести сравнительный анализ структуры химии как науки и химии как учебной дисциплины.

Химия как учебная дисциплина предназначена для подготовки специалистов химического профиля, способных эффективно участвовать в решении практических задач. Ключ к решению практических задач, а следовательно, и к подготовке специалиста-химика, дает очевидно химическая наука, ее теоретические достижения и практические приложения. Однако является ли необходимым усвоение учащимися всех конкретных результатов, полученных химической наукой к настоящему времени? В рамках существующего подхода, судя по содержанию типовых программ, предполагается положительный ответ на этот вопрос. С нашей точки зрения это не так. Для эффективного развития нужных выпускнику качеств *нет нужды в детальном изучении всех разделов химии в полном объеме*. Различия между многими традиционными ветвями химии не имеют принципиального значения. Так, «неорганическая химия» и «органическая химия» основаны на единых принципах и методах и различаются лишь в деталях, интересных и важных только для узких специалистов-исследователей. Наглядной иллюстрацией этого обстоятельства служат перекрывание больших фрагментов типовых учебных программ по многим дисциплинам.

Отсюда следует, что нет необходимости строить процесс обучения химии по аналогии со сложившейся структурой научных химических дисциплин. Химия как учебная дисциплина отнюдь не совпадает с химией как наукой, что многократно подчеркивалось в педагогической и методической литературе. Более того, процессы обучения и научного исследования имеют существенно разный характер и поэтому разные

психологическую и методическую основы. Выделим два основных, с нашей точки зрения, различия между «химией — наукой» и «химией — учебной дисциплиной».

1. Химику-исследователю, занятому решением конкретной исследовательской проблемы, принципиально важно располагать знаниями первичными, только что полученными. Учащемуся, напротив, необходимы знания уже максимально переработанные, свернутые, компактифицированные. С одной стороны, знания в такой форме содержат все ценное, что накоплено наукой и достаточное для эффективного решения практических задач. С другой стороны, компактифицированное знание гораздо лучше упорядочено в логическом отношении и поэтому является более пригодным и легким для надежного усвоения учащимися.

2. Деятельность исследователя имеет ряд особенностей, обусловленных особыми целями, спецификой объектов и методов исследования, необходимостью выполнения большого числа тонких методологических требований*. Эффективное овладение этой спецификой исследовательской работы требует многолетней практики и даже определенного искусства. Именно этот фактор обусловил чрезвычайно узкую специализацию, характерную для научных исследований в настоящее время. Основной способ деятельности, которому действительно необходимо тщательно обучать студента университета, — это грамотное применение способов развертывания компактифицированного знания.

Из сказанного выше следует, что содержание химического образования целесообразно переориентировать с изучения «материала» на эффективное и полное освоение учащимися химического языка, его «лексики и синтаксиса», а также способов увязывания с химической практикой, поскольку именно это, по нашему мнению, составляет сущность квалифицированного специалиста-химика.

Подход, основанный на изучении химического языка как сущности фундаментальной химической подготовки имеет ряд важных преимуществ перед традиционной ориентацией на изучение массы фактического материала современных научных дисциплин.

1. Достижение более полного соответствия между химической наукой и химическим образованием.

2. Повышение эффективности процесса обучения химии (в том числе: возможность расширения форм и приемов преподавания, направленных на повышение эффективности учебного процесса, повышение роли личности преподавателя, его квалификации, а также расширение путей организации учебного процесса).

3. Решение проблемы гуманитаризации химического образования.

Снятие противоречий между средней школой и вузом.

Таким образом, ядро содержания химии как учебной дисциплины должно составлять *компактифицированное знание*. Это знание выражается не в совокупно-

* «Тонкому методологическому искусству» можно научиться в ходе непосредственного личного общения с более опытными коллегами. Для этого необходимы: а) мотивация, которая уже есть у начинающего исследователя, но которой еще нет у студента; б) индивидуальное обучение студента, которое практически ни один вуз не может себе позволить. Поэтому обучение этому искусству в качестве педагогической задачи может быть поставлено только на уровне аспирантуры.

сти конкретных сведений, непосредственно отражающих свойства конкретных химических систем и процессов, а в логически стройной системе понятий, классификационных схем и теоретических конструкций. Высокая степень обобщения, присущая таким средствам выражения, позволяет отказаться от привычной схемы разбиения химии на отдельные дисциплины, такие как «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Химия ВМС», «Коллоидная химия» и т.д., и организовать учебный процесс на базе логической структуры химии, увязывающей ее понятия в стройную систему. Один из возможных вариантов новой схемы учебного процесса (на уровне фундаментальной подготовки) представлен на рис. 1. На этой схеме отражена лишь часть учебного плана — фундаментальное или общее химическое образование, — которая должна быть дополнена элективными курсами и различными специализациями. В основе данной схемы лежат два блока: *теоретическая химия* и *практическая химия*.

Преподавание возможно в разных вариантах, отличающихся по глубине, но имеющих общую логическую структуру. Это позволяет разработать унифицированные системы фундаментальной химической подготовки, предназначенные для разного контингента студентов: для химиков (максимально глубокий уровень), для биологов и физиков (средний уровень), для математических и гуманитарных специальностей (обзорный уровень). Изучение и усвоение данного блока логически завершает определенный (фундаментальный) этап химического образования. Для студентов нехимических специальностей такой блок даже в сокращенных вариантах может дать серьезную подготовку по химии, вполне достаточную для адекватного понимания химической проблематики, смысла основных химических понятий и методов, самостоятельного изучения учебной и научной химической литературы.

Естественно, что предлагаемая здесь схема построения учебного процесса не является ни единственно возможной, ни окончательной. Такие схемы могут и должны быть разнообразными, построенными не по рекомендациям «из центра», а в результате собственных усилий конкретных педагогических коллективов.

Любые изменения структуры учебного процесса являются делом весьма трудным и длительным, поскольку здесь необходимы не столько организационные реформы, сколько коренная перестройка внутреннего мира специалистов, занятых в сфере образования, преодоление множества стереотипов и привычек. Для этого в свою очередь необходимо осознание существующих проблем, их анализ и желание что-то изменить. Тем не менее некоторые организационные изменения возможны уже сейчас. Так, на химическом факультете Тюменского госуниверситета в течение нескольких лет проводится систематическая работа по адаптации учебных планов и программ к новым требованиям. В частности, за счет факультативных часов



Рис. 1. Вариант структуры учебного плана (уровень фундаментальной химической подготовки)

в учебный план введен курс «Общая химия», соответствующий по структуре предложенной выше схеме (рис. 1), разработаны и успешно преподаются построенные по-новому традиционные курсы «Строение вещества», «Квантовая механика и квантовая химия», «История и методология химии», «Органическая химия», а также новые, специально разработанные курсы «Общие вопросы естествознания», «Математические структурные модели в химии», «Реакционная способность молекул».

Переход на новую схему организации учебного процесса невозможен без создания новых учебников и учебных пособий. В Тюменском госуниверситете подготовлены и изданы два новых учебника с грифами УМО университетов РФ [5, 6], ориентированных на изучение системы химических понятий, теоретических моделей и методов.

Практическая реализация новых подходов в химическом образовании требует значительных усилий со стороны химиков-исследователей в деле осмысления и систематизации добываемых ими сведений, превращения этих сведений в химические знания, в формы химического языка. В свою очередь обновленное образование обеспечит для химической науки максимально широкие возможности для эффективного развития благодаря возрастанию интеллектуального потенциала общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 1990, т. 35, № 2, с. 147—259; т. 35, № 3, с. 275—376.
2. Мелихов И.В. Там же, 1990, т. 35, № 2, с. 223—228.
3. Афанасьев Ю.Н. Может ли образование быть негуманитарным? Магистр. Газета НИИ высшего образования, Москва, 2000, № 5—6.
4. Шеховцев С.Г. Универсальная компонента образования: проект РГГУ. Там же.
5. Паничев С.А., Юффа А.А. Химия. Основные понятия и термины. М.: Химия, 2000, 544 с.
6. Паничев С.А., Христин Н.А., Паничева Л.П. Общая химия. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2001, 412 с.